

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**О.О. ТЕРЕНТЬЄВ, К.І. КИЇВСЬКА, О.І. СЕРПІНСЬКА**

**МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК**  
**В СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

*Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів,  
які навчаються за спеціальністю 122. «Комп'ютерні науки»,  
126. «Інформаційні системи та технології»,*

Київ 2020 р.

УДК 65.012.16  
ББК 65.053

**Рецензенти:**

*С.Д. Бушуєв*, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедрою управління проектами (Київського національного університету будівництва і архітектури);

*А.О. Білощизький*, д-р техн. наук, проф., факультет інформаційних технологій (Київського національного університету імені Тараса Шевченка);

*С.В. Цюцюра*, д-т техн. наук, проф., завідувач кафедрою інформаційних технологій (Київського національного університету будівництва і архітектури)

Рекомендовано Вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури як навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю 122. «Комп'ютерні науки», 126. «Інформаційні системи та технології»

Затверджено на засіданні Вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № від 25 вересня 2020 р.

**Терентьев О.О.**

**М 79** Методи експертних оцінок в системах прийняття рішень: навчальний посібник / О.О. Терентьев, К.І. Київська, О.І. Серпінська. – К.: 2020. – 116 с.:іл.

ISBN

Одним з напрямків, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації будівель є моделі та методи формування експертної оцінки при діагностиці технічного стану будівель. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану будівель; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління діагностики технічного стану будівель; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки діагностики технічного стану об'єктів будівництва. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження.

**УДК 65.012.16**  
**ББК 65.053**

ISBN

© О.О. Терентьев, К.І. Київська, О.І. Серпінська  
© КНУБА, 2020

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВСТУП                                                                                                                                                      | 2   |
| РОЗДІЛ 1 ЗМІСТ І ОБ’ЄКТИВНІ ПЕРЕДУМОВИ<br>ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК                                                                                   | 4   |
| 1.1 Місце прогнозування у системі управління виробництвом                                                                                                  | 4   |
| 1.2 Зміст методів експертних оцінок                                                                                                                        | 29  |
| 1.3 Класифікація видів експертних оцінок та їх коротка<br>характеристика                                                                                   | 34  |
| 1.4 Методи генерування ідей                                                                                                                                | 50  |
| РОЗДІЛ 2 СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ                                                                                                                | 63  |
| 2.1 Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень<br>діагностики технічного стану будівель                                                             | 63  |
| 2.2 Математичні моделі системи підтримки прийняття рішень<br>діагностики технічного стану будівель                                                         | 65  |
| 2.3 Розрахунковий приклад інтелектуальної системи прийняття<br>рішень діагностики технічного стану будівель                                                | 70  |
| РОЗДІЛ 3 МОДЕЛІ І МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК В<br>СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ                                                                         | 77  |
| 3.1 Моделі та методи формування експертної оцінки системи<br>діагностики технічного стану будівель                                                         | 77  |
| 3.2 Моделі структури властивостей експертної оцінки системи<br>діагностики технічного стану будівель                                                       | 85  |
| РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА<br>РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ<br>ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ<br>ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ | 96  |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                                                                                                                                 | 112 |

## ВСТУП

Прийняття рішень, як вже досліджено, представляє собою вибір найбільш преференційного варіанту рішення із множини допустимих альтернатив або упорядкування множини рішень. Задача вибору варіантів, та як більш складна і охоплююча задача – задача розподілу ресурсів, постають споконвічними проблемами, з якими стикається людство у всіх сферах свого буття. Ресурсами можуть виступати технічні засоби, людські резерви, ділянки частотного, часового та просторового діапазонів, кількість каналів зв'язку, інформаційні сигнали, фінансові активи і кошти, нематеріальні активи, енергоносії тощо. Змістовне формулювання задачі. Існує деякий фіксований граничний обсяг ресурсів, призначений для розподілу. Є множина проектів, які розглядаються як кандидати на використання цих ресурсів. Загальний обсяг необхідних ресурсів для всіх проектів може перевищувати наявний граничний обсяг. Необхідно вибрати із множини усіх проектів-кандидатів деякий набір проектів, задоволення яких ресурсами забезпечить найбільш раціональне використання наявного обсягу ресурсів. Проблема розподілу ресурсів по суті представляє собою вибір у певному сенсі «кращих» з наявних варіантів кандидатур на одержання ресурсів, що звичайно здійснюється за деяким критерієм оптимальності чи набором таких критеріїв за допомогою певної процедури пошуку екстремуму. Проблема розподілу ресурсів, крім власне вибору варіантів, передбачає розв'язання оптимізаційних задач щодо розподілу ресурсів при задоволенні тих чи інших обмежень задачі. Розв'язання проблеми вибору варіантів, а саме багатокритеріального вибору варіантів, є головним і необхідним стрижнем розв'язання загальної проблеми розподілу ресурсів. Проблема вибору варіантів фактично постає

частиною проблеми розподілу ресурсів, проте у певних постановках може виступати окремою задачею вибору варіантів з множини допустимих альтернатив. Таким чином, виявляється доцільним спільне дослідження проблеми розподілу ресурсів і проблеми вибору варіантів в спільній постановці проблеми розподілу ресурсів і вибору варіантів.

Одним з напрямків, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації будівель є моделі та методи формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану будівель. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану будівель; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління обстеження та діагностики технічного стану будівель; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки обстеження технічного стану об'єктів будівництва. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження будівель.

# РОЗДІЛ 1

## ЗМІСТ І ОБ'ЄКТИВНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ МЕТОДІВ

### 1.1. Місце прогнозування у системі управління виробництвом

В умовах кардинальних і динамічних змін, загострення конкурентної боротьби, глобалізації світового господарства, посилення зовнішньої невизначеності більшість американських, європейських, японських компаній та компаній інших розвинутих країн світу ще у середині ХХ ст. з метою підвищення гнучкості і адаптивності підприємств до зовнішнього середовища, забезпечення сталого довгострокового розвитку перейшли до стратегічного управління.

Слово «стратегія» (військове поняття) – «це наука та мистецтво розгортання військ до бою», або «мистецтво генерала». За висловленням І. Ансоффа «...стратегія є набір правил для прийняття рішень, якими організація керується у своїй діяльності».

Розробка і використання методології стратегічного управління передбачає поступову переорієнтацію вектору дій із зовні у середину, а результати діяльності будь-якого підприємства проявляються тільки у зовнішньому середовищі. У цьому проявляється і актуалізується нова парадигма сучасного управління, поява якої завдячує цілій низці принципово нових завдань, що постають перед керівництвом, зокрема:

- ⌚ проблема виживання в умовах конкурентної боротьби;
- ⌚ орієнтація мислення керівників із внутрішньовиробничих проблем на зовнішні проблеми, яким необхідно приділяти значну увагу через посилення їх складності і динамічності та послаблення передбачуваності;
- ⌚ формування нової управлінської культури;

- ⌚ визнання підприємства соціальною системою.

Таким чином, стратегічне управління – це спосіб управління, який застосовується в умовах:

- ⌚ появи нових, більш складних завдань, які обумовлені динамічністю та невизначеністю зовнішніх обставин;
- ⌚ швидкої зміни завдань та реакції підприємства щодо капіталовкладень, організаційних форм;
- ⌚ високої ціни помилок від невірних дій.

Стратегічне управління – це концепція виживання у певних умовах; воно дає більш чи менш конкретне уявлення про те, яким повинно бути підприємство у майбутньому: у якому оточенні йому необхідно буде функціонувати, яку позицію займати на ринку, які мати конкурентні переваги, які зміни слід здійснювати безпосередньо на підприємстві.

Сутність процесу управління полягає у прийнятті рішення. Прийняття рішення – це вибір курсу дій із сукупності існуючих альтернативних варіантів. В таких умовах проблема вибору найбільш раціональних і ефективних рішень, тобто найкращих рішень, стає одним із найважливіших завдань управління виробництвом. На етапі підготовки, обґрунтування і прийняття рішень проявляється професіоналізм, творчі здібності, талант управлінців.

З огляду на визначення терміну «прийняття рішення», слід звернути увагу на наступне.

Прийняття рішення завжди означає дію. Якщо прийняте рішення не призводить до діяння, то воно по суті некорисне. Дія, зазвичай, полягає у зміні нинішньої ситуації. Якщо навіть нинішня ситуація і збереглася у результаті прийнятого рішення, то такий факт слід розглядати як позитивне рішення, оскільки результатом неприйняття рішення могли бути негативні зміни.

Напрямки дій повинні бути здійснені. Вони повинні відповідати реальним можливостям особи, що приймає рішення.

Якщо ж немає реально здійснених рішень, то не варто їх взагалі приймати.

Для ефективного управління повинна бути значна кількість напрямків дій, що означає можливість більш ніж одного напрямку дій.

Якщо у розпорядженні управління є лише один напрямок дій, то це і є рішення.

Прийняття рішення полягає у виборі одного із декількох альтернативних напрямків дій. Рішення стає необхідним лише тоді, коли є більше одного напрямку дії і не всіх з них можна одночасно дотримуватися.

І нарешті, прийняття рішень полягає у виборі оптимального напрямку. Оптимальність визначають шляхом порівняння доходів і витрат. Особа, що приймає рішення, повинна знайти таку точку, де додатковий доход не вимагає додаткових витрат на нього. Виявлення цієї точки і є основа проблеми оптимізації рішень.

В залежності від умов, у яких приймаються рішення, вони поділяються на три групи:

1) рішення, які приймаються в умовах визначеності – передбачається, що результат дії наперед відомий;

2) рішення, які приймаються в умовах ризику – це рішення, для яких відомі всі можливі результати та ймовірність здійснення кожного з них;

3) рішення, які приймаються в умовах невизначеності – це рішення, для яких не відомі ні ймовірність результатів, ні, можливо, самі результати.

В основі стратегічного управління лежать стратегічні рішення, які:

⌚ орієнтовані на майбутнє та закладають основу для прийняття поточних та оперативних управлінських рішень;

⌚ пов'язані із значною невизначеністю, оскільки враховують неконтрольовані зовнішні фактори, що суттєво впливають на діяльність підприємства;

⌚ пов'язані із залученням значних ресурсів, які можуть мати надзвичайні серйозні наслідки для підприємства.

До числа стратегічних рішень можна віднести:

⌚ реконструкцію підприємства;

⌚ застосування нової техніки, нової технології, нових матеріальних і енергетичних ресурсів тощо;

⌚ організаційні зміни;

⌚ вихід на нові ринки;

⌚ придбання, злиття підприємств.

Стратегічні рішення характеризуються тим, що вони:

⌚ інноваційні за своєю сутністю;

⌚ направлені на перспективні цілі підприємства, на можливості, а не на задачі, на майбутнє, а не на теперішній час;

⌚ відрізняються від тактичних тим, що багато альтернатив не визначено, процедура грає важливу самостійну роль;

⌚ потребують знань, оскільки результат зазвичай більше залежить від якості рішення, ніж від швидкості або своєчасності його прийняття, для них немає чітких часових меж;

⌚ суб'єктивні за своєю природою, не піддаються, як правило, об'єктивній оцінці;

⌚ безповоротні та мають довготривалі наслідки.

Загальними функціями, які властиві будь-якій системі управління економікою, є планування, організація, координація, аналіз, контроль, облік, мотивація.

Планування – це центральна ланка управління і один із засобів, за допомогою яких керівництво забезпечує ціленаправлене зусилля всіх членів колективу на досягнення загальних цілей.

Планування – це не просто вміння передбачати будь-які ситуації, які можуть виникнути в процесі функціонування об'єкта управління, але також вміння справитися з негативними наслідками. Складати плани – це значить турбуватися про все, що може статися, передбачати і діяти, випереджаючи час, запобігати помилок і використовувати можливості.

Планування – це не одноразова подія в силу двох причин: намагання фірми існувати і функціонувати після досягнення мети і неперервність планування, яка викликана невизначеністю майбутнього.

Планування розвивалося і вдосконалювалося у відповідності з потребами управління.

Так, на зміну фінансовому (бюджетному) плануванню, яке охоплює короткостроковий період (не більше одного року), багато фірм з середини 50-х років почали займатися розробкою середньострокових, а потім довгострокових (корпоративних) планів. Цей період співпав з бурхливим використанням економіко-математичних методів у плануванні і управлінні, які були орієнтовані на оптимізацію планів виробництва, використання ресурсів, витрат тощо.

В процесі розробки довгострокових планів застосовувався метод ковзкого планування, тобто у кожному річному циклі дотримувався принцип  $(1 + 9)$ . Отже до перспективного періоду планування додавався один рік, в результаті чого завжди мала місце проробка розвитку підприємства на десять років вперед.

Враховуючи кардинальні зміни у зовнішньому середовищі та з метою усунення недоліків довгострокового планування, передові корпорації світу XX ст. почали впроваджувати у систему управління якісно нову методологію планування – стратегічне планування.

Стратегічний план, як набір дій і рішень, спрямовує діяльність фірми на досягнення поставлених цілей на протязі тривалого періоду, враховуючи постійно мінливі ділові і соціальні обставини.

Стратегічний план повинен бути знаряддям кількісно обґрунтованої, документально оформленої та впровадженої у життя стратегії розвитку підприємства.

Між довгостроковим і стратегічним плануванням є певні відмінності, головна із яких полягає у трактовці минулого. Згідно концепції довгострокового планування передбачається постійне покращення результатів діяльності у порівнянні з попередніми періодами. Така ідеологія розробляється на верхньому ієрархічному рівні управління і доводиться до своїх підлеглих. Планування у системі довгострокового планування ґрунтується не екстраполяції тенденції, яка у той час складалася сприятливо.

У системі стратегічного планування відсутнє припущення, що майбутнє неодмінно повинно бути краще минулого. Тому методика стратегічного планування не може опиратися лише на екстраполяцію тенденції.

Щоб досягти поставлених цілей у системі стратегічного планування, здійснюється постійний аналіз перспектив фірм з метою виявлення тих тенденцій, небезпек, шансів і навіть «надзвичайних» ситуацій, які здатні змінити тенденції, що склалися.

Стратегічне планування не ставить перед собою завдання намалювати райдужну картину майбутнього, не пов'язаного з реальним

життям. Його призначення полягає в тому, щоб зробити оперативні, поточні та стратегічні управлінські рішення обґрунтованими в умовах невизначеності і нестабільності зовнішнього середовища.

Складання стратегічних планів не виключає фактора невизначеності. Невизначеність викликана недостатністю, неповнотою або взагалі відсутністю знань про конкретні об'єкти (процеси, явища), ймовірним характером появи новітніх ідей, неможливістю своєчасного оброблення наявної інформації. До того ж вона посилюється складним переплетінням науково-технічних, економічних, соціальних, політичних та інших факторів, у тому числі «невловимих».

Кардинальні зміни зовнішнього середовища, через їх динамічність, не дозволяють у повній мірі визначити майбутні тенденції розвитку об'єкта управління.

В таких умовах розробка єдиного варіанту плану майбутнього розвитку може призвести до непередбачуваних наслідків. Тому на попередньому етапі планування передові компанії світу розробляють не один а декілька варіантів плану, причому число таких альтернатив залежить від особливості об'єкта планування.

Так, для складання «ідеального» плану розвитку можна надати максимально можливі значення факторам, що позитивно впливають на розвиток планової системи, і мінімально можливі значення тим факторам, які негативно впливають на досліджувану систему. Це свого роду верхня межа можливого розвитку системи. Для визначення нижньої (мінімальної) межі діють навпаки: мінімізують позитивні фактори і максимізують негативні фактори. Водночас визначають рівні, які знаходяться між максимальним і мінімальним значеннями.

На кінцевому етапі планування фірми зазвичай відбирають три варіанти плану: максимальний, оптимальний (за «нормального» розвитку подій) і мінімальний.

Відповідно кількості відібраних альтернативних варіантів плану розробляється система послідовних управлінських рішень, де визначена сукупність дій і заходів, якими слід керуватися при зміні обставин зовнішнього середовища, виникненні загроз. Передбачити всі можливі зміни зовнішнього середовища неможливо, але наявність варіантів рішень привчає персонал фірми до найважливішої думки: не слід йти напролом там, де можна і потрібно знайти обхідний маневр. У результаті зводяться до мінімуму невірні дії персоналу при різкому поліпшенні чи погіршенні обставин, особливо при виникненні надзвичайних ситуацій. Врешті-решт виникнення складних обставин не повинно застати зненацька управлінський персонал організації.

Як зазначалося вище, складання планів не сприяє усуненню невизначеності у процесі прийняття рішень.

У такій же мірі не слід вважати планування як засіб або намагання усунути ризик в управлінській діяльності.

Ризик – це невід’ємна частина підприємницької діяльності.

Власне усунення ризику не є основною метою планування; метою планування є гарантія того, що взятий на себе ризик у процесі прийняття рішень повинен бути обґрунтованим ризиком.

Слід зважити на те, що розроблений план не зв’язаний з майбутніми рішеннями. Він зв’язаний з майбутністю нинішніх рішень. Неможливо точно вирішити нині, що станеться у майбутньому, оскільки останнє невизначене. Певні дії, які повинні бути здійснені у майбутньому, можуть видаватися розумними нині. Однак, коли настане час здійснити ці дії, ситуація може корінним чином змінитися. На підставі нової, більш

повної інформації може статися, що намічені раніш дії виявляться не такими вже розумними, ефективними як передбачалося.

Обставини можуть скластися навіть так, що певні заплановані дії здійснити просто неможливо.

Ось чому вкрай важливо, щоб планування було гнучким. По мірі надходження нової інформації необхідно переглянути раніш складені плани. Це одна із головних причин, чому велика увага приділяється неперервності планування. Порушення неперервності планування призводить до того, що керівництво фірми вимушене діяти «наосліп» у проміжках між переглядами плану.

Звідси висновок: план завжди повинен бути адаптований до нових умов зовнішнього середовища, знання про яке надає відповідна інформація про його стан.

З огляду на вищевикладене впливає, що керівник будь-якого рангу повинен приймати управлінські рішення в умовах невизначеності за наявності значної кількості можливих альтернатив.

Щоб знизити ризик прийняття невдалих управлінських рішень, необхідно постійно підвищувати ступінь інформованості керівництва підприємств, які розробляють, обґрунтовують і приймають ці рішення. Тому дедалі більшого значення набуває інформаційне забезпечення управлінських рішень та оцінка їх кінцевих результатів.

Потреба передбачення економічної ситуації у майбутньому та інформаційного забезпечення стратегічних планів обумовили необхідність розвитку та вдосконалення економічного прогнозування.

Звідси важливою задачею сьогодення є необхідність взаємозв'язаного дослідження теоретичних концепцій і методологічних підходів до економічного прогнозування – з одного боку, та організація його впровадження і використання в управління – з іншого.

**Прогноз** – це ймовірне, аргументоване (на підставі системи фактів і доказів) судження про стан об'єктів (процесів, явищ) у майбутньому або альтернативних шляхів і строків досягнення певних результатів.

Прогноз повинен давати відповіді на два питання:

- а) чого найбільш імовірно слід очікувати в майбутньому;
- б) яким чином впливати на умови, щоб досягти в майбутньому бажаної мети.

Узагальнюючи досвід проведення прогнозних досліджень у передових корпораціях світу, можна виділити такі основні їх риси: багаторівневий, неперервний і багатоваріантний характер.

Суть багаторівневого прогнозу полягає у послідовному переході від перспективної оцінки закономірностей загального розвитку економіки (макроекономічний прогноз) через галузеві прогнози до прогнозу очікуваних продаж продукції певної фірми. Детальніше прогноз охоплює такі етапи:

- 🕒 прогнозування основних науково-технічних, економічних, соціальних, демографічних і політичних параметрів розвитку країни;
- 🕒 прогноз виробництва продукції у розгорнутому асортименті галузі, до яких належить певна фірма;
- 🕒 прогноз обсягу імпортованої продукції, а також можливих замінників профілюючої продукції;
- 🕒 частка ринку продукції певної фірми;
- 🕒 прогноз обсягу профілюючої продукції у розгорнутому асортименті для певної фірми.

Неперервність планування обумовлює і неперервність прогнозування. Після завершення формування стратегічного плану і прийняття на його підставі управлінських рішень прогнозування забезпечує можливість неперервного відслідковування ситуації у

зовнішньому середовищі і внесення відповідно корективи у планові завдання. Все це викликано, насамперед, необхідністю управління фірмою в умовах постійно мінливих зовнішніх факторів.

Багатоваріантність планування зумовлює і велику кількість варіантів та критеріїв прогнозування. Тільки за наявності альтернативних варіантів прогнозу накопичується достатньо інформації для всебічного і обґрунтованого вибору того чи іншого шляху розвитку, прийняття оптимальних планових рішень.

Практичні потреби планування обумовлюють необхідність приурочування результатів прогнозування до періодизації планування.

Враховуючи, що сучасний науково-технічний прогрес характеризується небаченою раніше швидкістю і глибиною викликаних ним перетворень у всіх областях людської діяльності, передові корпорації світу при складанні макроекономічних прогнозів у першу чергу звертають увагу на прогнозування науки і техніки у відповідних галузях, яке останнім часом набуло назви «Технологічне прогнозування». Зацікавленість управлінців у складанні «Технологічних прогнозів» пояснюється необхідністю мати уяву про напрямки розвитку та вдосконалення технологічних процесів, що важливо, насамперед, при складанні інвестиційних планів.

Тому прогнозування науки і техніки та впровадження технічних інновацій у виробництво стає найважливішим і водночас ледь не найскладнішим завданням стратегічного планування і управління соціально-економічним прогресом.

Незважаючи на важливість, науково-технічні прогнози не варто розглядати у відриві від економічних прогнозів і надавати їм пріоритетного значення. Науково-технічний прогрес багато у чому залежить від наявних ресурсів, розмір яких визначається рівнем

економічного розвитку, ефективністю функціонування підприємств, регіонів, країни. Тому науково-технічний прогрес необхідно розглядати у контексті з економічним і соціальним процесом. В іншому випадку ізолюване від інших сфер людської діяльності науково-технічне прогнозування буде нереальне.

Таким чином, науково-технічний прогноз необхідно розглядати як складовий елемент, підсистему більш широкої інтегральної системи прогнозів, яка охоплює економічне, соціальне, політичне та інше прогнозування.

Соціально-економічні прогнози дають цільову орієнтацію для науково-технічних прогнозів, а останні дають можливість судити про реальність прогнозованих цілей соціально-економічного розвитку шляхом оцінки соціальних і економічних наслідків науковотехнічного прогресу.

Теорія і методологія прогнозування розвивалися і вдосконалювалися відповідно до розвитку і вдосконаленню управління і планування.

В епоху довгострокового планування найбільш розповсюдженим методом стала **екстраполяція тенденції**, яка базувалась на простих методах екстраполяції, часовому тренді, адаптивних методах. Зазначені методи виходили із інерційності досліджуваної системи, тобто із припущення, що закономірності і тенденції, які склалися у «передісторії» будуть незмінно або з невеликими відхиленнями діяти і у прогнозованому періоді.

До переваг цих методів слід, насамперед, віднести простий інструментарій реалізації. Разом з тим сукупність методів екстраполяції тенденції має і суттєві недоліки, тому що не враховуються зміни умов, що постійно відбуваються у зовнішньому середовищі, та причиннонаслідкові взаємозв'язки досліджуваних явищ і процесів. І як наслідок, результати

прогнозування значно відрізняються від фактичних даних, що природно вплинуло на якість і достовірність планування, особливо якщо горизонт прогнозування значний.

Прогнози за вище зазначеними методами відносяться до безумовних (некерованих), тому що не дозволяють втрутитись у процес і змінити таким чином характер руху у залежності від зміни умов зовнішнього середовища.

У деяких випадках, незважаючи на суттєві недоліки, методи екстраполяції тенденції можуть дати цілком прийнятні результати.

Наприклад, неможливість в силу складностей побудувати модель, яка б адекватно відображала причинно-наслідкові взаємозв'язки досліджуваних процесів; головна тенденція настільки стійка, що втручання у процес призводить до тимчасових збурень, яке тільки незначно відхиляє процес від його основної траєкторії з наступним поверненням до неї за умови довгострокового прогнозу.

Перехід до стратегічного планування став могутнім імпульсом посилення уваги до розвитку і вдосконалення методології прогнозування.

На перший план вийшли регресійні моделі, сукупність яких створює економетричну модель. Стали більш досконалі інтуїтивні методи прогнозування. І як результат, передові корпорації США при розробці довгострокових прогнозів використовують в основному **інтуїтивні (експертні) методи і економетричні моделі.**

На відміну від методів екстраполяції тенденцій економетрична модель відображає причинно-наслідкові взаємозв'язки між прогнозованими показниками і факторами, що визначають його рівень.

Економетрична модель дозволяє вносити зміни у значення факторів, викликаних змінами зовнішнього середовища.

Можливість зміни факторів робить економетричну модель пристосованою для одержання умовного (керованого) прогнозу.

З часом виявилось, що органічно не пов'язані, розрізнені прогнози не в змозі в достатній мірі передбачити і тим самим запобігти несподіваним потрясінням об'єктів, позбавити їх від більш зростаючих проблем зовнішнього середовища. Так виник **сценарний метод** прогнозування.

Основне призначення сценаріїв – це визначення генеральної лінії розвитку об'єкта прогнозування з урахуванням дії зовнішніх і внутрішніх факторів, формулювання критеріїв для оцінки кінцевих цілей.

Сценарний метод характеризується як метод багатоаспектних прогнозних оцінок, які впливають із необхідності прогнозування окремих елементів системи. При розробці сценаріїв використовується широкий спектр методів: імітаційне моделювання, ситуаційний аналіз, методи генерування ідей, експертні методи, аналіз трендів, економетричні моделі тощо.

Останнім часом в самостійний напрямок дослідження виділяється аналіз зовнішнього середовища (сканування зовнішнього середовища). Сканування зовнішнього середовища в системі стратегічного аналізу означає збір, обробку, оцінку і прогноз тих факторів зовнішнього середовища, які суттєвим чином можуть вплинути на результати діяльності підприємства. Сканування здійснюється за такими напрямками:

- ⌚ аналіз загальнооекономічної ситуації – загальногосподарська кон'юнктура, кредитно-фінансові засади країни, інвестиційний клімат, валютно-фінансові умови та інші фактори;

- ⌚ науково-технічний прогрес – поява технічних нововведень, корінні зміни в технології галузі, технологічні зрушення в суміжних областях і використання в цьому зв'язку нетрадиційних технологій;

⌚ політична ситуація – політична стабільність, діюче законодавство, система державного регулювання економіки, оцінка ризику вкладень, дії профспілкових організацій та ін.;

⌚ аналіз культурних і демографічних факторів – структура споживання, смак та стиль життя населення, традиції та ін., а також можливі зрушення у названих областях.

В результаті дослідження повинні бути виявлені головні напрямки діяльності фірми; побудований прогноз; проведений на його основі стратегічний аналіз і складений стратегічний план; визначені ресурси, необхідні для його реалізації, що в кінцевому результаті повинно забезпечити фірмі перевагу над конкурентами.

Нарешті, входження у нове тисячоліття характеризується розвитком нової методології прогнозування – **«Форсайт»**, який означає «передбачення» або «погляд у майбутнє».

«Форсайт» передбачає прогнозування розвитку технологій; оцінку соціально-економічних, культурних наслідків появи та впровадження нових технологій; зосередження на великих, тривалий час не вирішуваних проблемах (голод, бідність, безпека).

На відміну від традиційних методів прогнозування, «Форсайт» проводиться у формі систематичного процесу, що вимагає реального планування і реалізації.

Органічне включення методології прогнозування у методологію стратегічного планування сприяло підвищенню наукового рівня планування. Це забезпечило органічний перехід від дослідження, як попереднього етапу управління, до прийняття планових рішень.

Незважаючи на органічний взаємозв'язок між прогнозом і планом існують суттєві відмінності.

На відміну від плану прогнозу притаманні: більша сукупність шляхів рішень, альтернатив, гіпотез.

Прогнозування, як форма пізнання навколишнього світу, може існувати незалежно від планування, навіть за відсутності останнього. Розробити обґрунтований стратегічний план без прогнозних оцінок в сучасних умовах практично неможливо.

Якщо прогноз надає дослідницьку інформацію про те, що може відбутися у майбутньому та за яких умов, то план як документ накреслює, що повинно відбутися та кому і що для цього необхідно. Якщо прогноз – це можливі шляхи реалізації задач управління виробництвом, то план – це вже прийняті рішення для реалізації задач.

Якщо прогноз накреслює можливі варіанти розвитку тієї чи іншої альтернативи, то план тільки по вибраних альтернативах визначає кінцеві результати, строки виконання накреслених цілей, виконавців.

Прогноз – це усього-на-всього гіпотеза. Він не примушує спеціаліста приймати на його основі рішення. План же, навпаки, хоча і не є в ринкових умовах законом, «залізним» декретом, передбачає той чи інший ступінь зобов'язання для тих, хто повинен його виконувати як програму дій.

Прогноз не містить таких юридичних обов'язків для окремих суб'єктів господарської діяльності. Він не претендує на вираження суспільної згоди, а може виражати точку зору дослідницького колективу і навіть окремого спеціаліста.

Прогноз може містити оцінку можливих альтернатив, навіть варіанти, які взаємно виключаються. В плані це неприпустимо; в ньому розробляється система конкретних заходів, звідси прогнозні оцінки повинні концентруватись, уточнюватись, взаємопов'язуватись.

Прогнозування покликано виконувати двосторонню задачу: з одного боку, базуючись на минулому і сучасному, накреслити картину, як близького, так і далекого майбутнього, а з іншого боку, виробити основи сьогоденної діяльності з урахуванням наукового передбачення. План, що базується на даних прогнозу, орієнтований лише на майбутнє.

Неоднаковий ступінь невизначеності використаної інформації про майбутнє визначає застосування різноманітних способів, засобів, методів в плануванні і прогнозуванні. Якщо в плануванні перевага надається детермінованим методам, то в прогнозуванні – стохастичним.

Прогноз можна визначити як передпланову дослідницьку стадію; він не ставить будь-яких конкретних завдань і не обмежується суворими рамками часу.

Нарешті, прогноз відрізняється від плану ступенем деталізації, він більш узагальнюючий.

Отже, незважаючи на окремі відмінності, поєднання прогнозування і планування в управлінні виробництвом є об'єктивно необхідним. Разом з тим мова не йде про підміну планування прогнозуванням.

При дослідженні змісту економічного прогнозу слід виокремити його аналітичні функції. Передплановий аналіз значно розширює і поглиблює обґрунтованість управлінських рішень.

Дійсно, одержаний в результаті прогнозування «сирий» інформаційний ресурс не зразу використовується у плануванні, а проходить стадію певної обробки, як наприклад зіставлення досягнутих показників зі світовим рівнем, кількісна і якісна оцінка альтернатив для вибору оптимального варіанту, порівняльна оцінка планових завдань та очікуваних результатів.

За допомогою аналізу розкриваються причинно-наслідкові взаємозв'язки, формуються загальні гіпотези і концепції розвитку

майбутнього, дається оцінка характеру впливу основних складових елементів на процеси, що прогножуються. Аналіз одночасно супроводжує прогнозування (корегування, уточнення інформації). Нарешті, результати прогнозу служать інформаційною базою для проведення попереднього аналізу.

Трьохмірність розвитку (минуле-теперішнє-майбутнє) передбачає такі взаємозв'язки: теперішнє є закономірний результат розвитку минулого; майбутній стан витікає із закономірності розвитку теперішнього. Дослідження теперішнього в економіці здійснюється за допомогою ретроспективного аналізу; дослідження майбутнього здійснюється на основі стратегічного аналізу, інформаційною базою якого є результати прогнозування.

**Стратегічний аналіз** – це дослідження зовнішнього і внутрішнього середовища з метою оцінки тенденції проходження господарських процесів, очікуваних результатів діяльності підприємства у терміни, визначені стратегічним планом.

Основна мета стратегічного аналізу – визначити конкурентну позицію підприємства, для того, щоб у подальшому ставити цілі і задачі для закріплення існуючих конкурентних переваг і розвивати нові.

Характер управлінських рішень та їх направленість в значній мірі визначається тим, результатами якого аналізу – ретроспективного або стратегічного користується компетентна особа, яка приймає рішення. Ретроспективний аналіз базується на інформації факту (оперативна, статистична, бухгалтерська та інші види обліку, звітності, дані спостережень та ін.), тобто на об'єктивному відображенні вже завершених процесів. Це свого роду діагностичний аналіз, який дозволяє виявити окремі «хвороби» підприємства або навпаки, оцінити досягнуті успіхи. І хоча ретроспективний аналіз по суті теж повернений в майбутнє,

опираючись на дані минулого, в ньому проявляється певна обмеженість, оскільки його висновки і пропозиції базуються на застарілих фактах і інерційності економічних явищ. Тому в управлінні виробництвом регулювання на основі ретроспективного аналізу є процесом «післядії» і спрямоване не усунення прорахунків і недоліків, які дестабілізували виробничий процес, в урахуванні певних факторів і умов при складанні оперативних і поточних планів.

На відміну від ретроспективного аналізу, стратегічний аналіз орієнтований на оцінку майбутнього не по минулих фактах, а по показниках, які були прогнозовані. Тому він дозволяє здійснити попереджувальне регулювання, що дає змогу запобігти негативних наслідків функціонування об'єкта управління, і через регулювання збільшити адаптованість підприємства до можливих змін зовнішнього середовища.

Концепція стратегічного управління передбачає, що кожне важливе рішення має прийматися на основі ґрунтовного стратегічного аналізу.

Стратегічний аналіз, як функція стратегічного управління, повинен підготувати множину альтернатив для прийняття рішення.

У більшості випадків стратегічний аналіз зосереджується на вирішенні трьох основних питань, важливих для будь-якого підприємства у будь-якій ситуації:

1. В якому становищі перебуває підприємство у теперішній час?
2. В якому становищі воно повинно бути через певний проміжок часу (через рік, два, три, п'ять, десять років)?
3. Які існують шляхи досягнення бажаного становища і якими способами його можна досягти?

Аналітико-прогностичне забезпечення управлінських рішень займає у наш час центральне місце в оперативному, поточному і

стратегічному управлінні. Передові менеджери вже не бажають мати справу з інформацією історичного характеру.

Дійсність свідчить, як це підтверджує досвід американських компаній, якщо фірма не проводить стратегічний аналіз до формування стратегічних планів, то управлінці частіше всього не готові до вибору цілей і постановки задачі. Це пояснюється тим, що без попереднього стратегічного аналізу невідомо, яких потенційних результатів може досягнути фірма у майбутньому.

Водночас оцінка діяльності передових корпорацій світу засвідчує про те, що вміле використання, або, навпаки, невміле використання стратегічного аналізу, чи нехтування ним суттєво позначається на ефективності діяльності фірм, їх конкурентоздатності.

З огляду на непередбачуваність економічних явищ (процесів) на далеку перспективу, великого значення нині набуває стратегічний аналіз, який проводиться на основі результатів короткострокового прогнозування. В управлінні виробництвом зазначений аналіз сприяє реалізації двох важливих функцій управління-регулювання та планування.

Короткострокові прогнози служать свого роду «сигнальною системою», яка своєчасно сповіщає органи управління про настання або можливу появу небажаних тенденцій, відхилення реальної траєкторії розвитку від запланованої або факторів, що перешкоджають успішній реалізації поставлених завдань. Це дозволяє виявити проблему в момент зародження, до того, як вона розрослася і стала реальністю.

На основі аналізу результатів короткострокового прогнозу органи управління спрямовують свої зусилля не стільки на усунення причин та наслідків дестабілізації господарського процесу, скільки на їх запобігання.

Це свого роду випереджувальні, профілактичні прогнози, тобто такі, відносно яких заздалегідь відомо, що особа, яка приймає рішення,

використовує результати аналізу зазначених прогнозів для розробки оперативних та ефективних заходів з метою надання певному процесу, наскільки це можливо, необхідної спрямованості, або хоча б пом'якшати, нейтралізувати негативні наслідки, що можуть у результаті виникнути. У випадку, якщо ці заходи своєчасні і ефективні, то виявлені негативні процеси у ході господарської діяльності будуть усунені, а прогноз врешті-решт виявиться недостовірним.

Кінцева недостовірність прогнозів, що «самоанулюються», не позбавляє корисності і цінності їх для особи, що приймає рішення.

Отже, спеціаліст, який приймає рішення, зробить все можливе щоб бажаний прогноз здійснився, і навпаки, якщо прогноз небажаний, спеціаліст уживе всіх заходів для недопущення його здійснення.

Практика розвинутих країн світу свідчить, що короткостроковому прогнозуванню і проведеному за його результатами аналізу, надається нині пріоритетне значення. На основі неперервного відстеження ситуації на ринку досліджується попит і пропозиція на продукцію, кон'юктура ринку, дії конкурентів. У процесі маркетингових досліджень оцінюється очікуваний обсяг продаж та прибутку, визначаються стадії життєвого циклу товару, що дозволяє своєчасно вибрати момент для зняття його з ринку.

Впровадження стратегічного аналізу на основі результатів короткострокового прогнозування дозволить створити систему раннього попередження та реагування, яка зробить управління гнучким і адаптованим до змін зовнішнього середовища.

З огляду на вищевикладене, цикл діяльності підприємства може бути поданий за такою схемою (рис. 1.1):

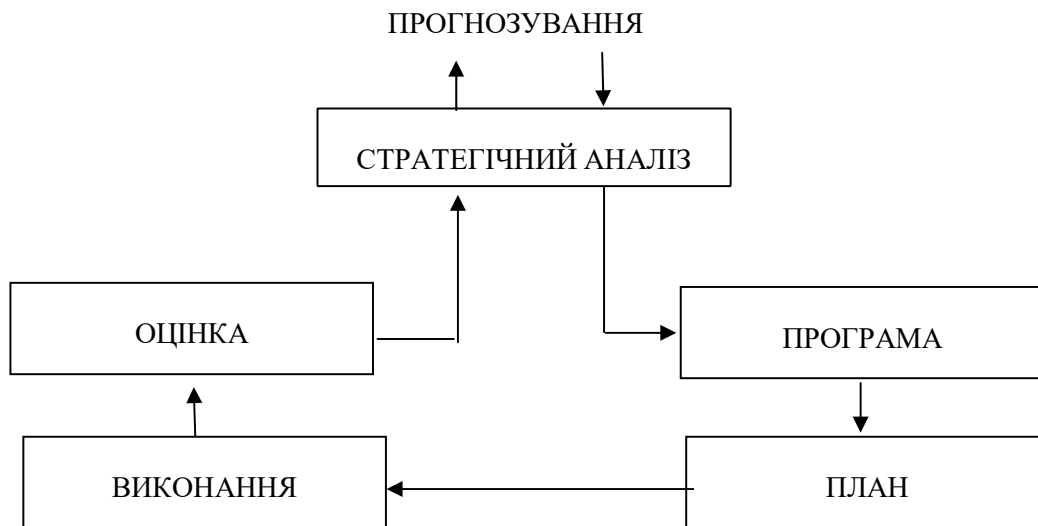


Рисунок 1.1 Цикл діяльності підприємства

Програма, що включена як елемент циклу діяльності підприємства, розглядається як вихідний матеріал для розробки планів.

Програма визначає послідовність дій, які слід виконати, щоб розвиток процесу відповідав встановленому завданню (плану). Програма – це по суті вибраний метод розв’язання конкретної задачі або проблеми.

Програма зазвичай включає: ідею, сформульовану у вигляді поставленої цілі; ресурси, необхідні для реалізації поставленої задачі (трудові, технічні, фінансові, юридичні); графік виконання етапів робіт; визначення виконавців.

Згідно з розглянутими вище положеннями, прогнозування відіграє важливу роль в системі управління як засіб вдосконалення і обґрунтування управлінських рішень. Разом з тим зазначалось, що відсутність прогнозів негативно впливає на обґрунтованість планів через брак відповідної інформаційної бази, а звідси і на ефективність планових рішень.

Досліджуючи питання необхідності і значення прогнозування в управлінні виробництвом, варто водночас розглянути можливі альтернативи прогнозуванню.

*Відсутність прогнозу.* Цей варіант означає, що спеціаліст, який приймає рішення, діє «навмання». По суті, рішення приймаються безвідносно від їх майбутніх наслідків – сприятливих або несприятливих.

Зовнішні умови практично не є стабільними, а рішення базується на незмінності зовнішніх умов. Якщо ж зміни, як це нерідко буває, відбудуться швидко, динамічно, то наслідки прийнятих рішень не важко передбачити.

Поняття «відсутність прогнозу» не слід сприймати буквально.

Спеціаліст просто виходить з того, що зовнішні умови будуть постійні або змінюватимуться у незначній мірі.

*Принцип «може трапитись все що завгодно».* У цьому випадку управлінці виходять з фатальності подій, тобто з того, що нічого не можливо вдіяти, щоб вплинути на майбутнє в бажаному напрямку, а тому недоцільно передбачати майбутнє. Така фатальність по суті паралізує волю управлінців і не дозволяє докласти зусиль, які були б орієнтовані на розробку раціональних прогнозів.

Природно, що фірми, які проводять свою політику на зазначеному принципі, приречені на невдачу.

*Принцип «славетне минуле».* Це консервативний підхід, надії на те, що принципи і методи управління, які забезпечували значні досягнення у діяльності підприємства в минулому, будуть ефективні і в майбутньому.

Пристрасть ідеалам «славного минулого» і віра в те, що це «славетне минуле» неодмінно забезпечить «славетне майбутнє», рано чи пізно доведе підприємство до фатальних наслідків, тому що цей принцип не враховує динамізм суспільного розвитку, особливо на сучасному етапі.

*Прогнозування «крізь шори».* Цей принцип характеризується такими поняттями, як «вище, швидше, далше» або «більше і краще». Передбачається, що майбутнє обов'язково, в силу певних обставин, буде схожим на минуле, але на більш високому рівні розвитку. Такий підхід, хоча і визнає неминучість змін і має переваги над іншими альтернативами прогнозування, надмірно прямолінійний і не припускає можливі орієнтації в інші напрямки, використання інших, більш ефективних шляхів розвитку, що у кінцевому результаті може загнати підприємство у глухий кут.

*Принцип рішучих дій.* Характерна ознака цього принципу – недоцільність прогнозування, а діяти слід тоді, коли з'являються проблеми. Підприємство у таких випадках функціонує без добре осмисленої і обґрунтованої стратегії, що базується на прогнозуванні. Очікуються моменти, коли виникають ті чи інші проблеми, або наступить кризова ситуація і тоді починають діяти, щоб усунути або пом'якшити вплив негативних чинників.

Розвиток в таких умовах проходить зигзагоподібно, заходи приймаються в кризових ситуаціях, до того ж в надії, що керівництву вистачить часу на розробку, обґрунтування та прийняття оперативних управлінських рішень.

Такий спосіб управління, хоча і існує, однак проблематично, щоб він забезпечив підприємству стабільний розвиток, адаптацію до зовнішнього середовища, яке надзвичайно мінливе, посилення конкурентних можливостей підприємства.

Ігнорується по суті факт, що за допомогою відповідно розробленого прогнозу, можна було б повністю запобігти кризовим ситуаціям.

Такий спосіб у сучасних умовах є неприйнятним.

*Прогнозування за допомогою «генія».* Цей підхід не альтернатива прогнозуванню, оскільки він передбачає підготовку прогнозу. Суть цього

підходу полягає у пошуку генія і одержання від нього інтуїтивного прогнозу. Цим самим нерідко виключається можливість використання раціональних і точних методів одержання прогнозних оцінок і якщо такі існують, то ними не варто нехтувати.

Перевагою раціональних і точних методів прогнозування є те, що такі прогнози ґрунтуються на використанні загальноприйнятого інструментарію. Вони доступні для оцінки і можуть бути перевірені будь-яким спеціалістом, що має відповідну теоретичну і практичну підготовку в області прогнозування.

Прогноз «за допомогою генія» повинен бути прийнятий на віру і не може бути перевірений навіть іншим «генієм».

Зазначений прогноз доцільно використовувати в управлінні лише в тих випадках, коли замість прогнозу «генія» неможливо використати інші і, насамперед, раціональні і точні методи прогнозування.

Підсумовуючи вищевикладене, стає цілком очевидно, що будь-яке управлінське рішення і особливо стратегічне повинно ґрунтуватися на прогнозах. Перевагу слід надавати раціональним і точним методам прогнозування, результати яких завжди можуть бути перевірені іншими спеціалістами, ще до моменту прийняття управлінських рішень.

Разом з тим слід зазначити, що природне бажання керівників підприємств мати у своєму розпорядженні максимум прогнозної інформації щодо подій і процесів у майбутньому, хоча цілком і зрозуміле, однак практично нереальне. Крім того, нагромадження значних масивів інформації, вимагає не тільки значних ресурсів, але й, що дуже суттєво, часу на підготовку даних, а це знижує або позбавляє таку інформацію цінності для прийняття, насамперед, оперативних управлінських рішень.

Тому в управлінні для прийняття нагальних і водночас ризикових рішень кількісні прогнозні оцінки повинні бути доповнені інтуїцією,

вірою, здоровим глуздом і оптимізмом, які по суті є продуктом досвіду, знань, результатом таланту керівників.

Складання прогнозу не може бути самоціллю. Незалежно від наукового рівня, достовірності, точності і надійності, прогноз не має ніякої цінності, значення, якщо результати його не використовуються в процесі прийняття управлінських рішень.

## **1.2. Зміст методів експертних оцінок**

Вибір найбільш прийняттого методу прогнозування визначається наявною інформацією, особливостями об'єкта прогнозування та іншими чинниками.

Формалізовані раціональні методи прогнозування (екстраполяція тенденції, моделювання та ін.) базуються на достатньо розгорнутій ретроспективній інформаційній базі.

Однак, як зазначалося у попередньому параграфі, в умовах високого ступеня гостроти конкуренції на внутрішньому і особливо зовнішньому ринках, необхідне підвищення гнучкості та адаптивності підприємств до зовнішнього середовища, стрижневим напрямком проведення ефективної економічної політики є орієнтація на інноваційні процеси.

Сьогодні додатково виділяються також економічні, соціальні, ринкові та інші групи інновацій.

Таким чином інновації охоплюють практично всі основні сфери суспільного життя.

При створенні нововведень слід врахувати, що зміни відбуваються особливо часто, тому рівень новизни надзвичайно високий.

З огляду на вищевикладене в процесі розробки нововведень виникає ціла низка проблемних завдань, зокрема:

- ⌚ визначення перспектив створення нововведень;
- ⌚ відбір основних параметрів нововведень;
- ⌚ визначення сфери використання нововведень;
- ⌚ оцінка оптимальних характеристик нововведень;
- ⌚ оцінка порівняльної важливості характеристик нововведень.

Відтак, надзвичайний рівень новизни, пов'язаний з інноваційними процесами, з одного боку, обмежує можливість одержання достатньої ретроспективної інформації, необхідної при застосуванні формальних методів прогнозування, а, з іншого боку, нагальна потреба в аналізі і прогнозуванні якісних змін, робить названі методи цілком непридатними.

Особливо складні проблеми виникають, коли необхідно дати перспективні оцінки якісно новим процесам і явищам, які раніше не зустрічалися в суспільному житті і про які, природно, відсутня будь-яка інформація.

До сказаного вище слід додати, що кількісні методи не дозволяють передбачити можливі випадкові зміни у поведінці явищ (процесів, об'єктів), які у нинішніх умовах відбуваються частіше ніж у минулому.

Однак і в умовах обмеженості чи взагалі відсутності початкової інформації розробка прогнозів не тільки не виключається, а, навпаки, стає особливо актуальною і практично важливою, тому що лише таким чином можна дещо знизити рівень невизначеності та ризику і відповідно підвищити достовірність управлінських рішень.

В таких умовах повсюдно стала гостріше усвідомлюватися практична необхідність інших методів аналізу і прогнозування, які б не базувались винятково на статистичних даних.

Можливість вирішення названих проблем, навіть в умовах відсутності теоретичних обґрунтувань, досягається за рахунок умілого використання досвіду, інтуїції та знань спеціалістів, вчених, що працюють

над розв'язанням відповідної проблематики: науково-дослідні роботи, впровадження розробок і т.д.

Використання інтуїтивно-логічного аналізу обумовило розвиток і вдосконалення ряду методик, які дозволили значно поглибити дослідження проблем без їх кількісної формалізації.

Методи, які ґрунтуються на припущенні про те, що на базі думок спеціалістів у певній галузі знань можна побудувати адекватну картину майбутнього розвитку з урахуванням всіх можливих зсувів і стрибків отримали назву **методів експертиз або методів експертних оцінок**.

«Експерт» в дослівному перекладі з латинської мови означає «досвідчений». Тому метод експертних оцінок полягає в обробці інформації, отриманої шляхом опитування експертів. Використання експертів як джерел інформації про майбутній розвиток досліджуваного процесу (явища, об'єкта), ґрунтується на гіпотезі наявності бодай у частини провідних спеціалістів конкретної області глибоких і достатніх знань про шляхи розв'язання досліджуваних проблем.

Доречно зазначити, що широке використання методів експертних оцінок в сучасній методології прогнозування «Форсайт» обумовлено тим, що управлінці мають справу з «живим життям», а не з стабільною системою. Таке твердження пояснюється тим, що статистичний апарат прогнозування, який використовується в економічних дослідженнях, виник із методології експериментальної фізики – зокрема, теорії експерименту.

У сучасному світі внаслідок науково-технічного прогресу особливу увагу у прогнозуванні і стратегічному аналізі звертають на якісні аспекти змін. Тенденції зростання цих змін обумовили, як свідчить огляд літературних джерел, збільшення питомої ваги експертних методів прогнозування приблизно до 40–50 %.

Отже, зростання якісних змін сприяє розвитку і вдосконаленню експертних методів прогнозування і водночас звужує можливість використання точних розрахунків, які ґрунтуються на формалізованих моделях, що відображають різноманітність причинно-наслідкових зв'язків еволюції явищ (процесів, об'єктів).

Підсумовуючи сказане, можна зі всією визначеністю стверджувати, що методи експертних оцінок в прогнозуванні використовуються в таких випадках:

- ⌚ в умовах відсутності достатньої за обсягом та достовірної інформації про прогнозовані явища (процеси, об'єкти);
- ⌚ в умовах значної невизначеності середовища, де функціонує об'єкт;
- ⌚ в умовах дефіциту часу або екстремальних ситуаціях;
- ⌚ при розробці середньо- та довгострокових прогнозів об'єктів, які підпадають під вплив корінних змін, наприклад, наукові відкриття.

Досвід засвідчує, що чим складніша досліджувана проблема, тим більше необхідності опиратися не оцінки експертів, використовуючи інтуїтивно-логічний аналіз. Все це обумовило подальший розвиток і удосконалення зазначеного аналізу, підвищення рівня його надійності. З цією метою не протязі останніх десятиріч були розроблені ряд прийомів і методик, що сприяли значному поглибленню дослідження проблем, які не піддавались кількісній формалізації. Діапазон таких методик досить широкий – від відбору експертів, до розробки і вдосконалення методів оброблення даних анкетного опитування.

В основі використання експертних методів лежать глибокі знання спеціалістів, вміння узагальнити свій та світовий досвід досліджень і розробок по певній проблемі, гіпотеза про наявність у експерта так званої

«практичної мудрості», далекоглядності, що стосується певної області знань і практичної діяльності.

При організації і проведенні процедури анкетного опитування слід дотримуватися певних принципів, зокрема:

- ⌚ до експертного опитування слід долучити знаних, висококваліфікованих спеціалістів у відповідних областях знань;

- ⌚ думки спеціалістів повинні бути подані у такій формі, що дозволяє їх систематизувати;

- ⌚ велика кількість висловлених ідей неодмінно включає певну кількість плідних ідей;

- ⌚ дотримуючись закону великих чисел, думки достатньо великого числа експертів слід вважати точними характеристиками досліджуваної проблеми;

- ⌚ отримання відповідей експертів у максимально систематизованій формі можливе лише за умови чітко визначеного завдання і конкретно заданих питань;

- ⌚ при наданні експерту нової інформації він повинен уміти творчо використати її і удосконалити відповіді у напрямку підвищення вірогідності і точності оцінок.

Кожен експерт створює свою інтуїтивну модель досліджуваного явища, що дозволяє йому за певних умов формувати наближені кількісні оцінки.

Чим складніші і суперечливіші явища, що досліджуються, тим більша відповідальність за наслідки прийнятих рішень і тим, відповідно, нагальніша необхідність при їх підготовці використовувати не тільки якісний аналіз, але і залучити кількісні показники з метою зіставлення альтернативних варіантів, що врешті-решт дозволить вибрати оптимальне управлінське рішення.

Прогнозні експертні оцінки відображають індивідуальне судження спеціалістів щодо перспектив розвитку об'єкта і ґрунтуються на мобілізації професійного досвіду доповненого знаннями та інтуїцією.

Отримані в результаті анкетного опитування якісні і кількісні показники, після відповідної обробки можуть бути використані для обґрунтування управлінських рішень.

Перевага експертних методів полягає у швидкості отримання інформації про досліджуваний об'єкт для обґрунтування управлінських рішень за неможливості виміряти параметри і характеристики об'єкта кількісними методами.

Крім того, слід звернути увагу на той факт, що саме експерт є фахівцем, який глибоко розуміє зміст і особливості «вузьких місць» і стан досліджуваної проблеми. В результаті лише висококваліфікований спеціаліст може дати найбільш точний прогноз розвитку досліджуваного процесу.

І нарешті, безсумнівно, слід віддати належне експертним оцінкам у тому, що вони універсальні за своїм змістом і можуть бути застосовані для різних об'єктів прогнозування, відносно прості з методичної точки зору, не пред'являють підвищених вимог до якості початкової продукції. В деяких випадках, як це зазначалось, прогнозування може здійснюватися в умовах обмеженої інформації і навіть повної відсутності її.

### **1.3 Класифікація видів експертних оцінок та їх коротка характеристика**

Методи, які використовуються для одержання експертних оцінок, достатньо численні і різноманітні. Тому для їх систематизації доцільно провести класифікацію окремих груп і видів експертного опитування.

Методи, що ґрунтуються на використанні експертних оцінок, діляться на дві групи: **індивідуальні (персональні) експертні оцінки та групові (колективні) експертні оцінки.**

Поділ на методи індивідуальних та колективних експертних оцінок проводиться в залежності від того, розробляється прогноз на основі висновків окремих ізольованих один від одного експертів, або групи експертів, які певним чином зв'язані між собою.

Отже, якщо методи індивідуальних експертних оцінок ґрунтуються на виявленні індивідуальних думок про розвиток досліджуваного об'єкта (процесу, явища), то метод колективних експертних оцінок базується на виявленні колективних думок про перспективи розвитку об'єкта прогнозування.

Індивідуальність опитування полягає в тому, що експерти не збираються разом; незнайомі з оцінками інших експертів; різних експертів можуть опитувати відносно різних аспектів однієї проблеми; нарешті, опитування різних експертів може проводитись за різними процедурами.

Від прогнозування за методом експертних оцінок слід відрізняти, так зване, прогнозування, яке широко застосовується в соціології, політології, маркетингу та інших сферах. Таке прогнозування базується на репрезентативних даних, отриманих в результаті опитування респондентів у випадковому порядку.

Виділяється два методи індивідуальних експертних оцінок: **інтерв'ю і аналітичні записки.**

Метод інтерв'ю передбачає бесіду організатора експертизи (прогнозиста) з спеціалістом-експертом у певній галузі знань, що проводиться у відповідності за заздалегідь розробленою програмою. Прогнозист ставить перед експертом питання відносно перспектив розвитку об'єкта прогнозування. В процесі проведення індивідуального

опитування програма дослідження може неодноразово корегуватися в наслідок отримання нової інформації на проміжних етапах дослідження.

Теоретично, при індивідуальному опитуванні може бути задіяний лише один експерт за умови, що рівень його знань дозволить інформаційно забезпечити потреби організаторів експертизи по досліджуваній проблематиці. Однак, зазвичай до опитування з метою підвищення надійності експертизи залучають групу експертів.

Ступінь формалізації інтерв'ю по певній проблематиці може бути різною. Низький рівень формалізації опитування – неформальна бесіда, в результаті якої визначається тільки тема проблеми. Експерт у такому випадку самостійно вирішує як її висвітлювати. При необхідності, організатор експертизи може задати експерту уточнюючі або навідні питання.

Високий рівень формалізації передбачає чітко листа з питаннями відкритого типу. Цей метод у порівнянні з попереднім складніший як на етапі проведення опитування, тому що вимагає високої кваліфікації інтерв'ю, так і на етапі інтерпретації отриманої інформації – вимагає високої кваліфікації дослідника.

Успіх експертизи за методом інтерв'ю в значній мірі визначається здібністю експерта експромтом давати відповіді на найрізноманітніші складні, фундаментальні питання про перспективи розвитку досліджуваного об'єкта (процесу, явища).

Суттєвий недолік зазначеного методу – недостатність часу для експерта на підготовку відповідей.

Метод аналітичних записок проводиться у письмовій формі (анкета) шляхом надсилання експерту питань з зацікавленої проблематики, на які повинні бути отримані однозначні відповіді. Питання можуть бути як відкритого, так і закритого типу. В останньому

випадку повинні бути запропоновані варіанти відповідей. Анкета може бути відправлена по звичайній або електронній пошті, однак заздалегідь повинна бути попередня домовленість з експертом. Цей метод передбачає високий рівень кваліфікації організаторів експертизи на етапі постановки питань і організації проведення опитування, а також в частині обробки одержаної інформації.

На відміну від методу інтерв'ю метод аналітичних записок надає можливість експерту на проведення тривалої і ретельної роботи над аналізом тенденцій, оцінкою стану і шляхів розвитку прогнозованого об'єкта. Цей метод дозволяє експерту використати всю необхідну йому інформацію про об'єкт прогнозування. Свої міркування і висновки експерт оформляє у вигляді аналітичної записки.

Основними перевагами розглянутих методів є можливість максимального використання потенційних можливостей експертів та незначний психологічний тиск, який чиниться на спеціалістів.

Суттєвим недоліком методу індивідуальних експертних оцінок є те, що не кожний експерт бере на себе відповідальність самостійно дати оцінку складним явищам (процесам, об'єктам) без урахування думок інших експертів. Власне відсутність наукових зв'язків між експертами, обмеженість знань окремих спеціалістів робить розглянуті методи мало придатними для прогнозування найбільш складних загальних стратегій.

Вироблення ефективних управлінських рішень в умовах невизначеності, або складання науково-технічного прогнозу потребує участі групи ерудованих спеціалістів, добре обізнаних у багатьох галузях знань. Один спеціаліст не в змозі врахувати всі фактори і взаємозв'язки складних проблем, або оцінити ймовірність великого числа можливих альтернатив.

Водночас існують ситуації, де без участі групи спеціалістів просто неможливо вирішити складні, комплексні проблеми.

Тому при необхідності прогностичної оцінки складних проблем, особливо тих, що знаходяться на стику різних сфер знань, застосовують групові (колективні) методи експертних оцінок.

Методи колективних експертних оцінок ґрунтуються на принципах виявлення колективної думки експертів про перспективи розвитку об'єкта прогнозування.

Гіпотеза про наявність у експертів знань і умінь дозволяє їм з достатньою ступенню достовірності оцінити важливість і значення досліджуваної проблеми; перспективність розвитку певного напрямку дослідження; відносну важливість певних показників, параметрів, характеристик; терміну здійснення тієї чи іншої події; доцільність вибору одного із альтернативних шляхів розвитку об'єкта прогнозування і т.д.

У порівнянні з індивідуальними, групові методи, окрім іншого, мають переваги з точки зору надійності експертизи. Водночас вони досить складні в процесі їх підготовки і проведення.

Так, для розробки процедури групового оцінювання і гармонізації взаємодії між окремими ланками процесу опитування необхідні висококваліфіковані спеціалісти-експерти, яких далеко не завжди щастить зібрати в один і той же час, в одному і тому ж місці, в оптимальній кількості і які до того ж відповідали б встановленим критеріям.

До колективних методів експертних оцінок відносяться, насамперед, **метод комісій і метод Дельфі**.

У нинішній час широке розповсюдження отримали експертні методи, які ґрунтуються на роботі створених спеціальних комісій.

Суть методу комісії полягає в тому, що спеціалісти, які входять до однієї групи, погоджують свою думку про стан будь-якого об'єкта в

майбутньому або шляхах і методах досягнення цілей у відкритій дискусії, найчастіше за круглим столом.

В ході проведення дискусії узгоджуються думки всіх експертів і розробляється загальний експертний висновок на основі консенсусу.

Колективна думка експертів в результаті дискусії визначається шляхом відкритого або таємного голосування. В деяких випадках до голосування не удаються, коли загальна думка виявляється в процесі дискусії.

Метод комісії має як свої переваги, так і недоліки. До переваг методу комісії можна віднести наступне.

*По-перше*, досвідом доведено, що сукупність інформації, якою володіють всі члени групи принаймні не менша обсягу інформації, якою володіє найбільш досвідчений експерт.

І якщо навіть і є спеціаліст, який в більшій мірі знайомий з об'єктом дослідження ніж решта частина групи, то все ж останні здатні зробити корисний внесок у прогностну оцінку досліджуваної проблеми.

Як правило, до складу групи входять спеціалісти, які добре обізнані на певній проблематиці, тому їх сукупний обсяг знань перевищує кількість інформації, якою володіє будь-який із спеціалістів групи, інакше кажучи, група спеціалістів виробляє більше «розумової» енергії ніж один спеціаліст.

До того ж, в процесі дискусії, коли експерти обговорюють проблеми і аргументують свою точку зору, зазвичай, можливе зростання інформованості спеціалістів по досліджуваній проблематиці.

*По-друге*, загальновідомо, що кількість факторів (напрямків), що визначає розвиток об'єкта (процесу, явища), і які розглядаються всіма членами групи, по меншій мірі не менше тієї, яку може визначити будь-який член групи.

*І нарешті по-третє*, група експертів, принаймні, з більшою готовністю бере на себе відповідальність за прийняття важливих, ризикованих рішень, ніж окремий спеціаліст.

Незважаючи на простоту процедури опитування і широке розповсюдження, метод комісії має і принципові недоліки.

По-перше, частина групи може мати певний вплив на решту членів групи. Нерідко «криклива меншість», керуючись власними інтересами, може подавити більшість, і ті вимушені будуть погодитись під тиском наполегливості меншості, розуміючи при цьому, що аргументи останніх помилкові.

По-друге, суттєвим фактором, який впливає на узагальнюючі висновки, стає різна активність експертів групи. Дискусія в групі зводиться, зазвичай, до полеміки найбільш авторитетних експертів (знані спеціалісти, вчені-корифеї, крупні керівники). І якщо названі експерти мають талант переконання, то вони в змозі рішуче впроваджувати свої ідеї шляхом наполегливої постійної аргументації, навіть при наявності у інших членів групи своїх протилежних переконань.

Крім того, публічність висловлювання може призвести до небажання окремих експертів відмовитися від раніше висловлених думок, навіть в умовах, коли вони зазнали змін в процесі дискусії.

По-третє, група експертів, як і будь-яка група, є самостійним організмом і функціонує завдяки цьому за певними законами. В групах існує думка, що досягти згоди більш важливо, а ніж розробка найобґрунтованішого і практично корисного прогнозу, або іншими словами, група у своїх судженнях керується в основному логікою компромісу, а не однією лише внутрішньою логікою досліджуваної проблеми. Все це пояснюється психологією групи експертів, а саме: схильністю окремих експертів періодично міняти свою точку зору;

небажанням відкрито дебатовати; схильністю окремих експертів відстоювати один раз висловленим судженням, якщо вони навіть виявились помилковими, що стало очевидним самому експерту і т.д. При цьому не фіксуються думки і аргументи тих експертів, які не співпадають з думками більшості.

Метод комісії можливо поліпшити, якщо забезпечити безперешкодний обмін інформацією усередині групи і створити умови для вільного, незалежного висловлення суджень кожним експертом.

То-четверте, інерційність мислення, «честь мундира» переконує певну частину групи схилити решту членів до прийняття рішень, особливо якщо вони були орієнтовані на ці рішення з самого початку.

Прискорення науково-технічного прогресу, характерне для повоєнного періоду, обумовило потребу в нових, більш досконалих експертних методах прогнозування без притаманних методу комісії недоліків.

На відміну від методу комісії де узгодження думок експертів досягається у відкритій дискусії, метод Дельфі передбачає повну відмову від колективних обговорень, що дозволяє значно знизити вплив таких психологічних факторів, як необхідність приєднання до думок авторитетних спеціалістів, небажання відмовитись від раніш висловлених думок, дотримання суджень більшості.

Уже перші дослідження на основі методу Дельфі показали його доцільність і ефективність та можливість розповсюдження для різних напрямків досліджень, зв'язаних з необхідністю оцінки майбутніх подій.

Метод Дельфі характеризується трьома особливостями, що вирізняє його від інших методів колективної експертної оцінки: а) анонімністю; б) регульованим зворотним зв'язком; в) статистичною обробкою даних експертизи.

*Анонімність* досягається тим, що члени групи невідомі одне одному. В методі Дельфі прямі дебати замінюються ретельно розробленою програмою послідовних індивідуальних опитувань, що проводяться у вигляді анкетування. Інформація до експертів надходить у вигляді опитувальних анкет (опитувальників) або контактів експерта з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ).

Питання, що містяться в опитувальних анкетах, можуть бути орієнтовані на оцінку часу та ймовірності настання певних подій, визначення оптимальних кількісних значень параметрів і показників, оцінку питомої ваги різних варіантів рішень, оцінку відносної важливості показників, параметрів, факторів, напрямків розвитку та повинні бути подані таким чином, щоб відповіді на них обов'язково мали будь-яку кількісну характеристику (оцінку).

Кількісна оцінка вимірювання досліджуваних явищ потребує установлення градації, яка дозволить кожному експерту поставити певне число, яке характеризує корисність (величину, важливість, проміжок часу тощо) ознаки (об'єкта, процесу, явища).

Кожен експерт має можливість в процесі послідовних турів опитування змінити свою думку без публічної заяви про це, а відповідно, і без втрати своєї репутації. Анонімність означає також, що будь-яка ідея може розглядатися з точки зору її переваг, безвідносно до того, яку оцінку – чи то високу, або низьку – отримав автор ідеї зі сторони окремих учасників цієї групи (група – це колектив експертів; тур – це кожне наступне подання анкети на розгляд).

*Зворотний зв'язок* – одна із основних властивостей дельфійської процедури. Регульований зворотний зв'язок досягається шляхом проведення декількох турів опитування. Класичний метод Дельфі передбачає чотири тури опитування. Після кожного туру відповіді

експертів узагальнюються, визначається система усереднених показників і разом з додатковою інформацією результати розрахунків надсилаються експертам, що дозволяє уточнити і скорегувати початкові відповіді. Така процедура повторюється до досягнення прийнятної збіжності сукупності висловлених суджень.

Таким чином, використання результатів попереднього туру опитування, доповнене статистичними характеристиками групової відповіді, дозволяє кожному експерту познайомитись з думками своїх анонімних колег, порівняти свої відповіді з узагальненими висновками всієї групи експертів.

*Обробка даних експертизи* полягає у визначенні системи показників, які дозволяють оцінити, наскільки відповідь кожного експерта відповідає точці зору групи експертів цілому. Так, при прогнозуванні терміну настання певної події або оптимальної величини певного параметра, характеристики, як узагальнюючі показники експертної оцінки всієї групи, зазвичай, використовуються медіана і квартилі.

Медіана ділить упорядкований ряд на дві рівні частини і відповідає середньому члену ряду, побудованого в порядку зростання (ранжований ряд). Медіана показує величину варюючої ознаки, якої досягла половина одиниць сукупності.

Квартиль – це значення ознаки, що відповідає членам ряду, віддаленої від початку на 14 (нижній квартиль) та 34 (верхній квартиль).

Отже, медіана і квартиль ділять упорядкований ряд чисел на чотири частини. Прийнято вважати, що медіана характеризує узагальнену думку групи експертів, а «крайні» значення оцінок, що потрапили за межі верхнього квартиля і нижнього квартиля, знаходяться поза інтервалом довіри.

Ознайомившись з результатами статистичної обробки даних анкетного опитування, експерти, чії оцінки мають «крайні» значення, тобто не попали в інтервал довіри, можуть при бажанні внести відповідні корективи у свої попередні оцінки, або при незмінності своєї позиції, на прохання організаторів експертизи, обґрунтувати свою точку зору і пояснити причини розбіжностей з думками більшості групи.

Наявність полярних точок зору може бути результатом неоднакової інтерпретації окремими експертами початкової інформації, нечіткістю сформульованих питань і, нарешті, наявністю в складі групи представників різних наукових шкіл. Тому додаткова інформація може сприяти прийняттю експертами вірних рішень і тим самим посилити загальну ступінь узгодженості думок експертів.

Багатотурове опитування і наявність в результаті цього зворотного зв'язку дозволяє організаторам експертизи звертатися до експертів з проханням переглянути свої крайні оцінки, що врешті-решт призводить до звуження діапазону оцінок.

Разом з тим, в процесі узгодження думок експертів мимоволі виникає питання, за рахунок чого зменшується статистичний розкид індивідуальних оцінок експертів групи: підвищення рівня знань і проникнення в зміст, логіку досліджуваного об'єкта, як результат, багатотурового опитування, або пристосування окремих експертів до судження більшості експертів групи.

Тому цілком справедливі сумніви, «наскільки збіжність відповідей, яка досягається у типовій групі, є результатом дійсно глибокої і продуманої одностайності, а наскільки – просто результатом замаскованої схильності менш впевнених у своїх оцінках експертів уникнути розбіжності з більш впевненими».

Варто також підкреслити таку суттєву обставину. Вважається, що анонімність опитування, яка притаманна методу Дельфі, усуває будьякий зовнішній вплив на судження експертів. Однак постійне нагадування експертам, які мають свою точку зору, про те, що оцінки їх значно відрізняються від оцінок більшості групи, посилює мимоволі ефект пристосування, а не зменшує його, як це декларується при описанні змісту методу Дельфі.

Варто також звернути увагу на ту обставину, що на результати дослідження за методом Дельфі неминуче будуть впливати суб'єктивні фактори: кожен експерт – це індивідуальність, зі своїми сильними і слабкими людськими якостями. Це, природно, позначається на його оцінках, які нерідко можуть негативно сприйматися іншими колегами групи. При цьому елементи суб'єктивізму в дослідження вносять як експерти, так і організатори експертизи. Однак це є неминучою платою за можливість отримати кількісні оцінки за результатами експертизи, тоді як раніш обмежувалися тільки якісними характеристиками.

Підсумовуючи сказане, можна з всією очевидністю стверджувати, що збір і обробка даних індивідуальних думок експертів у будь-якій області дослідження за методом Дельфі здійснюється таким чином:

1. Питання в анкетах поставлені так, щоб відповіді на них обов'язково мали будь-яку кількісну характеристику.
2. Опитування експертів проводяться у декілька турів, в ході яких питання і відповіді систематично уточнюються.
3. Ознайомлення всіх опитуваних експертів-учасників експертизи з результатами опитування проводиться після кожного туру.
4. Одержання від експертів обґрунтування своїх думок у випадку, коли оцінки їх думок значно відрізняються від думок більшості.

5. Послідовна від туру до туру статистична обробка відповідей з метою отримання узагальнюючих характеристик результатів експертизи.

В останні роки з метою усунення окремих недоліків розвитку і вдосконаленню методу Дельфі приділяється велика увага.

Так, для зменшення тиску на експертів пропонується змінити механізм зворотного зв'язку: експертам повідомляється не медіана, яка відіграє результативну роль для оцінки альтернативи, а лише квартилі і децилі.

Рекомендується внести зміни у процедуру опитування, де передбачається послідовне розширення числа експертів, що приймають участь у експертизі. Експерт, який включається в склад групи на черговий тур, подає обґрунтування даної ним оцінки і знайомиться з обґрунтуваннями оцінок експертів, які були залучені раніше. Його обґрунтування зі збереженням процедури анонімності повідомляється всім залученим раніш експертам, кожен із яких повинен або підтвердити свою попередню оцінку, або внести відповідні корективи. Процедура проводиться до тих пір, поки оцінки експертів не стабілізуються.

Запропонована процедура має такі переваги: відсутність тиску на експерта усередненої думки групи. Експерти отримують більше інформації у виді аргументації оцінок всіх експертів, які приймають участь у експертизі. Однак ця процедура чутлива до зміни порядку підключення експертів до опитування. Якщо з початку підключити найбільш компетентних експертів, які володіють основним об'ємом інформації, то це приведе до більш швидкої стабілізації оцінок, однак час, витрачений при цьому найбільш компетентними експертами, зростає.

Змінились погляди організаторів експертизи на кількість турів опитування. Канонізація кількості турів, запропонованих авторами метод Дельфі, як свідчать дослідження, невиправдана.

Кількість турів опитування залежить, насамперед, від складності досліджуваного об'єкта. Так, у деяких дослідженнях буває потреба у проведенні не менше п'яти турів. Однак у інших випадках буває достатньо і двох турів опитування, якщо досягається прийнятний рівень узгодженості думок експертів і збільшення кількості турів не поліпшує результати дослідження.

Таким чином, метод Дельфі може бути удосконалений за рахунок оптимізації кількості турів опитування. Оскільки поки не існує певної відповіді на питання про необхідне число турів опитування, рекомендується для цього вважати три тури оптимальною кількістю, доки не появляться інші експериментальні докази.

«Косметичним» поліпшенням не обмежилося удосконалення методу Дельфі. Для усунення серйозних недоліків було запропоновано ряд модифікацій методики Дельфі, окремі елементи яких навіть не відповідають вимогам «класичного» методу.

Прикладом розвитку і удосконалення методу Дельфі є розробка SEER (System for Evolutions and Review) – система огляду та оцінки подій.

Методика SEER передбачає лише два тури опитування. В кожному турі залучається різний склад експертів. Експерти першого туру – спеціалісти промисловості або інших галузей народного господарства; експерти другого туру – найбільш кваліфіковані спеціалісти з органів, що приймають рішення, а також спеціалісти з сфер природничих і технічних наук.

Експерти кожного туру практично не переглядають свої відповіді, за виключенням тих випадків, коли їх відповідь виходить з встановленого інтервалу, в якому знаходиться переважна більшість оцінок (наприклад, інтервалу, в якому знаходиться 90 % всіх оцінок).

Використання методики SEER дозволяє позбавитися суттєвого недоліку методики Дельфі – її громіздкість внаслідок необхідності нерідко проводити багатотурове опитування. Останнє дратує експертів, оскільки після кожного туру виникає потреба «переварити» значний об'єм інформації. До того ж досить тривала перерва між окремими турами вимагає від експертів знову і знову включатися в зміст дослідження.

Іншою модифікацією класичного методу Дельфі є методика «Початок – з чистого листа». Розробка вказаної методики обумовлена тим, що в першому турі перед деякими членами експертної групи виникають труднощі психологічного характеру, оскільки ситуація безструктурна, і тому деякі експерти не знають з чого почати. Водночас, ніхто не може дати гарантії, що прогнози, розроблені групою експертів протягом першого туру опитування, будуть відповідати вимогам, які пред'являють до них організатори експертизи.

До того ж по мірі уточнення і звуження формулювання досліджуваної проблеми протягом ряду турів цілком можлива ситуація, коли один або декілька членів групи можуть не виявитися експертами в даній вузькій сфері знань. Тому суть методики «Початок – з чистого листа» в тому, що перший тур опитування проводиться з однією групою експертів, подальші тури опитування, починаючи з другого, проводяться з іншою групою експертів. Частково склад груп може співпадати.

В процесі практичної реалізації методу Дельфі відомі і інші випадки відмов від жорстких вимог застосування, наприклад, виключається анонімність. Умови анонімності використовуються для того, щоб доводи експертів оцінювались на основі їх власних переконань, і щоб при цьому думка експерта, яка збігається, або навпаки, не збігається з думками більшості групи не впливала на його судження.

Однак в деяких випадках постає дилема: вибирати між виключенням певної анонімності і повною відмовою від використання методу Дельфі. Оскільки відмова від деякої анонімності зберігає певні переваги методу Дельфі, то має сенс скористатися такою модифікацією, яка отримала нову назву «Спрощений метод Дельфі». Такий підхід дозволяє значно прискорити процес дослідження.

Отже, відмовившись від анонімності можна зберегти решту переваг методу Дельфі, наприклад, в певних ситуаціях скористатись особистим спілкуванням експертів групи.

Для удосконалення методу Дельфі важливе значення має поєднання розробленої методики дослідження з новітніми способами формування, передачі, накопичення і обробки інформації.

Варто ще раз звернути увагу на те, що незважаючи на окремі недоліки, метод Дельфі є одним з найбільш перспективних методів формування групової оцінки експертів. Він уявляє собою крок вперед у розробці методів експертної оцінки. Серед безперечних переваг слід виділити відносну простоту методичного апарату, що робить цей метод популярним і привертає до нього широке коло дослідників.

Відносна простота методики дослідження пояснюється тим, що експертні методи не являються формальними у суворому розумінні слова. До того ж вони допускають широке поле для творчої імпровізації, особливо при складанні анкет, де досвід та інтуїція значно перевершують формалізовану алгоритмізацію методики дослідження. Ознайомлення з методом Дельфі нашвидкуруч створює обманливу ілюзію про безмежні можливості його при вирішенні складних проблем без серйозної організаційної і методичної підготовки.

Деяким організаторам експертизи видається, що достатньо лише сформувати представницьку групу спеціалістів, які мають професійні

знання і зацікавленість у вирішенні певної проблеми, з'ясувати їх думку на основі простих питань, отримати негайні і конкретні відповіді, а потім нашвидкуруч обробити результати опитування, підготувати відповіді замовникам дослідження і проблема буде вирішена.

Такий поверхневий підхід без дотримання основ теорії і методики експертного опитування може призвести до одержання незадовільних результатів, несвідомого, а інколи свідомого викривлення результатів дослідження, що врешті решт може створити негативне ставлення до методів експертного опитування у широкого кола спеціалістів і керівників.

Єдино можливим способом одержання науково обґрунтованих результатів при дослідженні об'єктів (явищ, процесів) і особливо складних – це суворе дотримання основних постулатів методів експертного опитування, глибокий кількісний і особливо якісний аналіз всіх етапів проведення експертизи і, найголовніше, результатів дослідження.

Оптимізм дослідників повинен ґрунтуватися на глибокому знанні змісту досліджуваного процесу, майстерному володінню методикою дослідження.

#### **1.4 Методи генерування ідей**

При розробці прогнозів доводиться стикатися з великою кількістю альтернативних варіантів, кожен із яких в свою чергу залежить від сукупності факторів. Аналогічне відбувається в процесі пошуку ефективних управлінських рішень. Крім того, при розв'язанні складних проблем неодноразові випадки, коли розробники прогнозів інколи натикаються на «неподолану стіну» через недостатні знання у певній галузі.

Для вирішення зазначених та інших проблем, пошуку ідей і рішень на початку сорокових років XX століття почали широко використовувати методи колективної генерації ідей.

Методи генерування ідей є різновид методів експертної оцінки, однак між ними є певні відмінності. Так, методи генерування ідей обмежуються, як правило, лише якісними оцінками без кількісної визначеності. Найчастіше вони служать опорою, трампліном для розв'язання конкретних проблем і орієнтовані в основному на виявлення факторів і напрямків розвитку, вибір оптимальних варіантів рішень.

Генерування ідей, як результат розумового процесу, творчих здібностей людини, нарівні з експертними оцінками формують основу евристичних методів прогнозування.

Існують такі методи генерування ідей:

- 🕒 метод «мозкової атаки»;
- 🕒 метод «синектика»;
- 🕒 метод «морфологічного аналізу».

Розглянемо детальніше кожен із наведених методів пошуку нових ідей і рішень.

### **Метод «мозкової атаки»**

Суть цього методу полягає у тому, щоб створити відносно невелику групу спеціалістів високого рівня із 10–15 чоловік, поставити перед ними завдання і одержати від них продуктивні ідеї з проблем, які викликають інтерес у дослідника. В задачу групи входить, насамперед, знайти неординарні управлінські рішення в умовах крайньої невизначеності.

Для творчої роботи групи слід провести певні організаційні заходи. Так, за декілька днів до початку сесії (наради) її учасникам в усній або письмовій формі слід надати загальну інформацію про проблему, яка

підлягає обговоренню. Основна інформація про досліджувану проблему надається учасникам сесії безпосередньо перед її початком

Бажано, щоб питання яке виноситься не сесію, за своєю внутрішньою структурою було простим. Тому складні питання слід розділити на складові частини з чітко сформульованою проблемою, що стимулює ефективність «мозкової атаки» або «мозкового штурму».

Групу експертів бажано розмістити на заміській базі за декілька днів до початку проведення «мозкової атаки», щоб дати можливість членам групи відпочити і налаштуватися на плідну роботу. Під час сесії потрібно створити невимушену обстановку.

Нарада за методом «мозкової атаки» повинна генерувати значну кількість ідей, причому кожна ідея, якою б абсурдною вона на перший погляд не здавалась, повинна бути ретельно розглянута і оцінена, пам'ятаючи, що навіть явне безглуздя інколи може підштовхнути думку до корисної ідеї.

Засновник методу А. Осборн пропонував при колективній генерації нових ідей і рішень заборонити критику і проводити пошук послідовно в два етапи, двома групами. Перша група – «генератори» – пропонують ідеї, суворо дотримуючись правила «заборони критики». Друга група – «експерти» – обмірковують та аналізують ідеї, висунуті генераторами.

В останні роки, внаслідок модифікації методу «мозкової атаки», розроблені різні підходи до проведення наради експертів [30].

В залежності від відсутності або наявності зворотного зв'язку між організаторами (аналітиками) і учасниками «мозкової атаки» розрізняють два методи – *віднесена оцінка (ВО)* і *деструктивна віднесена оцінка (ДВО)*.

Метод «мозкової атаки» (віднесена оцінка) регламентується такими правилами:

⌚ забороняється критична оцінка висунутих ідей (класичний варіант «мозкової атаки»);

⌚ обмежується термін одного виступу;

⌚ допускаються багаторазові виступи одного учасника;  $\frac{3}{4}$  усі висловлені ідеї обов'язково фіксуються.

Оцінка висунутих ідей здійснюється аналітиками на наступних етапах дослідження.

Вільне висловлення думок без критичної оцінки їх сприяє лавиноподібному висуванню ідей. Висловлена одним з членів групи ідея породжує або творчу, або критичну реакцію. Оскільки згідно правил заборонена критика думок експертів, то із негативної реакції народжуються позитивні, тобто продуктивні результати.

Як свідчить досвід використання методу «мозкової атаки», групове мислення генерує на 70 % більше цінних нових ідей, ніж сума індивідуальних мислень.

В силу своїх особливостей, метод «мозкової атаки» є ефективним засобом актуалізації творчого потенціалу спеціалістів.

Це пояснюється тим, що в процесі спілкування з колегами, численних засідань і дискусій, учасники колективної генерації ідей поступово тренують і розширюють свій інтелект, що в решті-решт дозволяє по новому бачити досліджувану проблему, критично відноситись до нових висунутих ідей і відшліфувати свої власні ідеї.

В результаті колективної генерації ідей формується система ідей, серед яких цінними є ідеї, які виникли як процес розвитку раніш висловлених ідей.

Через те, що результати «мозкової атаки» є плід всієї групи спеціалістів, ні одна пропозиція не персоніфікується. Це пояснюється тим, що висловлена ідея могла належати і іншому учаснику, який очікував,

коли йому нададуть слово. Крім того, окремі ідеї можуть бути підказані ідеями, які були висловлені дещо раніше.

В процесі «мозкової атаки» (віднесена оцінка) висувається від 50 до 150 різних ідей, тоді як під час індивідуальної роботи висувається приблизно 10–20 ідей.

Для прикладу, компанія «Дженерал Електрик» за 30 хвилин сесії одержала 175 ідей розв'язання задачі оптимального з'єднання двох електроприводів.

Якщо виходи з принципу, що метод «мозкової атаки» ґрунтується на гіпотезі, що серед великої кількості ідей є принаймні декілька гарних ідей, то, природно, виникає проблема вибору оптимальних ідей із сукупності запропонованих.

Заборона обговорення висунутих ідей дозволяє, з одного боку, ознайомитись з різними підходами до вирішення проблеми, однак, з другого боку, обмежує можливість сконцентрувати увагу учасників на більш продуктивних ідеях, оцінених за певними критеріями.

Для усунення зазначених недоліків розроблений метод «мозкової атаки» – деструктивна віднесена оцінка (ДВО), який дозволяє оперативно проводити оцінку значного числа варіантів. Суть цього методу полягає в тому, щоб активізувати учасників «мозкової атаки» на генерування значної кількості ідей з наступним деструктуванням (руйнуванням) раніш висунутих ідей і на їх основі формувати контрідії. Цей метод передбачає декілька етапів.

*Перший етап* передбачає формування групи учасників «мозкової атаки» за кількістю і складом. Склад групи повинен бути із осіб приблизно одного рангу, якщо учасники знають один одного, або із осіб різного рангу, якщо учасники не знайомі між собою.

*Другий етап* включає постановку задачі перед учасниками «мозкової атаки», яка оформлена у вигляді проблемної записки. Вона складається групою аналізу і включає опис методу деструктивної віднесеної оцінки (ДВО) та опис проблемної ситуації. Опис методу ДВО містить описання принципу, на якому базується метод, описання умов, що забезпечують найбільшу ефективність «мозкової атаки», авторство результатів «атаки», основні правила проведення «атаки».

Опис проблемної ситуації містить: описання, аналіз і можливі наслідки проблемної ситуації, що виникла; аналіз світового досвіду розв'язання аналогічної проблемної ситуації, якщо така має місце; систематизація існуючих шляхів розв'язання проблемної ситуації; формування проблемної ситуації з можливою її деталізацією.

*Третій етап* – генерація ідей. Але перед цим ведучий звертає увагу на правила проведення «мозкової атаки»:

- 🕒 вислови учасників повинні бути чіткими і стислими;
- 🕒 не допускаються скептичні зауваження і критика попередніх виступів;
- 🕒 кожний учасник має право виступати багато разів, але не підряд;
- 🕒 не дозволяється зачитувати підряд список ідей, який може бути підготовлений учасниками заздалегідь.

Ведучий своїми активними діями повинен сприяти висуванню продуктивних ідей, максимально «запалювати» учасників наради на плідну працю по розгляду і оцінці всіх без винятку ідей.

*Четвертий етап* – це систематизація ідей, які висловлені на етапі генерації. Цю роботу здійснює група аналізу в такій послідовності: складається перелік всіх висловлених ідей; кожна ідея формулюється у загальноприйнятих термінах; виявляються дублюючі і доповнюючі ідеї,

які потім об'єднуються і формулюються у вигляді однієї комплексної ідеї; виділяються ознаки, за якими ідеї можуть бути об'єднані. Після такого об'єднання ідей складається їх перелік за об'єднаними групами.

*П'ятий етап* – деструктування (руйнування) систематизованих ідей. На цьому етапі кожна ідея піддається всебічній критиці з боку учасників «мозкової атаки» на предмет можливості її реалізації. На цьому етапі можуть бути висунуті продуктивні контрідеї, які дозволяють зняти перешкоди або обмеження на шляху реалізації ідей.

Всі висловлені критичні зауваження записуються на магнітофон.

*Шостий етап* – ретельна оцінка зауважень і складання списку ідей, які можуть бути використані.

Цей етап здійснює група аналізу проблемної ситуації. Вона повинна скласти перелік всіх критичних зауважень і зведену таблицю систематизованих ідей, порівняти їх.

Нарешті, складається кінцевий список ідей, які не спростовані критичними зауваженнями, а також список контрідей. Списки ідей і контрідей необхідно оформити в таблиці, де повинні бути задані ознаки, що дозволить систематизувати їх по вибраній шкалі.

Таким чином, результати генерації ідей методом «мозкової атаки» є певна система ідей, причому найбільшу цінність мають ідеї, які виникають як результат об'єднання двох і більше ідей, так звані синтезуючі ідеї, а також ідеї, які є результатом розвитку раніш висунутих ідей.

У групу генераторів ідеї не запрошують природжених скептиків і критиканів; навпаки намагаються залучити людей з фантазією; включають спеціалістів суміжних професій і одного-двох чоловік «зі сторони», які не мають ніякого відношення до поставленої задачі (лікаря, перукаря, поштового працівника).

Слід звернути увагу на те, що у запрошеного «зі сторони» немає минулого досвіду розв'язання поставленої задачі, і тому він буде пропонувати найнесподіваніші, хоча найчастіше цілковито неприйнятні рішення. До речі, багатьма творцями науки і техніки в різних формах висловлювалась думка про те, що неочікувані рішення нерідко знаходить не спеціаліст, а той, хто не знає про те, що певна задача є нерозв'язною. З історії науки і техніки можна навести багато прикладів про справедливість такого твердження.

Засідання «генераторів ідей» триває недовго, як правило, 30–50 хвилин. Сесією керує ведучий, від уміння якого багато в чому залежить ефективність роботи групи.

Ведучий повинен забезпечити додержання учасниками правил «мозкової атаки», не керуючись при цьому наказами і критичними зауваженнями.

Ідеї, які висловлюють учасники «мозкової атаки», протоколюються і фіксуються за допомогою магнітофону або інших сучасних засобів відтворення інформації.

Список ідей передається потім групі експертів, в завдання яких входить не тільки оцінка ідей, але і аналіз прихованих можливостей в кожній пропозиції.

### **Метод «синектика»**

Слово «*синектика*» в перекладі з грецького означає поєднання різнорідних і цілком не відповідних один одному елементів. Синектика має за мету об'єднати різних індивідів і дисциплін для вирішення певної проблеми.

«Синектика» відрізняється від «мозкової атаки» тим, що вона характеризується високим рівнем синекторів (членів синектичної групи).

Метод «синектика» базується на мисленні групи експертів з орієнтацією на аналогії. Після встановлення і формулювання проблеми група експертів намагається в'яснити, яким чином подібні проблеми вирішуються в інших галузях (наприклад, якщо мова іде про певну технічну ідею, то можна спробувати знайти аналогії в ботаніці, зоології, хімії тощо). Далі, використовуючи виявлені аналогії і принципи вирішення подібних проблем, експерти намагаються розв'язати конкретну задачу, яка стоїть перед ними. Метод «синектика» розроблений фірмою «Синетикс».

Виходячи із особливості методу, бажано, щоб члени синектичної групи представляли якомога більше сфер діяльності. *Синектор* – це людина з широким кругозором яка має, як правило, дві спеціальності (наприклад, лікар, механік). Людина, яка займається різноманітною діяльністю, краще підготовлена для участі в синектичній групі, ніж спеціаліст, який все життя займається однією сферою діяльності. Людей оригінального і незалежного розуму і які до того ж мають підприємницьку «жилку» прийнято вважати більш підходящими кандидатами у синектичну групу, ніж тих, у кого ця риса характеру не дуже розвинена. Члени синектичної групи повинні характеризуватися емоційною зрілістю, здатністю до узагальнення, високим рівнем стимуляції, здатністю ризикувати, обов'язковістю. Група повинна складатися із спеціалістів, що знаходяться у нормальних особистих відношеннях, без ворожнечі, неприязні, що нерідко буває у груповій роботі. В процесі роботи кожний член групи повинен сприймати нараду як змагання і пропонувати задуману ідею у своїй інтерпретації. Протириччя, які виникають під час обговорення, слід, наскільки це можливо, пом'якшувати.

Створення синектичної групи, яка складається з 5–7 чоловік, потребує достатньо тривалого часу, приблизно рік. Тому на відміну від

групи «мозкової атаки», яка формується на короткостроковій основі, синектична група формується на триваліший період. Створені синектичні групи проходять спеціальну підготовку, при цьому досвідченіші синектори передають свій досвід новачкам.

Головне в методі «синектика» – це використання знань і досвіду кожного члена групи для визначення ідей і можливих шляхів їх реалізації. Спеціалісти-ботаніки намагаються показати, як з аналогічними проблемами справляється світ рослин, зоологи – світ тварин і т.д.

Синектична сесія проводиться спеціально підготовленими групами.

Раніше відзначалось, що метод «синектика» базується на використанні аналогії. Якщо інженери та винахідники використовують аналогії на аматорському рівні, то синекторів навчають професійному володінню процесами аналогування. Тому, якщо «мозкову атаку» можна розглянути як колективну науково-технічну самодіяльність, то роботу групи синекторів слід представляти як виступ професійного пошукового ансамблю.

Синектори працюють за певною програмою, яка удосконалюється з часом, як і програма підготовки самих синекторів.

*На першому етапі* синектори формують і уточнюють проблему, як вона подана. Особливістю цього етапу є те, що, як правило, ніхто із учасників сесії, крім керівника, не посвячений у конкретні умови задачі. Вважається, що передчасне конкретне формулювання задачі ускладнює абстрагування, не дає можливості вийти із звичайного ходу мислення.

*На другому етапі* формують «проблему як її розуміють». Розглядають можливість перетворити незнайому і незвичну проблему у ряд більш звичних задач. Кожний учасник повинен знайти і сформулювати одну із цілей поставленої проблеми. По суті, на цьому етапі проблема ділиться на підпроблеми.

*На третьому етапі* проводиться генерування ідей. Починається «екскурсія» в різних галузях техніки, живої природи, психології тощо для виявлення того, як аналогічні проблеми розв'язуються в задачах, далеких від поставленої проблеми.

*На четвертому етапі* здійснюється критична оцінка ідей експертами.

Синектичне засідання, яке триває, як правило, декілька годин, складає незначну частину загального часу вирішення поставленої задачі. Решту часу синектори вивчають і обмірковують одержані результати, консультуються з спеціалістами, експериментують, займаються пошуками кращих способів реалізації рішення.

Метод «синектика» показав себе як надзвичайно ефективний для підготовки рішень з особливо важливих проблем, про що свідчить використання його відомими американськими фірмами, зокрема, «Дженерел Електрик», ІБМ, «Зінгер» та ін.

Певна сукупність людей, організованих і об'єднаних для генерування продуктивних ідей, представляють собою по суті «мозковий центр». Про сутність і призначення «мозкового центру» досить образно і слушно відмітив Хіл Наполеон: «Що таке «мозковий центр», і для чого він потрібний? Це координація знань і зусиль – в дусі гармонії – двох або більше людей, об'єднаних прагненням до певної мети. Два інтелекти, що порозумілися, неминуче створюють третє поле, яке може бути уподібнене новому, третьому інтелекту. Людський мозок можна уподібнити еклектичній батареї. Відомо, що ланцюг із батарей виробляє більше енергії ніж кожна батарея».

### **Метод «морфологічний аналіз»**

Для вирішення завдань прогнозування науково-технічного прогресу широкого поширення набув морфологічний аналіз.

Термін «морфологія» використовується по аналогії з відповідними розділами біології (морфологія тварин), ботаніки (морфологія рослин), мовознавства (морфологічна класифікація мов) і т.д.

В цілому «морфологія» – це наука про форми і будову організмів.

Морфологічний аналіз, як один з широко розповсюджених методів творчого пошуку, базується на класифікації. Остання, дозволяє швидше і точніше орієнтуватися у різноманітності понять і факторів.

Сутність методу «морфологічний аналіз» полягає в поділу (класифікації) багатоаспектної проблеми на відносно незалежні частини, потім в пошуку всіх можливих рішень для практичної реалізації кожної із частин.

На першому етапі загальне число всіх можливих рішень дорівнює числу можливих комбінацій. Наприклад, якщо проблему поділяють на чотири частини, причому є три рішення для першої частини, чотири рішення для другої частини і по п'ять рішень для третьої і четвертої частин, то загальна кількість рішень для реалізації проблеми, що досліджується, становить  $3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 5 = 300$ .

Всі частини проблеми і підходи до їх вирішення розміщуються у так званому «морфологічному ящику», який умовно може бути зображений у вигляді матриці. Морфологічний ящик потенційно містить всі можливі рішення.

У кожному рядку матриці записується частина проблеми, а в клітинках – всі альтернативні шляхи їх вирішення.

Задача експертів полягає в тому, щоб уважно вивчити всі можливі підходи щодо вирішення кожної частини проблеми.

На першому етапі слід відмовитись від явно неприйнятних шляхів вирішення, а потім методом послідовного виключення досягти такого положення, коли для вирішення кожної частини проблеми залишається тільки один шлях (один напрямок, варіант, засіб).

Іншими словами, в кожному осередку морфологічного ящика буде міститися лише одне можливе рішення, або ящик взагалі не буде його мати. Наявність двох або більше рішень вимагає нових додаткових пошуків.

Морфологічний аналіз починається з певного рівня знань про об'єкт, що досліджується. Необхідність оцінки всіх без винятку можливих альтернатив вирішення проблеми і вибір найоптимальнішого напрямку вимагає від дослідника різнобічних і ґрунтовних знань з різних галузей. Все це сприяє підвищенню знань про об'єкт дослідження на якісно новий рівень.

Морфологічний аналіз може бути інструментом передбачення ще не створених винаходів, або, принаймні, засобом описання оптимальної конфігурації обладнання, призначеного для виконання певних функцій незалежно від того, чи пощастить зробити задумане з прийнятною ймовірністю. І якщо навіть не поталанило повністю досягти поставленої мети, проведене дослідження було корисним, тому що стало джерелом нових ідей, відправною точкою для подальшого аналізу і пошуку інших напрямків прогнозування.

Отже, при побудові морфологічного ящика мета не повинна обмежуватись лише знаходженням окремих рішень. В результаті поглибленого морфологічного аналізу можна прийти до нових ідей щодо можливих рішень, а звідси недалеко і до принципово нових технічних і організаційних нововведень.

## **ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1**

1. Запропоновано місце прогнозування у системі управління виробництвом.
2. Представлений зміст методів експертних оцінок.
3. Запропонована класифікація видів експертних оцінок та їх коротка характеристика.
4. Наведені методи генерування ідей.

## РОЗДІЛ 2

### СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

#### 2.1 Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень діагностики технічного стану будівель

Завдання системи управління технічного стану будівель і їх будівельних конструкцій зазнають в теперішній час істотних суттєвих змін. Для ремонтно-відновлювальних робіт спостерігаються тенденції, основні з яких приведені на рис. 2.1.

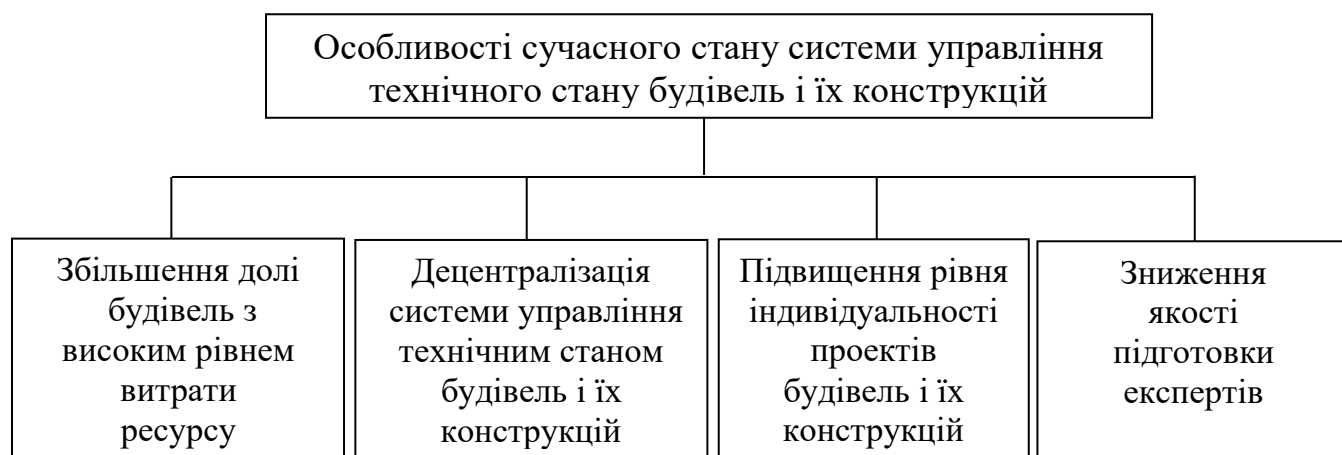


Рисунок 2.1 Особливості стану системи управління технічного стану будівель і їх конструкцій

Представлені на рис. 2.1 особливості які є причинами того, що зростає рівень невизначеності прийняття відповідних рішень системи управління технічного стану будівель і будівельних конструкцій.

Система управління технічного стану будівель і будівельних конструкцій обумовлює:

- неповною відповідністю розрахункових схем, що враховуються на етапі проєктування і розрахункових ситуацій в роботі будівельних

конструкцій;

- неоднорідністю міцнісних, деформаційних, структурних, теплозахисних, акустичних, хімічних та інших властивостей матеріалів, що використовуються в будівельних конструкціях будівель, а також властивостей, що визначають їх стійкість до зовнішніх дій і довговічність;
- невизначеністю і можливою мінливістю умов експлуатації будівлі, залежних від технологічних процесів, які здійснюються від зовнішніх чинників;
- відсутністю достатнього об'єму статистичних даних про властивості нових матеріалів і будівельних конструкцій будівель, що проявляються в процесі будівництва;
- невизначеною результативністю методів протидії негативним чинникам, які вживаються.

Всі ці особливості необхідно враховувати при плануванні робіт експертам, які відповідають при виконанні робіт та при визначенні фактичного стану.

Одним з найбільш перспективним напрямків в підвищенні ефективності системи управління технічного стану будівельних конструкцій та будівель в цілому в умовах невизначеності є застосування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Під інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень розуміють таку систему, в якій використовуються методи штучного інтелекту. Розглядається варіант побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в рамках якого застосовуються методи, що ґрунтуються на застосуванні задач нечіткої логіки при оцінюванні стану будівельних конструкцій та будівель в цілому. Основними відмінностями розглянутого підходу від відомих є спільний облік двох чинників невизначеності - нечіткості прийняття рішення по управлінню на основі

ретроспективних даних про технічний стан будівельних конструкцій будівель і нечіткості отримання поточної інформації при застосуванні інструментальних і експертних методів оцінок поточного технічного стану конструкцій будівель. Це дозволяє понизити загальний рівень невизначеності ситуації та отримати рішення про технічний стан будівель.

Такий підхід є актуальним для сучасного стану системи експлуатації будівель, що дозволяє підвищити ефективність процесу прийняття рішень щодо проведення необхідних дій в порівнянні з іншими відомими методами.

Об'єктом розгляду виступають конструкції будівель. Предметом дослідження являється процес формування прийняття рішень системи управління технічного стану будівель та їх основних конструкцій із застосуванням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

## **2.2 Математичні моделі системи підтримки прийняття рішень діагностики технічного стану конструкцій будівель**

Підвищити точність формування дій, можливо при спільному використанні накопиченої інформації, результатів поточного контролю і моніторингу стану основних конструкцій, а також результатів експертного висновку щодо ефективності заходів по забезпеченню довговічності основних конструкцій і будівель в цілому. Узагальнення різномірної інформації і отримання логічних висновків можливо на основі застосування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Розглянемо модель прийняття рішення з управління системи діагностики конструкцій і будівлі в цілому.

Припустимо, що стан конструкції будівлі характеризує один параметр (показник властивості). Позначимо його через  $x$ . Припустимо, що

параметр стану  $x$  основної конструкції доступний для спостереження і виміру інструментальними та експертними методами.

Припустимо, що для параметра  $x$  встановлена множина його станів, які складають вектор  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ . Наприклад, для основних конструкцій згідно нормативних документів прийнято п'ять рівнів стану – від працездатного до аварійного (ВСН 57-88(р). Положення щодо технічного обстеження житлових будівель). Нехай заходи щодо дії на досліджену конструкцію є вектор  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ . Кожному із станів  $x_i (i = 1(1)n)$  повинно бути зіставлені одно або декілька можливих дій  $y_j, y_j \in Y (j = 1(1)m)$ . Відповідність технічного стану конструкції заходам  $y_j (j = 1(1)m)$  має бути задане деяким правилом  $P$ .

На рис. 2.2 встановлені експертні правила відповідності дій на конструкцію.

Таким чином, можна сформуванати множину керованих дій  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ , до складу якого входять елементи структури вибору конкретної дії при зафіксованому в ході контролю стані  $x_f$  конструкції. Рішення системи управління  $u_i (i = 1(1)n)$  повинні формуватися системою підтримки прийняття рішень. Припустимо, що невідомість ситуації управління характеризується вектором  $\Omega = (W_1, W_2)$  умов невизначеності. Умова  $W_1$  характеризує невизначеність відповідності кожного  $u_i (i = 1(1)K)$  конкретному стану  $x$  через обмеженість початкових даних для опису зміни стану конструкції в умовах експлуатації будівлі і його реакції на можливі дії. Умова  $W_2$  характеризує невизначеність фактичного стану  $x_f$  параметру  $x$  при виконанні інструментального або експертного контролю конструкції при моніторингу технічного стану будівлі експертами.

Врахуємо невизначеність типу  $W_1$  введенням нечіткого опису технічного стану конструкції будівлі за допомогою лінгвістичної змінної  $\tilde{X}$ .

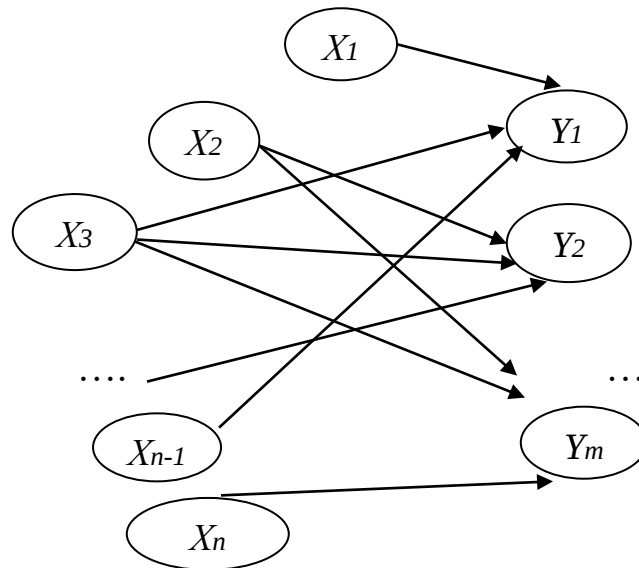


Рисунок 2.2 Експертні правила відповідності дій на конструкцію

Згідно виразу 2.1:

$$\dot{X} = \{X, \mu_x\}, \quad (2.1)$$

де  $\mu_x$  – функція приналежності лінгвістичної змінної  $\dot{X}$ .

Пропонується відповідність  $P$  знанням, що визначаються продукційними правилами типу “ЯКЩО ....., ТО”.

Таким чином, інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень по управлінню за технічним станом конструкції представляє собою операцію імплікації:

$$u^*: (\ddot{x} \rightarrow \bar{y}) / P \quad (2.2).$$

Розглянемо ситуацію, що пов’язана з фактором  $W_2$ . Припустимо, що через особливості системи контролю отримати точну кількісну оцінку  $x_f$  поточного стану конструкції немає можливості. При цьому результат контролю  $q_f$  конструкції представляє собою один із термів  $q$  множини  $Q$  термів значення контрольованого параметру. Наприклад, якщо нечітке значення  $\dot{X}$  контрольованого параметру  $x$  має значення “високий”, то терми  $q$  вказаного значення можуть мати вигляд “помірно високий”, “порівняно високий”, “не дуже високий”, “дуже високий”. В цьому

випадку параметр  $x$  конструкції може бути оцінений за непрямими ознаками, наприклад, у вигляді: “значення параметру досить високе”, при цьому вказується рівень приналежності результату контролю до одного з термів. Тому для кожного терма  $q$  лінгвістичної змінної  $x$  необхідно за результатами ретроспективної інформації побудувати функцію приналежності (ФП). При зроблених допущеннях, модель прийняття рішення, згідно використання заходу  $u_f$  по управлінню за технічним станом конструкції будівлі можна представити таким чином:

$$u^*(y_f) = W(q_f, P, y_f, / w_1, w_2), \quad (2.3)$$

де  $P$  – правило відповідності дії  $y_f$  фактичному стану  $q_f$  конструкції з урахуванням невизначеності двох типів.

В цьому випадку результат оцінки  $z_f$  технічного стану конструкції по контрольованому параметру  $x$  з урахуванням двох видів невизначеності є результатом перетину двох функцій приналежності – ФП параметра  $x_f$ , що характеризує продукційне правило (2.2) і ФП результату  $q_f$  поточного контролю технічного стану конструкції.

Максимальне значення отриманого в ході цього об’єднання ФП нечіткої змінної  $z_f$  буде представляти собою значення підсумкової ФП оцінки фактичного стану конструкції.

Цей висновок представлений співвідношенням:

$$\mu(z_f) = \text{heigt}(\check{g}_f \cap \dot{x}_f) = \sup \min(\mu(\check{g}_f), \mu(\dot{x}_f)). \quad (2.4)$$

Значення показника, що представлено у виразі (2.4), будемо називати  $a$  – рівнем результату  $\check{z}_f$  контролю стану конструкції. Після цього у відповідності з продукційним правилом (вираз 2.3) і управління  $u^*$  необхідно визначити вигляд керованої дії  $y_f$  на конструкцію по параметру  $x$ . Управління  $u^*$  для конструкції повинно відповідати фактичному стану  $x_f$  конструкції будівлі, що досліджена.

Послідовність дій щодо прийняття рішення про керовані дії системи діагностики конструкції і будівлі в цілому, що характеризується параметром  $x$ , представлена на рис. 2.3.

Таким чином, при отриманні рішення системи управління діагностики конструкції використовуються елементи штучного інтелекту, тому система що реалізовує цю процедуру може бути віднесена до класу інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Надалі розглянемо розрахунковий приклад, що характеризує застосовність розробленої методики.



Рисунок 2.3 Етапи підготовки прийняття рішення системи діагностики конструкції і будівлі в цілому

## 2.3 Розрахунковий приклад інтелектуальної системи прийняття рішень діагностики технічного стану конструкцій будівель

**Постановка задачі.** Ця будівля є прикладом порушення правил експлуатації, що виражається в несвоєчасному захисті стіни будівлі від зволоженості та викликане пошкодженням покрівлі (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 Фрагмент пошкодженої стіни будівлі

Параметром  $x$  її стану являється залишковий ресурс надійності в роках експлуатації. До множин дій відносяться зміцнення конструкції, розбирання частини стіни будівлі, знос будівлі. Передбачається, що за результатами аналізу ретроспективної інформації, передбачені границі зміни параметру  $x$ , які знаходяться в межах інтервалу  $\{0,4\}$  років. При цьому експерт описує даний параметр як лінгвістичну зміну “залишковий ресурс”.

Для числового опису даного параметру використовується дзвоникоподібна функція приналежності з показниками  $b=2,2$  роки і  $c=0,4$ .

Експертне виведення припускає для нечіткої величини керовану дію, яка має дзвоникоподібну функцію приналежності з параметрами  $b=100$  і  $c=50$ . Рівень дій в даному випадку може визначатися вартістю заходів, наприклад, в долях відсотків від вартості повної заміни конструкції.

Тоді значення нечіткої змінної, що характеризує управління за технічним станом конструкції, може мати границі зміни  $\{0;100\}$ .

Особливості системи контролю конструкції будівлі не дозволяють отримати точне значення параметру  $x$ . Поточне значення параметру конструкції оцінюється експертно за непрямими ознаками. Для кожного з можливих станів конструкції вводяться терми  $q$ , що мають вигляд: “залишковий ресурс дуже низький”, “залишковий ресурс низький”, “залишковий ресурс задовільний” Для кожного з вказаних термів експертним способом визначена на основі ретроспективної інформації відповідна ФП. При дослідженні поточного стану стіни, експерти отримали висновок, що  $q_f=1,8$  роки, де  $q_f$  – оцінка значення залишкового ресурсу конструкції. Для розрахунків використовуються припущення, що терму “залишковий ресурс низький” відповідає дзвоникоподібна ФП з наступними показниками: координата максимального значення ФП рівна 1,8 року; коефіцієнт концентрації дорівнює 0,1.

### **Необхідно.**

Підготувати обґрунтований варіант рішення щодо системи інтелектуального управління технічного стану конструкції (пошкодженої стіни будівлі).

### **Рішення задачі.**

#### ***Розглянемо два варіанти постановки завдання.***

Перший варіант завдання полягає в тому, що результат  $q_f$  контролю конструкції розглядається як чітке число. Прийняття рішення для цього

результату приведені на графіку (рис. 2.5). Синя стрілка показує спосіб реалізації продукційного правила  $P$  для даного результату контролю.

Ідея здійснення процедури інтелектуального вибору рішення, представлена на графіку (рис. 2.6).

Червона стрілка на графіку (рис. 2.6) визначає дію, яка експертно встановлена прийнятним рівнем витрат, що здійснена на управління при зафіксованому поточному стані конструкції. Цей стан виражений чітким значенням  $q_f$  параметру, рівним 1,8 року.

Розглянемо другий варіант рішення задачі.

Параметр стану стіни представляє собою нечітку величину з декількома термами. Як і в першому прикладі, зміна параметра  $x$  “залишковий ресурс” знаходиться в межах інтервалу  $\{0; 4\}$  роки. Проте тепер результат  $q_f$  оцінювання технічного стану конструкції характеризується термом “залишковий ресурс низький”, що має відповідну ФП. Цей результат представлений на рис. 2.7.

Отримаємо тепер оцінку  $z_f$  на основі реалізації правила перетину двох нечітких великих кількостей відповідно до виразу (2.4). Дана дія відображена на рис. 2.7.

Значення ФП результату контролю, представляють собою мінімальне значення для двох даних ФП при одних і тих же числових значеннях параметру стану конструкції. Підсумкова ФП представляє на рис. 2.15 вигляд залежності, що представлено на графіку червоним кольором. Максимальне значення цієї підсумкової ФП відповідає рівню  $a$ . Для вибору дії, початкова ФП (див. рис. 2.6) відсікається на рівні  $a$ . Підсумкова ФП інтелектуального рішення представлена на рис. 2.9 (графік зеленого кольору).

Для визначення чіткого аргументу по управлінню за технічним станом конструкції можна скористатися методом “центру тяжіння”. В

даному випадку, точка “А” на рис. 2.7 – 2.8 відповідає “центру тяжіння” ФП прийнятого рішення. Синя стрілка, початок якої знаходиться в “центрі тяжіння”, визначає доцільне рішення по управлінню за технічним станом конструкції. Порівняння ФП отримуваних рішень для двох варіантів завдання по управлінню за станом конструкції) показує, що зниження рівня визначеності контролю стану приводить до підвищення ціни необхідних дій.

Це відповідає реальній ситуації експертного оцінювання стану конструкції, коли знижується впевненість експерта у формулюванні виводу при “розмиванні” умов отримання експертного висновку і він вважає за краще “підстрахуватися”, вибираючи найбільш ефективніший спосіб впливу на конструкцію, яка являється при цьому найбільш дорожчим.

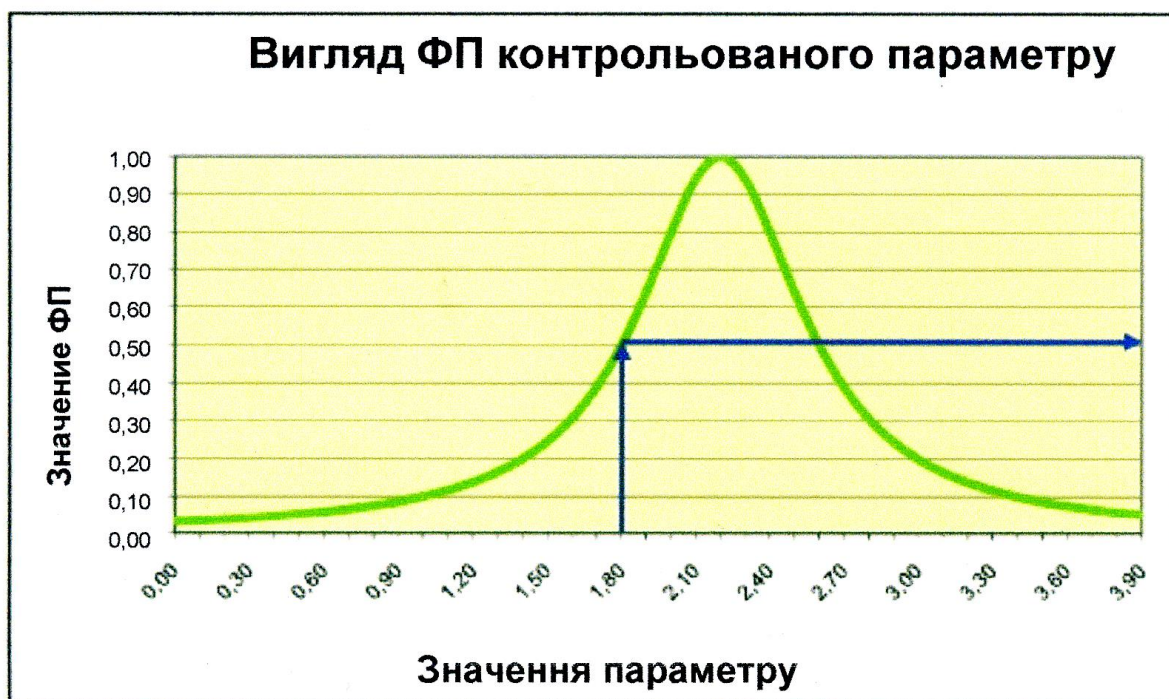


Рисунок 2.5 Вид ФП для значення параметру стану “залишковий ресурс”



Рисунок 2.6 Вигляд ФП для можливих керівних дій

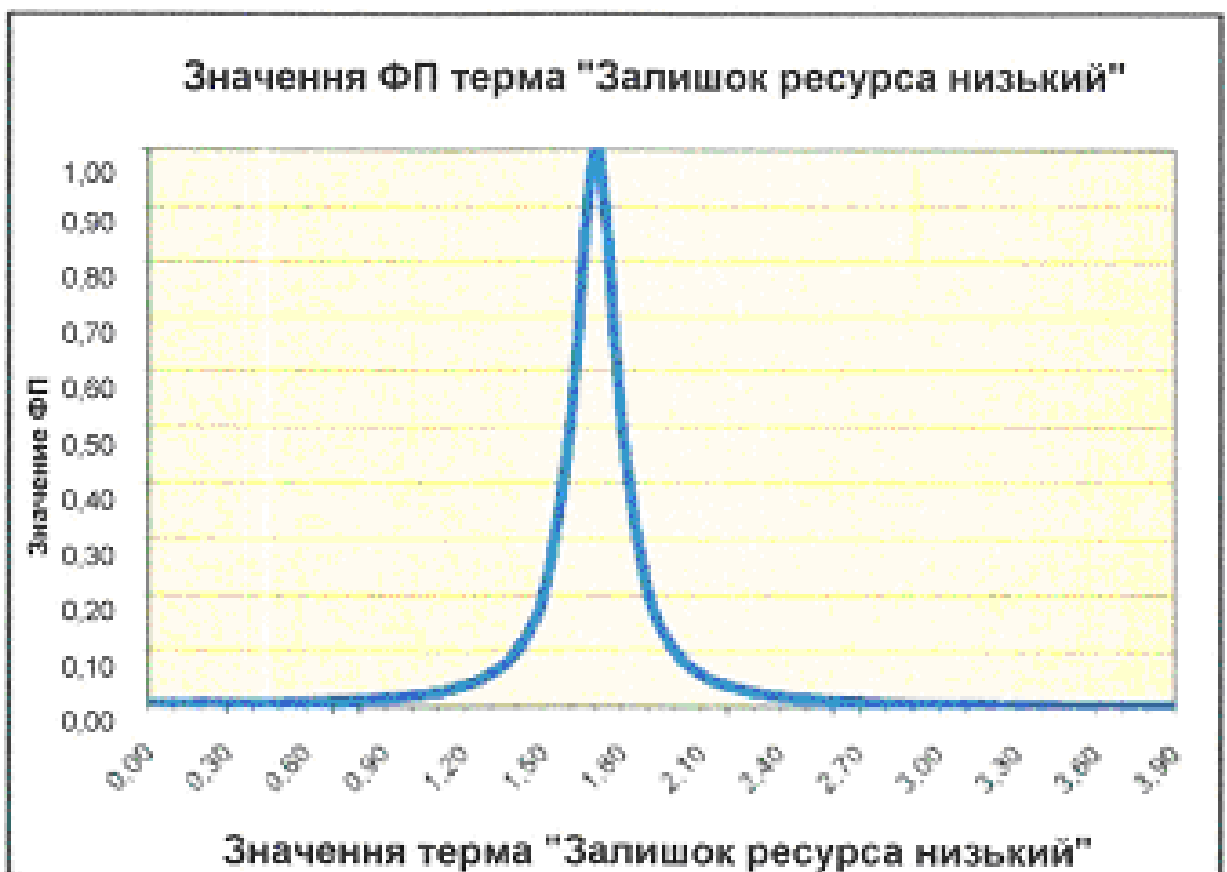


Рисунок 2.7 Вигляд ФП для значення  $q_f$  терма “залишковий ресурс низький”

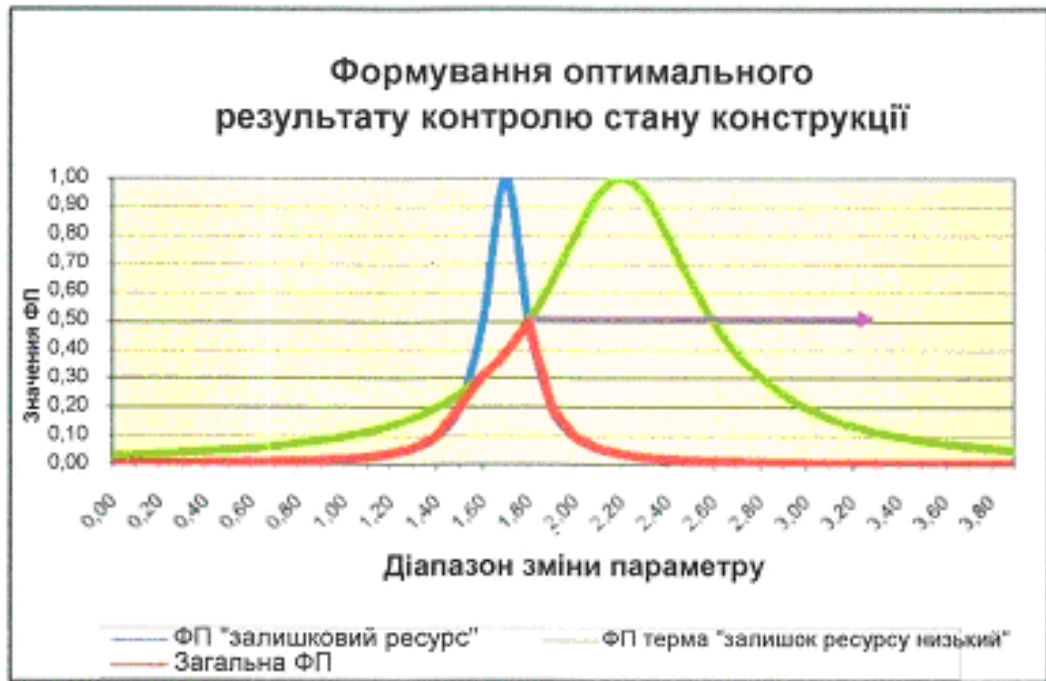


Рисунок 2.8 Вигляд ФП для оцінки стану конструкції при нечіткому контролі

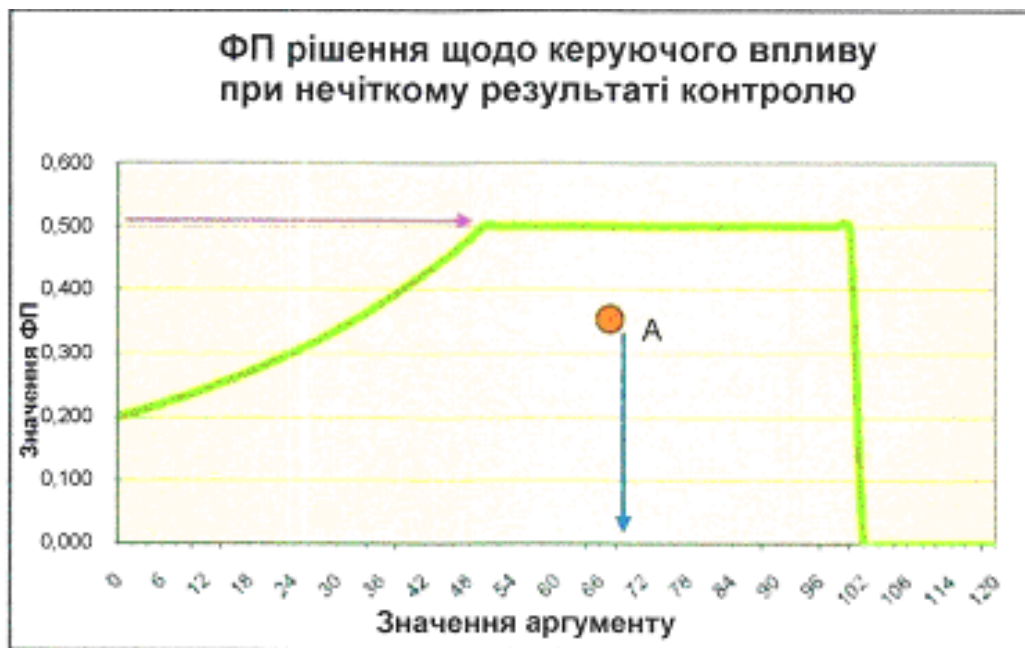


Рисунок 2.9 Вигляд підсумкової ФП для прийняття рішення по управлінню за технічним станом конструкцій при нечіткому контролі

Використовуючи апарат нечіткої логіки можна побудувати модель інтелектуального прийняття рішення технічного стану конструкцій будівель. Основними елементами моделі є описи нечіткого продукційного виведення і нечіткого контролю стану конструкцій будівлі при формуванні яких використовуються інструментальні засоби і знання експертів. Отримані при моделюванні рекомендації дозволяють точніше визначити витрати на експлуатацію будівель за рахунок обліку істотних невизначеностей, характерних для даного типу об'єктів. Виходом є вдосконалення систем підтримки прийняття рішень в напрямі узагальнення знань і досвіду експертів за результатами інструментального і візуального контролю конструкцій.

## **ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2**

1. Представлені системи підтримки прийняття рішень.
2. Запропоновані інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень діагностики технічного стану будівель.
3. Розроблені математичні моделі системи підтримки прийняття рішень діагностики технічного стану будівель.
4. Наведений розрахунковий приклад інтелектуальної системи прийняття рішень діагностики технічного стану будівель.

## **РОЗДІЛ 3**

### **МОДЕЛІ І МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

#### **3.1 Моделі та методи формування експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівель**

Існують декілька підходів до вирішення задач, які базуються на експертній обробці даних та побудові моделей та методів діагностики технічного стану будівель.

Одним з напрямків, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації будівель є моделі та методи формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану будівель. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану будівель; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління обстеження та діагностики технічного стану будівель; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки обстеження технічного стану об'єктів будівництва. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження будівель.

При побудові експертної оцінки формується експертна група, яка після проведення попереднього огляду будівлі та визначення необхідних

обсягів робіт, на другому етапі обстеження, визначають дефекти та пошкодження основних конструктивних елементів будівлі.

*Метод формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану будівель (етапи):*

1. Формування ознак пошкоджень (ранжування) – ( $m$ ).
2. Формування експертної групи:
  - призначається кількість експертів ( $h$ );
  - в залежності від відповідей експертів формується матриця-рядок

по кожній  $j$ -тій ознаці пошкодження:

$$Y_j = |a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{hj}| \quad (3.1);$$

- знаходиться середнє значення оцінок групи по  $j$ -тій ознаці пошкодження:

$$A_j = (\sum_{t=1}^h a_{tj})/h \quad (3.2);$$

- визначається відхилення оцінки кожного експерта від середнього значення оцінок групи по всім  $j$ -тим ознакам пошкодження  $\Delta_{tj} = |a_{tj} - A_j|$ , в результаті формується матриця відхилень:

$$D = ||D_j|| = \left\| \begin{array}{cccc} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \dots & \Delta_{h1} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \dots & \Delta_{h2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{1m} & \Delta_{2m} & \dots & \Delta_{hm} \end{array} \right\| \quad (3.3);$$

- знаходиться середнє відхилення оцінок кожного експерта за всіма ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи:

$$\bar{\Delta} = \left( \sum_{j=1}^m \bar{\Delta} \right) / m \quad (3.4);$$

в результаті отримана матриця-рядок:

$$\bar{D} = |\bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2, \dots, \bar{\Delta}_h| \quad (3.5);$$

- експерти нумеруються за ступенем віддаленості їх оцінок від середнього значення оцінок групи. В підсумку встановлюється кортеж компетентності експертів:

$$\overline{D}^* = \left| \overline{\Delta}_1^*, \overline{\Delta}_2^*, \dots, \overline{\Delta}_h^* \right| \quad (3.6);$$

- визначається середнє значення коефіцієнта впевненості. Коефіцієнт впевненості визначається в залежності від ознак фізичного зношення та правил оцінки технічного стану основних конструктивних елементів будівлі, як правило, приймається рівним 0,5 ( $F=0,5$ ). При  $F < 0,5$  експертну групу переформовують шляхом виключення із списку останніх номерів експертів, в яких спостерігається різке відхилення відповідей від середньої думки групи.

### 3. Формування правил роботи експертної групи (табл. 3.1):

- впорядковуються ознаки пошкодження, починаючи з найменшого важливого  $x_1 < x_2 < \dots < x_m$  (3.7);

- приписуються ранги  $a_i$  ( $a_1=1; a_2=1; \dots a_m=1$ ) (3.8);

- визначаються вагові коефіцієнти ознак пошкодження  $a_j$  ( $j=1, m$ )

за формулою:

$$a_j = \sum_{t=1}^h a_{jt} / \left( \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} \right) \quad (3.9).$$

Таблиця 3.1

### Формування правил роботи експертної групи

| Номер<br>ознаку<br>пошкоджен<br>ня | Умовні<br>позначення ознаку<br>пошкодження | Номер експерта |          |     |     |          | Вагові<br>коефіцієнти |
|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|----------|-----|-----|----------|-----------------------|
|                                    |                                            | 1              | 2        | ... | ... | j        |                       |
| 1                                  | $m_1$                                      | $h_{11}$       | $h_{12}$ | ... | ... | $h_{1j}$ | $a_1$                 |
| 2                                  | $m_2$                                      | $h_{21}$       | $h_{22}$ | ... | ... | $h_{2j}$ | $a_2$                 |
| ...                                | ...                                        | ...            | ...      | ... | ... | ...      | ...                   |
| n                                  | $m_i$                                      | $h_{i1}$       | $h_{i2}$ | ... | ... | $h_{ij}$ | $a_j$                 |

4. Оцінка ступеню узгодженості думок експертів (табл. 3.2):

- результати ранжування представляються у вигляді матриці рангів;

- визначається відповідно сума рангів по кожній  $j$ -тій ознаці пошкодження і середня сума рангів:

$$Q_j = \sum_{t=1}^h a_{jt}, \quad (3.10),$$

де  $Q_j$  – сума рангів;

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} / m, \quad (3.11),$$

де  $T$  – середня сума рангів.

- розраховується сума квадратів відхилень:

$$S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2 \quad (3.12);$$

- визначається коефіцієнт впевненості:

$$F = 12S_E / \left\{ h^2 (m^3 - m) \right\} \quad (3.13).$$

Таблиця 3.2

### Оцінка ступеню узгодженості думок експертів

| Номер<br>ознаку<br>пошкод-<br>ження | Умовні<br>позначен<br>ня ознаку<br>пошкод-<br>ження | Номер експерта |          |     |     |          | Сума<br>рангів | Відхиленн<br>я суми<br>рангів | Квадрат<br>відхиленн<br>я |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|----------|-----|-----|----------|----------------|-------------------------------|---------------------------|
|                                     |                                                     | 1              | 2        | ... | ... | j        |                |                               |                           |
| 1                                   | $m_1$                                               | $h_{11}$       | $h_{12}$ | ... | ... | $h_{1j}$ | $Q_1$          | $Q_1 - T$                     | $(Q_1 - T)^2$             |
| 2                                   | $m_2$                                               | $h_{21}$       | $h_{22}$ | ... | ... | $h_{2j}$ | $Q_2$          | $Q_2 - T$                     | $(Q_2 - T)^2$             |
| ...                                 | ...                                                 | ...            | ...      | ... | ... | ...      | ...            | ...                           | ...                       |
| n                                   | $m_i$                                               | $h_{i1}$       | $h_{i2}$ | ... | ... | $h_{ij}$ | $Q_j$          | $Q_j - T$                     | $(Q_j - T)^2$             |
| Середня сума рангів                 |                                                     |                |          |     |     |          | T              |                               |                           |
| Сума квадратів відхилень            |                                                     |                |          |     |     |          |                |                               | $S_E$                     |

Якщо  $F > 0,5$ , то існує достатня ступінь узгодженості між думками експертів. Якщо  $F < 0,5$ , то група експертів корегується шляхом виключення останнього експерта в кортежі, перераховується коефіцієнт впевненості і таке інше, до отримання необхідного ступеню узгодженості.

Якщо експерт не може вказати порядок спадання двох або декількох ознак пошкодження, він приписує кожному із них однаковий ранг.

В цьому випадку коефіцієнт впевненості розраховують до залежності:

$$F = S_E / \left( \frac{1}{12} h^2 (m^3 - m) - h \sum_{t=1}^h T_t \right) \quad (3.14),$$

$$T_t = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (Z_j^3 - Z_j) \quad (3.15),$$

де  $Z_j$  – число однакових рангів в  $t$ -м ранжуванні.

### **Приклад експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівлі**

При формуванні експертної оцінки обстеженню технічного стану будівель можуть підлягати об'єкти громадського (житлові, адміністративні та громадські організації) та виробничого призначення (промислові підприємства, виробничі цехи, заводи, фабрики, гаражі).

Основними ознаками пошкодження при обстеженні будь-якої будівлі є: тріщина в цоколі фундаменту ( $m_1$ ), тріщина в стіні ( $m_2$ ), тріщина в плиті перекриття ( $m_3$ ), тріщина в залізобетонних кроквяних балках даху ( $m_4$ ), тому прийmemo ці ознаки пошкодження в якості основних при оцінці.

На рис. 3.1. представлений зовнішній вигляд будівлі та виявленні ознаки пошкодження при обстеженні.

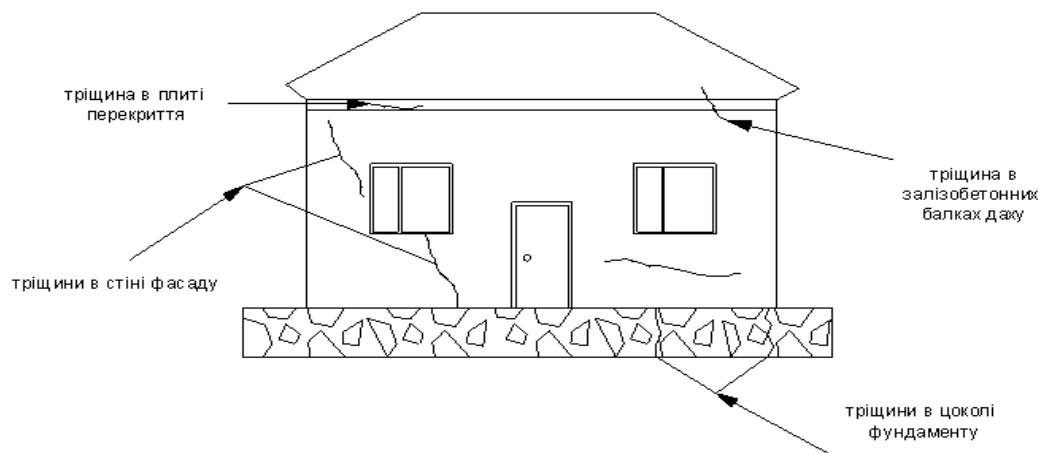


Рисунок 3.1 Зовнішній вигляд будівлі, виявленні ознаки пошкодження

При обстеженні технічного стану будівель в спеціалізованих організаціях, що займаються питаннями обстеження, існують підрозділи в яких, як правило формуються експертна група з 2 – 5 чоловік, тому на основі проведеного опитування експертної групи (сформована із п'яти спеціалістів):

- І – експерт – завідуючий відділом;
- II – експерт – головний інженер;
- III – експерт – інженер I – ої категорії;
- IV – експерт – інженер;
- V – експерт – мол. наук. співробітник.

складені матриці рядку оцінок експертів по кожній  $j$ -тій ознаці пошкодження згідно виду (3.1):

$$U_1 = | 0,41 \quad 0,37 \quad 0,05 \quad 0,44 \quad 0,33 | ;$$

$$U_2 = | 0,21 \quad 0,33 \quad 0,11 \quad 0,23 \quad 0,30 | ;$$

$$U_3 = | 0,10 \quad 0,08 \quad 0,33 \quad 0,13 \quad 0,05 | ;$$

$$U_4 = | 0,16 \quad 0,17 \quad 0,21 \quad 0,06 \quad 0,21 | ;$$

Середнє значення оцінок групи по кожній ознаці пошкодження відповідно будуть становлять згідно виду (3.2):

$$A_1 = (0,41 + 0,37 + 0,05 + 0,44 + 0,33)/5 = 0,320;$$

$$A_2 = (0,21 + 0,33 + 0,11 + 0,23 + 0,30)/5 = 0,236;$$

$$A_3 = (0,10 + 0,08 + 0,33 + 0,13 + 0,05)/5 = 0,138;$$

$$A_4 = (0,16 + 0,17 + 0,21 + 0,06 + 0,21)/5 = 0,162.$$

Після визначення відхилень оцінок кожного експерта від середнього значення оцінок групи  $\Delta_{ij}$  по кожній ознаці пошкодження отримана матриця відхилень згідно виду (3.3):

$$\Delta_{11} = (0,41 - 0,32) = 0,09; \quad \Delta_{21} = (0,37 - 0,32) = 0,05; \quad \Delta_{31} = (0,05 - 0,32) = 0,27; \quad \Delta_{41} = (0,44 - 0,32) = 0,12; \quad \Delta_{51} = (0,33 - 0,32) = 0,01;$$

$$\Delta_{12} = 0,026; \quad \Delta_{22} = 0,094; \quad \Delta_{32} = 0,126; \quad \Delta_{42} = 0,006; \quad \Delta_{52} = 0,064;$$

$$\Delta_{13} = 0,038; \quad \Delta_{23} = 0,058; \quad \Delta_{33} = 0,192; \quad \Delta_{43} = 0,008; \quad \Delta_{53} = 0,088;$$

$$\Delta_{14} = 0,002; \quad \Delta_{24} = 0,008; \quad \Delta_{34} = 0,048; \quad \Delta_{44} = 0,102; \quad \Delta_{54} = 0,048.$$

$$D = \begin{vmatrix} 0,090 & 0,050 & 0,270 & 0,120 & 0,010 \\ 0,026 & 0,094 & 0,126 & 0,006 & 0,064 \\ 0,038 & 0,058 & 0,192 & 0,008 & 0,088 \\ 0,002 & 0,008 & 0,048 & 0,102 & 0,048 \end{vmatrix}$$

Обчислені середні відхилення оцінок кожного експерта по всім ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи мають наступні значення згідно виду (3.4):

$$\overline{\Delta_1} = (0,090 + 0,026 + 0,038 + 0,002) / 4 = 0,039;$$

$$\overline{\Delta_2} = (0,050 + 0,094 + 0,058 + 0,008) / 4 = 0,053;$$

$$\overline{\Delta_3} = (0,270 + 0,126 + 0,192 + 0,048) / 4 = 0,159;$$

$$\overline{\Delta_4} = (0,120 + 0,006 + 0,008 + 0,102) / 4 = 0,059;$$

$$\overline{\Delta_5} = (0,010 + 0,064 + 0,088 + 0,048) / 4 = 0,052.$$

В результаті встановлена матриця – рядок згідно виду (3.5):

$$\bar{D} = |0,039 \ 0,053 \ 0,159 \ 0,059 \ 0,052|.$$

Аналіз отриманих результатів дозволяє скласти кортеж компетентності експертів згідно виду (3.6):  $\bar{D}^* = \langle 1,5,2,4,3 \rangle$ .

Проведені експертами ранжування ознак пошкодження по важливості та значення вагових коефіцієнтів ознак пошкодження  $a_j$  представлені в табл. 3.3 згідно виду (3.8 – 3.10).

Таблиця 3.3

**Результати ранжування ознак пошкодження експертами та значення вагових коефіцієнтів**

| Номер<br>ознаку<br>пошкоджен<br>ня | Умовні<br>позначення ознаку<br>пошкодження | Номер експерта |   |   |   |   | Вагові<br>коефіцієнти |
|------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|---|---|---|---|-----------------------|
|                                    |                                            | 1              | 5 | 2 | 4 | 3 |                       |
| 1                                  | $m_1$                                      | 5              | 5 | 5 | 5 | 1 | 0,350                 |
| 2                                  | $m_2$                                      | 4              | 4 | 4 | 4 | 2 | 0,300                 |
| 3                                  | $m_3$                                      | 1              | 2 | 1 | 2 | 2 | 0,133                 |
| 4                                  | $m_4$                                      | 3              | 1 | 3 | 3 | 3 | 0,217                 |

При оцінці ступеню узгодженості думок експертів були використані залежності четвертого етапу. Результати розрахунків зведені в табл. 3.4 згідно виду (3.11 – 3.14).

Таблиця 3.4

**Оцінка ступеню узгодженості експертів**

| Номер<br>ознаку<br>пошкод-<br>ження | Умовні<br>позначення<br>ознаку<br>пошкоджен<br>ня | Номер експерта |   |   |   |   | Сума<br>рангів | Відхилення<br>суми рангів | Квадрат<br>відхилення |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------|---|---|---|---|----------------|---------------------------|-----------------------|
|                                     |                                                   | 1              | 5 | 2 | 4 | 3 |                |                           |                       |
| 1                                   | $m_1$                                             | 5              | 5 | 5 | 5 | 1 | 21             | 9                         | 81                    |
| 2                                   | $m_2$                                             | 4              | 4 | 4 | 4 | 2 | 18             | 6                         | 36                    |
| 3                                   | $m_3$                                             | 1              | 2 | 1 | 2 | 2 | 8              | - 4                       | 16                    |
| 4                                   | $m_4$                                             | 3              | 1 | 3 | 3 | 3 | 13             | 1                         | 1                     |
| Середня сума рангів                 |                                                   |                |   |   |   |   | 12             |                           |                       |
| Сума квадратів відхилень            |                                                   |                |   |   |   |   |                |                           | 134                   |

Оскільки ні один із експертів не поставив двом або більше ознакам пошкодження однакові ранги, то для знаходження коефіцієнта впевненості використовуємо вираз згідно виду (3.14):

$$F = 12 * 134 / 5^2 * (4^3 - 4) = 1608 / 1500 = 1,072.$$

Так як  $F > 0,5$ , то існує достатня узгодженість між експертами і отримані результати приймаються в якості кінцевих.

Основні ознаки пошкодження приймають кількісну оцінку:

- *тріщина в цоколі фундаменту = 0,350;*
- *тріщина в стіні = 0,300;*
- *тріщина в плиті перекриття = 0,133;*
- *тріщина в залізобетонних кроквяних балках даху = 0,217.*

Таким чином, при такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках і співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель, враховуючи результати обстеження.

### **3.2 Моделі структури властивостей експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівель**

Знос будівель прискорюється при прояві дефектів, що були допущені в ході дослідження та вибору ділянок для будівництва, при проектуванні і зведенні будівель, а також через порушення правил експлуатації.

Дефекти будівель в нормальних умовах є наслідком або недостатньої кваліфікації дослідників, проектувальників, працівників, що приймають будівлі в експлуатацію, або недбалості цих осіб. Дефекти можуть виникати також в процесі проектування та будівництві будівель при здійсненні в них виробництва робіт по новій технології, зведенні в маловивчених в будівельному відношенні районах та в інших складних умовах.

Найбільш небезпечні дефекти в основах і фундаментах, в стінах, тобто в основних конструкціях, оскільки їх прояв веде до деформацій і руйнування всієї будівлі. Менш небезпечні дефекти в перегородках та інших ненесучих конструкціях.

При експлуатації будівель важливо оцінити характер і небезпеку пошкоджень. Причини, що викликають пошкодження наступні: дії зовнішніх чинників; дії внутрішніх чинників, обумовлених технологічним процесом; прояв дефектів, допущених при дослідженнях, проектуванні, зведенні будівлі; недоліки і порушення правил експлуатації будівель.

Тому побудова моделей структури властивостей в області проведення обстеження технічного стану будівель повинні привести до покращення всього спектру кількісних та якісних показників даної системи.

Існують декілька підходів до вирішення задач, які базуються на експертній обробці даних та побудові моделей структури властивостей при проведенні обстеження для вирішення задач діагностики.

Розглянемо функціонування даної системи, де  $h$  – кількість експертів. В залежності від ситуації система характеризується властивостями  $I_i = \{1, 2, \dots, n\}$  (категорія технічного стану) та  $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}\}$  (ширина розкриття тріщин).

Маючи в якості вихідних даних вектори  $I_i$  (категорія технічного стану) і  $V_i$  (ширина розкриття тріщин) по всіх ситуаціях  $h_i$  (кількість експертів), можна для кожної з них визначити вектор вагових коефіцієнтів  $A_i = \{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in}\}$ , який представляє собою  $n$  – мірний вектор, де компоненти його пов'язані відношеннями:

$$\left| \begin{array}{l} 0 \leq \lambda_{iq} \leq 1, \quad q = \overline{1, n}; \\ \sum_{q=1}^n \lambda_{iq} = 1. \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Складові  $\lambda_{iq}$  вектора  $\Delta_i$  мають зміст вагових коефіцієнтів, що визначають відносну перевагу  $q$ -ї властивості над іншими. Знаходяться вони за допомогою залежності:

$$\lambda_{iq} = \frac{\prod_{l=1}^n v_{il}}{\sum_{q=1}^n \prod_{l=q}^n v_{il}}, \quad q = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (3.17)$$

В результаті розрахунків значень вагових коефіцієнтів по кожній типовій ситуації знаходиться матриця виду:

$$A = \left\| \begin{array}{cccc} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mn} \end{array} \right\|, \quad (3.18)$$

де  $\lambda_{kj}$  – вага  $j$ -ї властивості в  $k$ -ї типовій ситуації функціонування системи.

Для того, щоб сформувати структуру властивостей системи, враховуючи різні типові ситуації її функціонування, необхідно отримати узагальнені ваги  $\lambda_j^*$  ( $j = \overline{1, n}$ ) кожної властивості, що найбільш повно враховують інформацію, закладену в матрицю  $A$ .

На основі матриці  $A$  визначається рівень кожної властивості:

$$H_j = - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \ln \lambda_{ij}, \quad (i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}). \quad (3.19)$$

Оскільки  $0 \leq H_j \leq 1$  ( $j = \overline{1, n}$ ), то логічно знайти рівень змінюваності  $j$ -ої властивості в межах задачі, що розглядається:

$$d_j = 1 - H_j \quad (j=\overline{1,n}). \quad (3.20)$$

Тоді узагальнені ваги властивостей можна обчислити за формулою:

$$\alpha_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad j=\overline{1,n}, \quad (3.21)$$

яка справедлива при умові, що всі ситуації вважаються однаково значущими, тобто немає експертних оцінок їх пріоритету. Якщо відомі ці оцінки, то доцільно знайти комплексну вагомість:

$$\lambda_j^* = \frac{\overline{\alpha_j \alpha_j}}{\sum_{j=1}^n \overline{\alpha_j \alpha_j}}, \quad j=\overline{1,n}. \quad (3.22)$$

Тут вектор  $\overline{\alpha} = \{\overline{\alpha_1}, \overline{\alpha_2}, \dots, \overline{\alpha_n}\}$  можна визначити за матрицею експертних оцінок кожної ситуації. Якщо провести групову експертизу, в якій кожний із  $s$  членів експертної комісії призначає свої значення коефіцієнтів, що задовольняють умовам:

$$\sum_{j=1}^n \overline{\alpha_{kj}} = 1, \quad \overline{\alpha_{kj}} \geq 0, \quad j=\overline{1,n}, \quad k=\overline{1,s}, \quad (3.23)$$

то в результаті буде отримана матриця експертних оцінок:

$$A = \left\| \begin{array}{cccc} \overline{\alpha_{11}} & \overline{\alpha_{12}} & \dots & \overline{\alpha_{1n}} \\ \overline{\alpha_{21}} & \overline{\alpha_{22}} & \dots & \overline{\alpha_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{\alpha_{m1}} & \overline{\alpha_{m2}} & \dots & \overline{\alpha_{mn}} \end{array} \right\|, \quad (3.24)$$

де  $\overline{\alpha_{kj}}$  – експертна оцінка відносної значимості  $j$ -ї ситуації, запропонована  $k$ -м експертом.

Для визначення оптимально - компромісних вагових коефіцієнтів  $\overline{\alpha^*}$ , що виражають “колективну думку”, задається схема компромісу  $F(A, \overline{\alpha^*})$  і вирішується екстремальна задача:

$$F(A, \overline{\alpha}^*) = \min_{\overline{\alpha} \in D} F(A, \overline{\alpha}), \quad (3.25)$$

де вектор  $D$  має наступний вигляд:

$$D = \left\{ \overline{\alpha} \left| \sum_{j=1}^n \overline{\alpha}_j = 1, \overline{\alpha}_j \geq 1, j = \overline{1, n} \right. \right\}. \quad (3.26)$$

Дана схема компромісу  $F(A, \overline{\alpha})$  є деякою мірою зближення між довільним вектором  $\overline{\alpha} \in D$  та елементами матриці  $A$ . В якості міри зближення  $F(A, \overline{\alpha})$  може слугувати функція:

$$F(A, \overline{\alpha}) = \sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n (\overline{\alpha}_{kj} - \overline{\alpha}_j)^2. \quad (3.27)$$

Тоді оптимальним вирішенням задачі (3.27) буде вектор середніх значень по елементам стовбчиків матриці  $A$ :

$$\overline{\alpha}_j^* = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \overline{\alpha}_{kj}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.28)$$

Для врахування кваліфікації експертів доцільно ввести коефіцієнти їх компетентності:

$$h_k > 0, \quad k = \overline{1, s}, \quad \sum_{k=1}^s h_k = 1. \quad (3.29)$$

Значення  $\overline{\alpha}_j^*$  розраховуються за формулою:

$$\overline{\alpha}_j^* = \sum_{k=1}^s \overline{\alpha}_{kj} h_k. \quad (3.30)$$

Отриманий вектор  $\Lambda^* = \{\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_n^*\}$ , використовується в якості вихідної інформації для формування структури властивостей системи, оскільки вага  $\lambda_j^*$  вказує положення  $j$ -ї властивості в загальній структурі властивостей.

Процедуру побудови моделей структури властивостей для експертної системи можливо розглянути на прикладі обстеження технічного стану складської будівлі.

В організаціях, які займаються обстеженням, існують підрозділи в яких, як правило, формуються експертна група з 2 – 5 чоловік, що проводить обстеження технічного стану будівель (рис. 3.2).

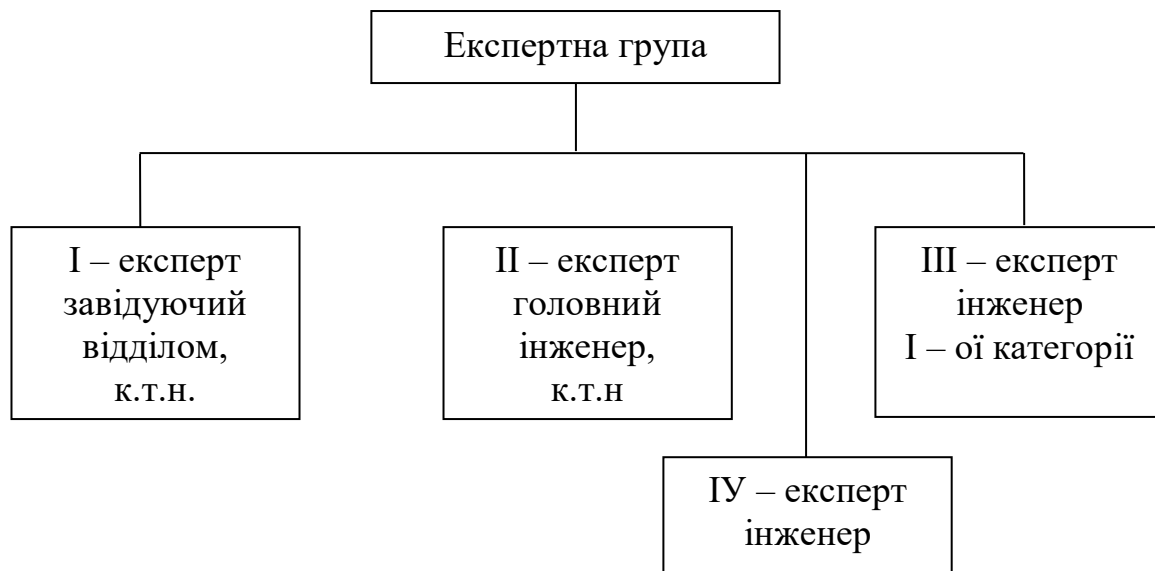


Рисунок 3.2 Структурна схема експертної групи, що формується в спеціалізованих організаціях

На рис. 3.3 представлені п'ять суттєвих ознак пошкодження основних конструктивних елементів будівлі, що розглядається.



Рисунок 3.3 Схема ознак пошкодження конструктивних елементів будівлі

Кожен з чотирьох експертів при проведенні обстеженні п'яти конструктивних елементів визначає ширину розкриття тріщини елемента та ставить у відповідність категорію технічного стану даного обстежуемого конструктивного елемента (2, 2/3, 3, 3/4, 4).

Результати експертних оцінок ( $H$ ) категорії технічного стану ( $I$ ), ширини розкриття тріщин ( $V$ ) та ознак пошкодження ( $M$ ) зведені в табл. 3.5.

По залежності (3.17) знайдені компоненти вагового вектора  $\lambda_{ij}$  для кожного з чотирьох експертів, тобто:

Таблиця 3.5

**Значення компонент вагових векторів**

| Експерти |           | Ознаки пошкодження |       |       |       |       |
|----------|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|          |           | $m_1$              | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ |
| $h_1$    | $I$       | 2                  | 3     | 3/4   | 2/3   | 2/3   |
|          | $V$       | 1.5                | 2.5   | 3.5   | 2.0   | 2.7   |
|          | $\lambda$ | 0.488              | 0.325 | 0.130 | 0.037 | 0.018 |
| $h_2$    | $I$       | 3                  | 4     | 2/3   | 3     | 2     |
|          | $V$       | 3.0                | 3.9   | 2.2   | 2.8   | 2.0   |
|          | $\lambda$ | 0.679              | 0.226 | 0.058 | 0.026 | 0.009 |
| $h_3$    | $I$       | 4                  | 3/4   | 2     | 2     | 3/4   |
|          | $V$       | 4.0                | 3.0   | 1.8   | 2.0   | 3.5   |
|          | $\lambda$ | 0.713              | 0.179 | 0.059 | 0.033 | 0.016 |
| $h_4$    | $I$       | 2/3                | 2     | 4     | 4     | 3     |
|          | $V$       | 2.0                | 1.5   | 4.0   | 3.5   | 2.7   |
|          | $\lambda$ | 0.515              | 0.258 | 0.172 | 0.043 | 0.012 |

**$I$  – експерт**

$$\begin{aligned}\lambda_{11} &= V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 1.5 * 2.5 * 3.5 * 2.0 * 2.7 / 1.5 * 2.5 * 3.5 * 2.0 * 2.7 + 2.5 * 3.5 * 2.0 * 2.7 + \\ &\quad + 3.5 * 2.0 * 2.7 + 2.0 * 2.7 + 2.7 = 70.88 / 145.13 = 0.488;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{12} &= V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 2.5 * 3.5 * 2.0 * 2.7 / 145.13 = 0.325;\end{aligned}$$

$$\lambda_{13} = V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 3.5*2.0*2.7 / 145.13 = 0.130;$$

$$\lambda_{14} = V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.0*2.7 / 145.13 = 0.037;$$

$$\lambda_{15} = V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.7 / 145.13 = 0.018.$$

### ***II – експерт***

$$\lambda_{21} = V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 3.0 * 3.9*2.2*2.8*2.0 / 3.0 * 3.9*2.2*2.8*2.0 + 3.9*2.2*2.8*2.0 +$$

$$+ 2.2*2.8*2.0 + 2.8*2.0 + 2.0 = 144.14 / 212.11 = 0.679;$$

$$\lambda_{22} = V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 3.9*2.2*2.8*2.0 / 212.11 = 0.226;$$

$$\lambda_{23} = V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.2*2.8*2.0 / 212.11 = 0.058;$$

$$\lambda_{24} = V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.8*2.0 / 212.11 = 0.026;$$

$$\lambda_{25} = V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.0 / 212.11 = 0.009.$$

### ***III – експерт***

$$\lambda_{31} = V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 4.0 * 3.0*1.8*2.0*3.5 / 4.0 * 3.0*1.8*2.0*3.5 + 3.0*1.8*2.0*3.5 +$$

$$+ 1.8*2.0*3.5 + 2.0*3.5 + 3.5 = 151.20 / 212.10 = 0.713;$$

$$\lambda_{32} = V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 3.0*1.8*2.0*3.5 / 212.10 = 0.179;$$

$$\lambda_{33} = V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 1.8*2.0*3.5 / 212.10 = 0.059;$$

$$\lambda_{34} = V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 2.0*3.5 / 212.10 = 0.033;$$

$$\lambda_{35} = V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 =$$

$$= 3.5 / 212.10 = 0.016.$$

#### ***IV – експерт***

$$\begin{aligned}\lambda_{41} &= V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 2.0 * 1.5 * 4.0 * 3.5 * 2.7 / 2.0 * 1.5 * 4.0 * 3.5 * 2.7 + 1.5 * 4.0 * 3.5 * 2.7 + \\ &\quad + 4.0 * 3.5 * 2.7 + 3.5 * 2.7 + 2.7 = 113.40 / 220.05 = 0.515;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{42} &= V_2 V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 1.5 * 4.0 * 3.5 * 2.7 / 220.05 = 0.258;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{43} &= V_3 V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 4.0 * 3.5 * 2.7 / 220.05 = 0.172;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{44} &= V_4 V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 3.5 * 2.7 / 220.05 = 0.043;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{45} &= V_5 / V_1 V_2 V_3 V_4 V_5 + V_2 V_3 V_4 V_5 + V_3 V_4 V_5 + V_4 V_5 + V_5 = \\ &= 2.7 / 220.05 = 0.012.\end{aligned}$$

На основі матриці  $L$  визначається рівень кожної властивості  $H_j$ , які зведені в табл. 3.6 згідно виду (3.19 – 3.23):

*Таблиця 3.6*

#### **Результати розрахунків вагових коефіцієнтів**

|                                       | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $H_j$                                 | 0.300 | 0.340 | 0.225 | 0.116 | 0.058 |
| $d_j$                                 | 0.700 | 0.660 | 0.775 | 0.884 | 0.942 |
| $a_j$                                 | 0.177 | 0.167 | 0.196 | 0.223 | 0.238 |
| $\alpha_j^*$                          | 0.410 | 0.266 | 0.078 | 0.166 | 0.123 |
| $\overline{\alpha_j^0} = \lambda_j^*$ | 1.84  | 1,11  | 0.379 | 0.934 | 0.732 |

$$\begin{aligned}H_1 &= -1/4 [\lambda_{11} \ln \lambda_{11} + \lambda_{21} \ln \lambda_{21} + \lambda_{31} \ln \lambda_{31} + \lambda_{41} \ln \lambda_{41}] = \\ &= -1/4 [0.488 * (-0.717) + 0.679 * (-0.387) + 0.713 * (-0.338) + 0.515 * \\ &\quad * (-0.663)] = -1/4 [-0.350 - 0.263 - 0.241 - 0.341] = -1/4 * (-1.200) = 0.300;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_2 &= -1/4 [\lambda_{21} \ln \lambda_{21} + \lambda_{22} \ln \lambda_{22} + \lambda_{32} \ln \lambda_{32} + \lambda_{42} \ln \lambda_{42}] = \\ &= -1/4 [0.325 * (-1.120) + 0.226 * (-1.490) + 0.179 * (-1.720) + 0.258 * \\ &\quad * (-1.358)] = -1/4 [-0.364 - 0.339 - 0.309 - 0.349] = -1/4 * (-1.361) = 0.340;\end{aligned}$$

$$* (-1.350)] = - 1/4 * (-1.360) = 0.340;$$

$$\begin{aligned} H_3 &= - 1/4 [\lambda_{31} \ln \lambda_{31} + \lambda_{23} \ln \lambda_{23} + \lambda_{33} \ln \lambda_{33} + \lambda_{43} \ln \lambda_{43}] = \\ &= - 1/4 [0.130*(-2.04) + 0.058*(-2.85) + 0.059*(-2.83) + 0.172*(-1.76)] \\ &= - 1/4 * (-0.900) = 0.225; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_4 &= - 1/4 [\lambda_{41} \ln \lambda_{41} + \lambda_{24} \ln \lambda_{24} + \lambda_{34} \ln \lambda_{34} + \lambda_{44} \ln \lambda_{44}] = \\ &= - 1/4 [0.037*(-3.30) + 0.026*(-3.65) + 0.033*(-3.41) + 0.043*(-3.15)] \\ &= - 1/4 * (-0.464) = 0.116; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_5 &= - 1/4 [\lambda_{51} \ln \lambda_{51} + \lambda_{25} \ln \lambda_{25} + \lambda_{35} \ln \lambda_{35} + \lambda_{45} \ln \lambda_{45}] = \\ &= - 1/4 [0.018*(-4.02) + 0.009*(-4.71) + 0.016*(-4.13) + 0.012*(-4.42)] \\ &= - 1/4 * (-0.233) = 0.058. \end{aligned}$$

$$d_1 = 1 - H_1 = 1 - 0.300 = 0.700; d_2 = 1 - H_2 = 1 - 0.340 = 0.660;$$

$$d_3 = 1 - H_3 = 1 - 0.225 = 0.775; d_4 = 1 - H_4 = 1 - 0.116 = 0.884;$$

$$d_5 = 1 - H_5 = 1 - 0.058 = 0.942.$$

Подальше розраховуємо узагальнені ваги, тобто:

$$\begin{aligned} a_1 &= d_1 / d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = 0.700 / 0.700 + 0.660 + 0.775 + \\ &+ 0.884 + 0.942 = 0.700 / 3.961 = 0.177; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= d_2 / d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = 0.660 / 0.700 + 0.660 + 0.775 + \\ &+ 0.884 + 0.942 = 0.660 / 3.961 = 0.167; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= d_3 / d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = 0.775 / 0.700 + 0.660 + 0.775 + \\ &+ 0.884 + 0.942 = 0.775 / 3.961 = 0.196; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_4 &= d_4 / d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = 0.884 / 0.700 + 0.660 + 0.775 + \\ &+ 0.884 + 0.942 = 0.884 / 3.961 = 0.223; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_5 &= d_5 / d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 = 0.942 / 0.700 + 0.660 + 0.775 + \\ &+ 0.884 + 0.942 = 0.942 / 3.961 = 0.238. \end{aligned}$$

Враховуючи експертну інформацію про значимість властивостей, визначається комплексна значимість  $\lambda_j^*$ , яка зведена в таблиці 3.6 згідно виду (3.24 – 3.30):

$$A = \begin{vmatrix} 0.41 & 0.21 & 0.10 & 0.16 & 0.12 \\ 0.37 & 0.33 & 0.08 & 0.17 & 0.282 \\ 0.50 & 0.26 & 0.03 & 0.15 & 0.04 \\ 0.44 & 0.23 & 0.13 & 0.14 & 0.06 \\ 0.33 & 0.30 & 0.05 & 0.21 & 0.11 \end{vmatrix};$$

$$\begin{aligned} \lambda_1^* &= \overline{a_1 a_1} / 1/5 [\overline{a_1 a_1} + \overline{a_2 a_2} + \overline{a_3 a_3} + \overline{a_4 a_4} + \overline{a_5 a_5}] = 0.177 * 0.41 / \\ &/ 0.2 * [0.177 * 0.41 + 0.167 * 0.266 + 0.196 * 0.078 + 0.223 * 0.166 + 0.238 * 0.123] = 1.84; \\ \lambda_2^* &= \overline{a_2 a_2} / 1/5 [\overline{a_1 a_1} + \overline{a_2 a_2} + \overline{a_3 a_3} + \overline{a_4 a_4} + \overline{a_5 a_5}] = 0.167 * 0.266 / \\ &/ 0.2 * [0.177 * 0.41 + 0.167 * 0.266 + 0.196 * 0.078 + 0.223 * 0.166 + 0.238 * 0.123] = 1.11; \\ \lambda_3^* &= \overline{a_3 a_3} / 1/5 [\overline{a_1 a_1} + \overline{a_2 a_2} + \overline{a_3 a_3} + \overline{a_4 a_4} + \overline{a_5 a_5}] = 0.196 * 0.078 / \\ &/ 0.2 * [0.177 * 0.41 + 0.167 * 0.266 + 0.196 * 0.078 + 0.223 * 0.166 + 0.238 * 0.123] = 0.379; \\ \lambda_4^* &= \overline{a_4 a_4} / 1/5 [\overline{a_1 a_1} + \overline{a_2 a_2} + \overline{a_3 a_3} + \overline{a_4 a_4} + \overline{a_5 a_5}] = 0.223 * 0.166 / \\ &/ 0.2 * [0.177 * 0.41 + 0.167 * 0.266 + 0.196 * 0.078 + 0.223 * 0.166 + 0.238 * 0.123] = 0.934; \\ \lambda_5^* &= \overline{a_5 a_5} / 1/5 [\overline{a_1 a_1} + \overline{a_2 a_2} + \overline{a_3 a_3} + \overline{a_4 a_4} + \overline{a_5 a_5}] = 0.238 * 0.123 / \\ &/ 0.2 * [0.177 * 0.41 + 0.167 * 0.266 + 0.196 * 0.078 + 0.223 * 0.166 + 0.238 * 0.123] = 0.732. \end{aligned}$$

Запропоновані моделі та методи діагностики технічного стану будівель, які були підтверджені на прикладах експертної оцінки обстеження технічного стану, дозволяють вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель.

### ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. Запропоновані та досліджені моделі і методи експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівель.
2. Розглянуті моделі та методи для діагностики технічного стану будівель, що були підтверджені на прикладах експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівлі. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Будівлі є системами, що складаються з великого числа елементів та працюють в умовах складних станів, що деформуються. Поведінка будівельних конструкцій характеризується рядом чинників, що носять випадковий характер. Це відноситься до міцнісних характеристик матеріалів, навантаженням, діючим на елементи будівлі. В процесі виготовлення окремих елементів, їх монтажу можливі відхилення параметрів конструкцій від заданих значень. Тому для обстеження технічного стану необхідно прогнозувати можливість їх подальшої експлуатації з урахуванням взаємозв'язків і характеру формування властивостей.

Обробка експериментальних даних (результатів) експертної системи, проведення обстеження технічного стану на основі аналізу нечітких систем, розробки бази знань і ланцюгів логічного виведення оцінки основних дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівлі дозволить проводити моделювання експертної системи, аналізувати отримані результати експерименту роботи нечіткої системи, які підтверджуються теоретичними даними.

На рис. 4.1 представлена схема організації проведення експериментального дослідження технічного стану об'єктів обстеження.

Всі етапи системи нечіткого виводу можуть бути реалізовані по різному, так як включають в себе окремі параметри, які повинні бути фіксованими або специфіковані. Вибір конкретних варіантів параметрів

кожного із етапів визначає алгоритм, який в повному об'ємі реалізує нечіткий вивід в системах правил нечітких продукції.

В даний час розроблені і широко використовуються наступні алгоритми системи нечіткого виводу: алгоритм Мамдані, алгоритм Цукамото, алгоритм Ларсена, алгоритм Сугено.

Найбільш практичне застосування в задачах нечіткого моделювання в області діагностування технічного стану будівель є алгоритм виводу Мамдані та алгоритм Сугено, що дають можливість обґрунтувати прийняте рішення, дозволяють працювати з великими об'ємами даних, показують більш високу точність. Тому ці алгоритми мають найбільш практичне застосування, та в цілому дозволяють проводити спостереження деформаційних процесів та приймати заходи щодо подальшої експлуатації як конструктивних елементів так і будівлі в цілому, в залежності від побудови та застосовування бази правил системи нечіткого виводу.

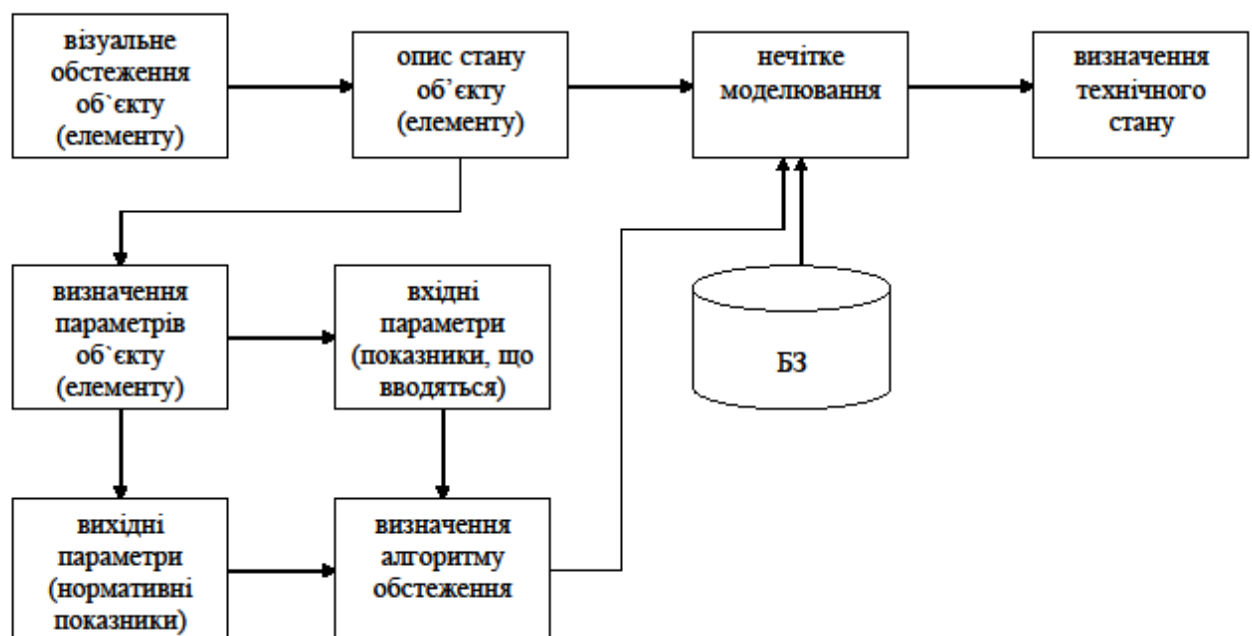


Рисунок 4.1 Схема організації проведення експериментального дослідження технічного стану об'єктів обстеження

Алгоритм Мамдані складається з наступних етапів:

1. Формування бази правил системи нечіткого виводу.

2. Фазифікація входних змінних.

3. Агрегація підумов в нечітких правилах продукцій. Для знаходження ступеню істиності умов кожного із правил нечітких продукцій використовуються парні нечітки логічні операції. Правила, ступінь істиності умов яких відмінна від нуля, вважається активними та застосовуються для розрахунків.

4. Активізація підвисновків в правилах нечітких продукцій.

5. Акумуляція висновків правил нечітких продукцій.

6. Дефазифікація вихідних змінних. Використовується метод центру тяжіння або метод центру площі.

На рис. 4.2 представлена загальна схема експертного дослідження технічного стану об'єктів методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані.

Розглянемо приклад експериментального дослідження при обстеженні технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні).

Необхідно розробити модель діагностики технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) за алгоритмом Мамдані.

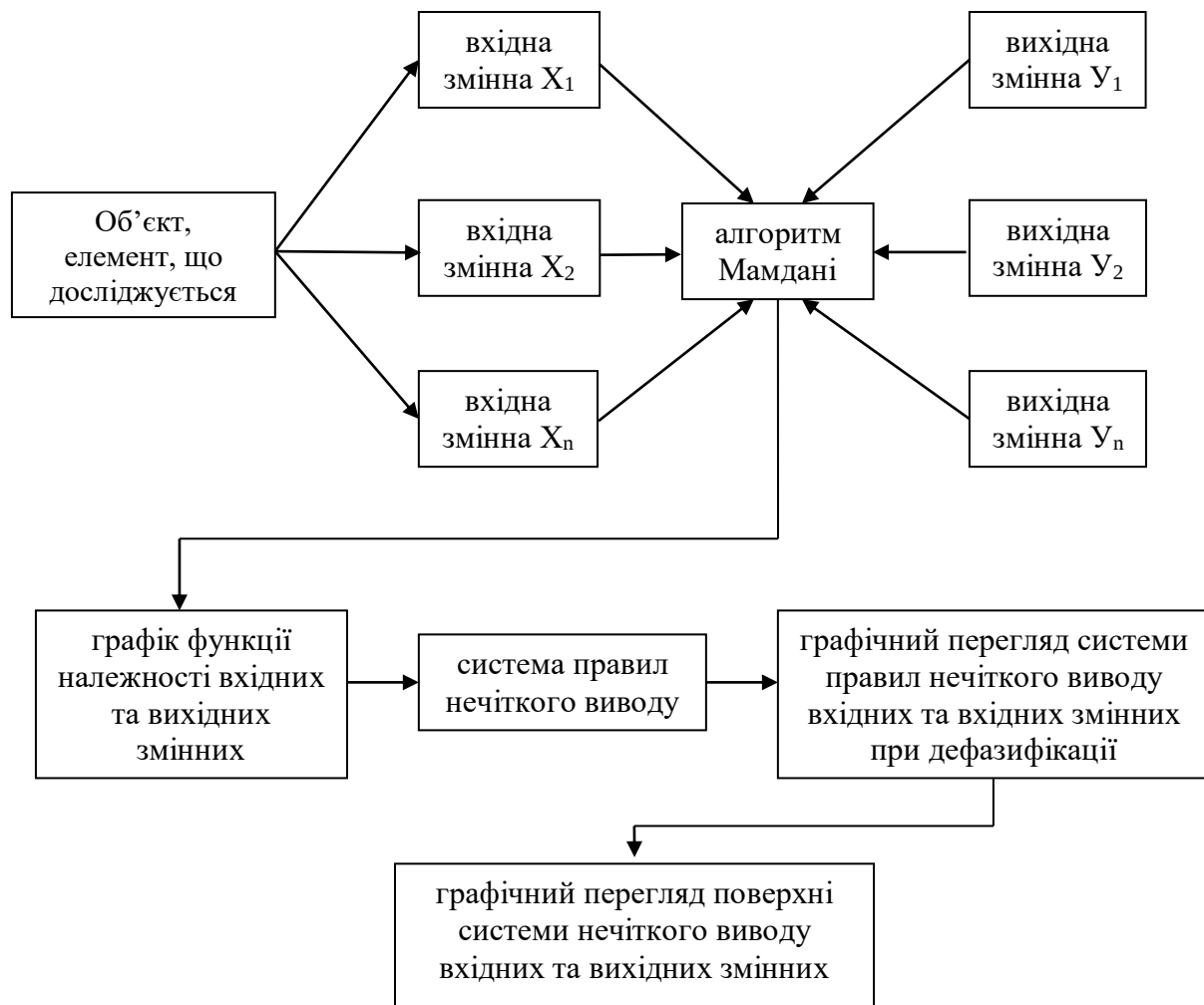


Рисунок 4.2 Загальна схема експертного дослідження технічного стану об'єкту методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані

На рис. 4.3 представлений приклад реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні). На цій структурній схемі запропонована методика дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані при вхідних (ширина розкриття тріщин, що вводиться) змінних та вихідних (нормативні показники, показники фізичного зносу при визначенні категорії технічного стану конструкції) змінних.

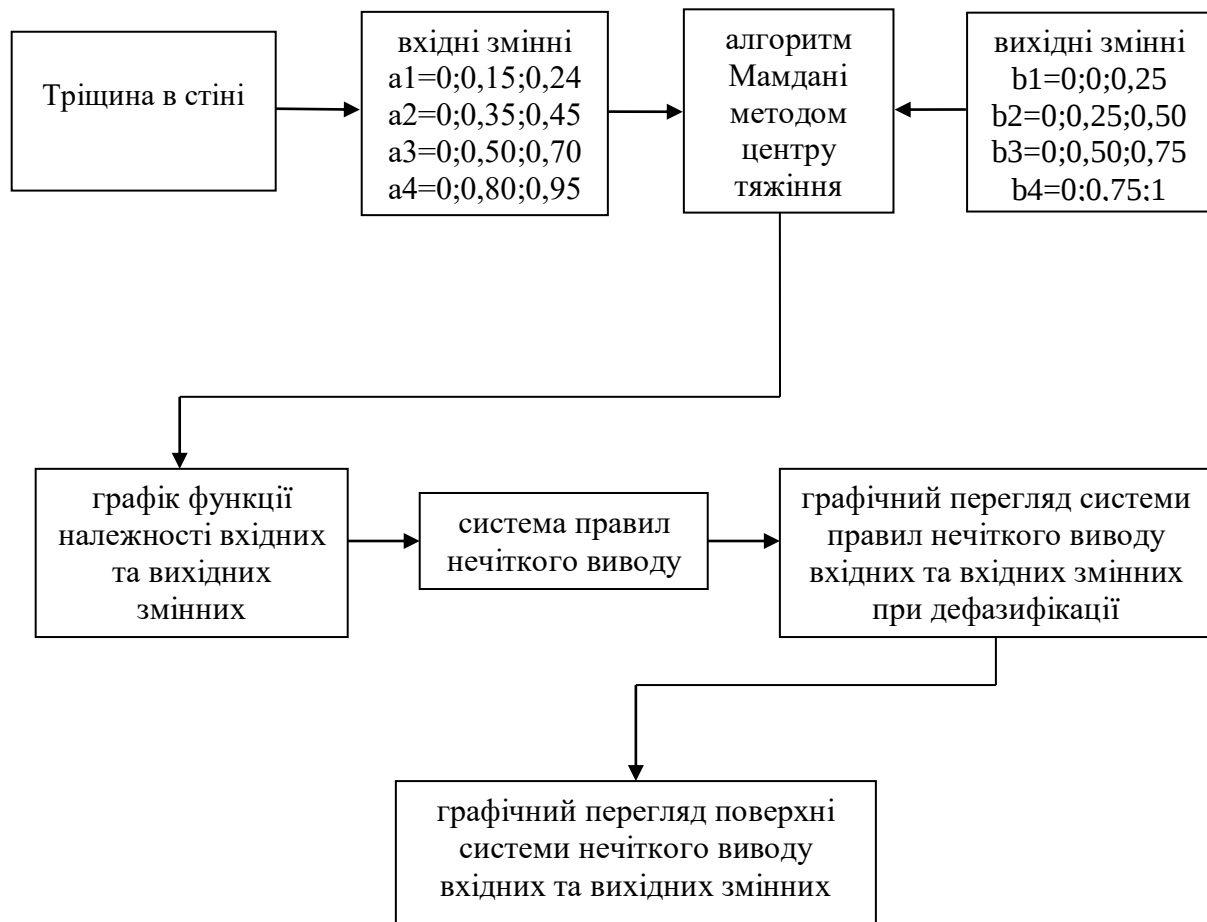


Рисунок 4.3 Приклад реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані

Для цього на початку обстеження (рис. 4.4) вводимо довільно по одній (можна декілька) вхідній лінгвістичній змінній (ширина розкриття тріщин, які розглянуті на прикладі та є типовими при обстеженні конструкції) та вихідній (можна декілька) лінгвістичній змінній (нормативні данні фізичного зносу ширини розкриття тріщин при визначенні категорії технічного стану конструкції керуючись положенням “Правила оцінки фізичного зношення будинків. ВСН 53-86(р)”.

На рис. 4.5 та рис. 4.6 представлений редактор функції належності, який в графічному режимі дозволяє аналізувати всі функції належності, змінювати ім'я, тип, параметри. Для кожної вхідної та вихідної

лінгвістичної змінної водимо всі необхідні параметри, які необхідно аналізувати.

На рис. 4.7 представлений редактор правил системи нечіткого виводу, який дає можливість аналізувати та вводити правила продукції системи нечіткого виводу.

На рис. 4.8 представлений графічний перегляд системи нечіткого виводу, яка дозволяє можливість візуалізувати результати нечіткого виводу та отримувати значення вихідних змінних (значення 0,529) в залежності від початкових значень вхідних змінних (при середньому значенні 0,5 який встановлює експерт при дослідженні).

На рис. 4.9 представлений графічний перегляд поверхні системи нечіткого виводу, який візуалізувати графіки залежності вихідних змінних від окремих вхідних змінних.

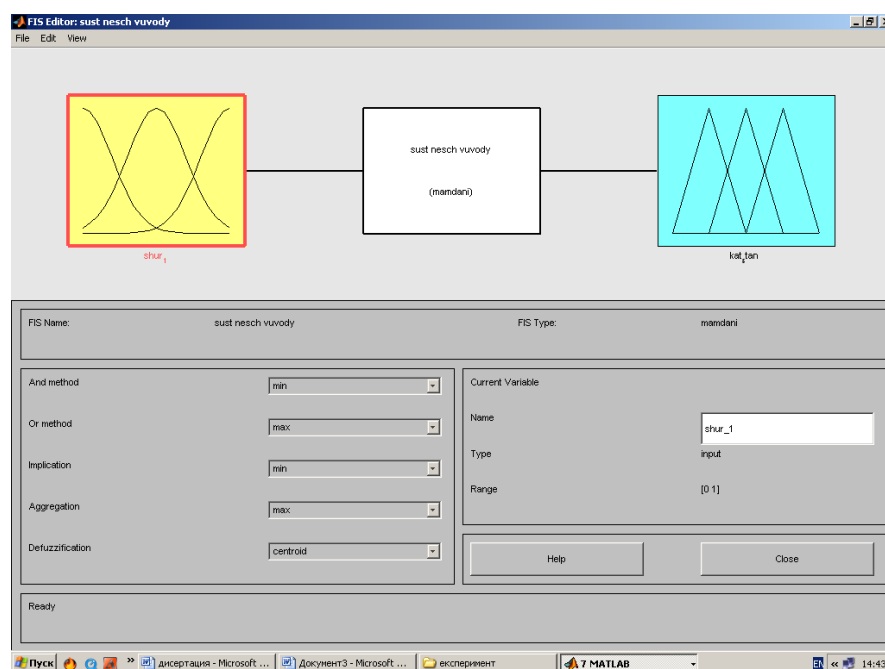


Рисунок 4.4 Графічний редактор системи нечіткого виводу

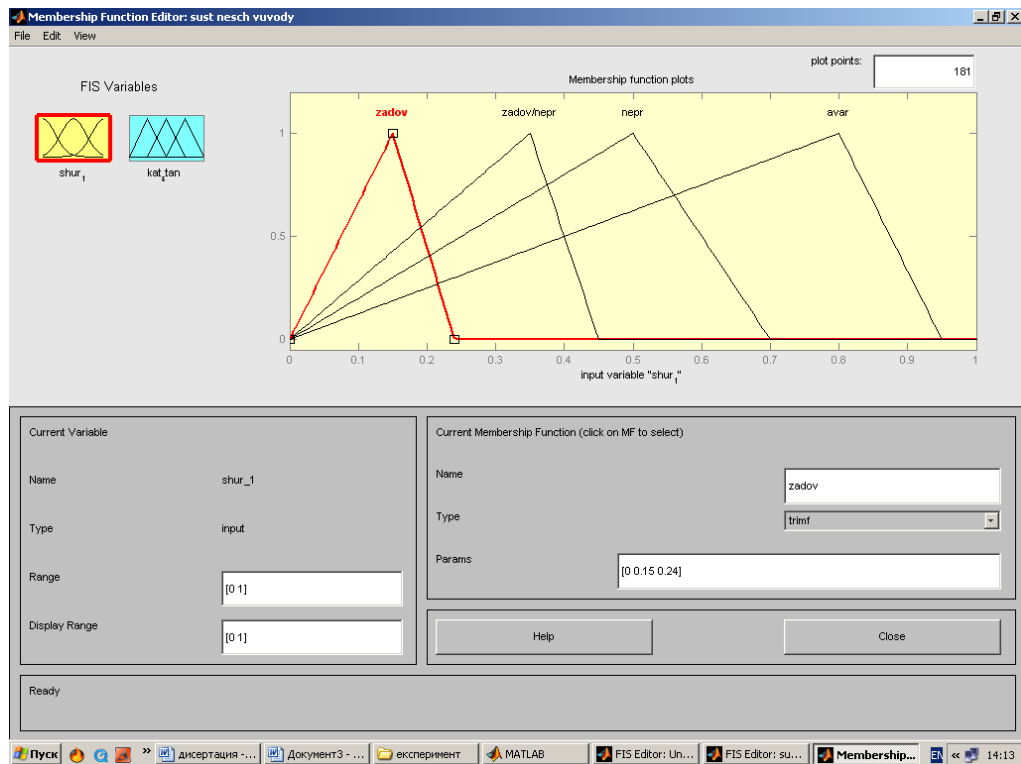


Рисунок 4.5 Редактор функції належності для вхідної змінної

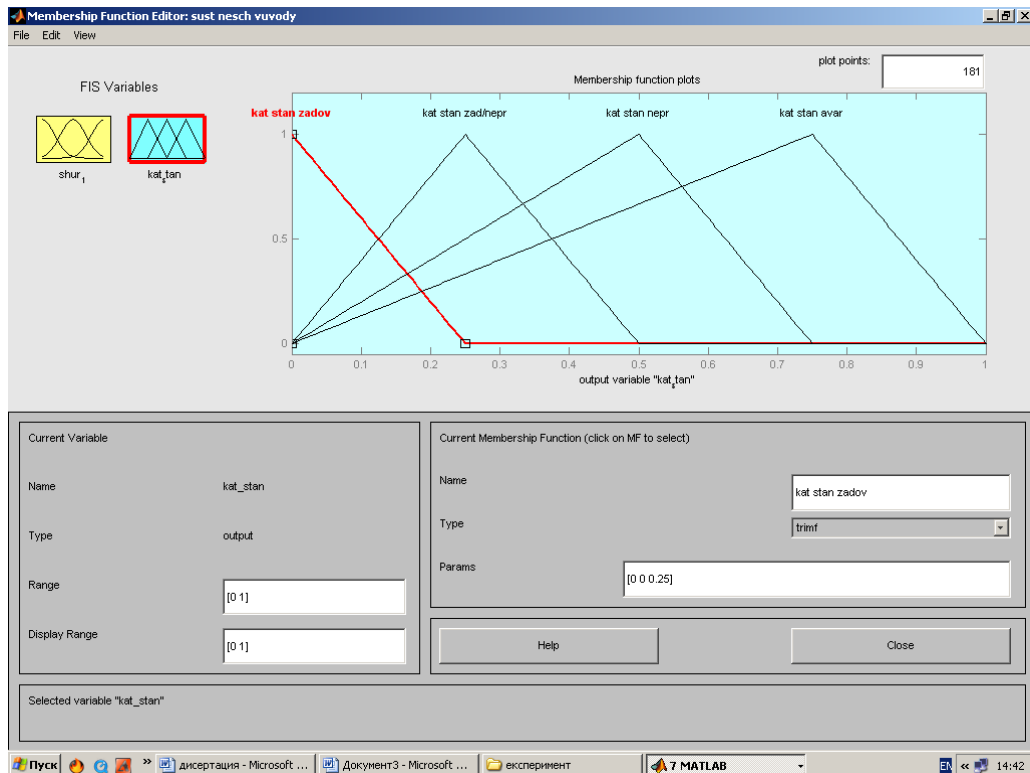


Рисунок 4.6 Редактор функції належності для вихідної змінної

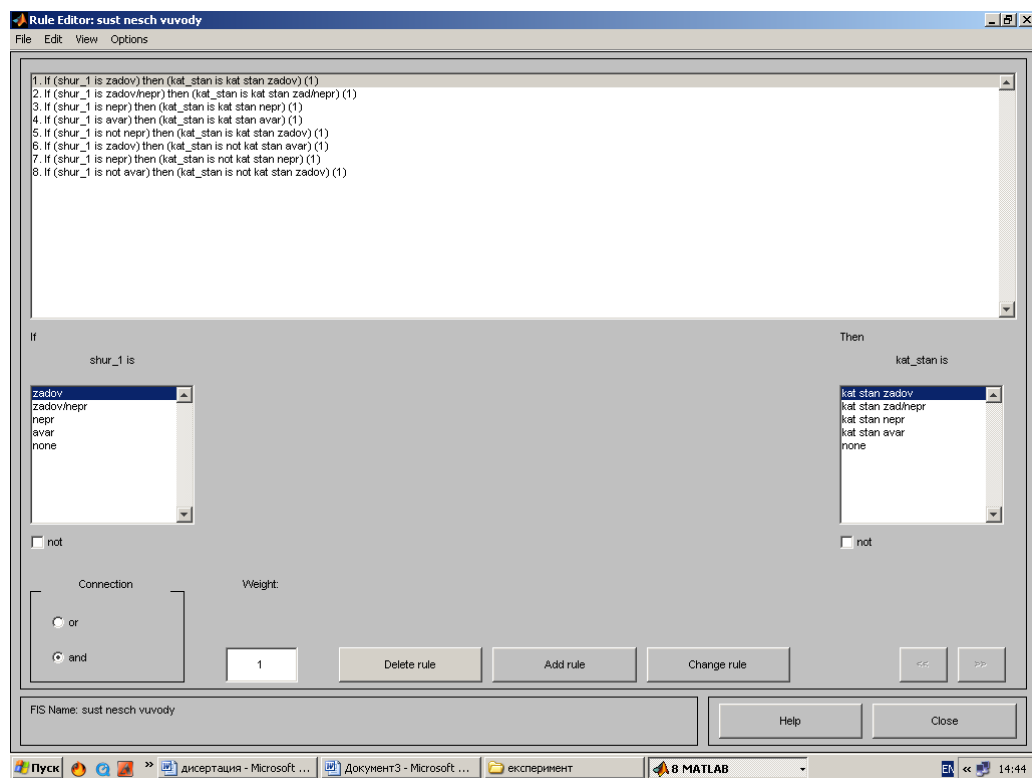


Рисунок 4.7 Редактор бази правил системи нечіткого виводу

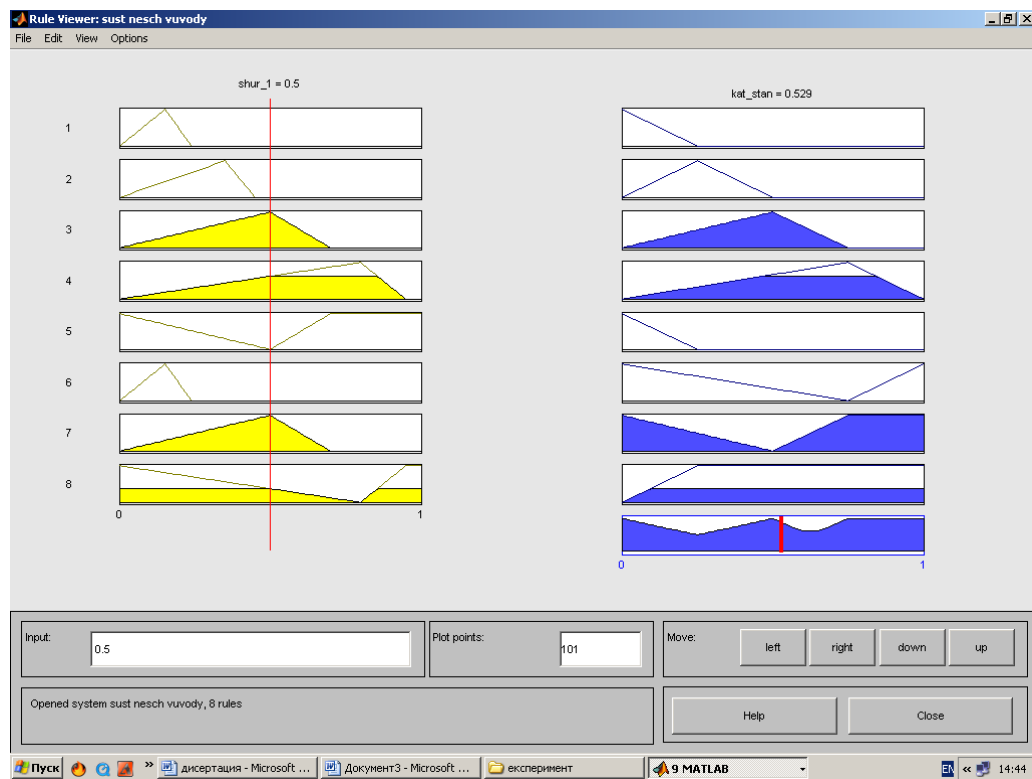


Рисунок 4.8 Графічний перегляд системи нечіткого виводу

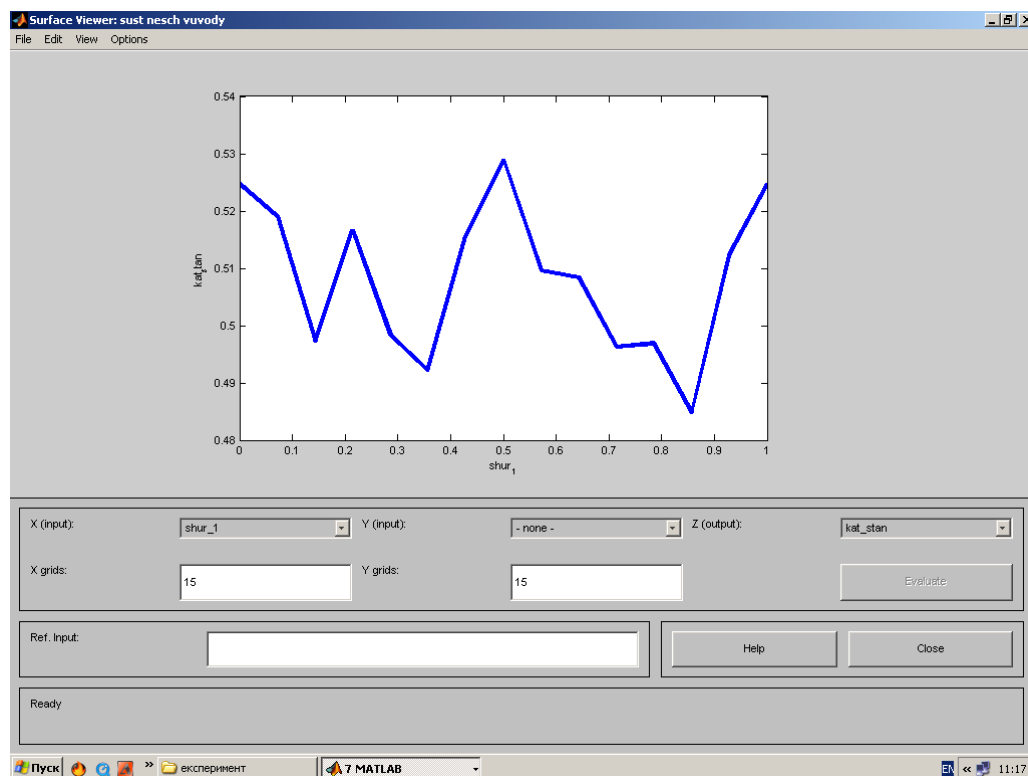


Рисунок 4.9 Графічний перегляд поверхні системи нечіткого виводу

В результаті проведеного експерименту, який був отриманий на прикладі дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані при входних (ширина розкриття тріщин) змінних та вихідних (нормативні данні, показники фізичного зносу при визначенні категорії технічного стану елементу) змінних в подальшому дає можливість аналізувати та прогнозувати надалі як буде вести себе тріщина при різних входних даних в залежності від побудови бази правил системи нечіткого виводу та отримувати значення вихідних змінних в залежності від початкових значень входних змінних.

На рис. 4.9 отриманий графік поверхні системи нечіткого виводу, на якому відображені основні піки розвитку деформації пошкодженої конструкції в залежності від категорії технічного стану нормативних документів (*kat stan*) та ширини розкриття тріщин, що задається (*shur*).

На графіку можна проаналізувати, що найбільшим піком деформації тріщини в стіні є значення ширини розкриття тріщини 0,5 мм при категорії технічного стану 0,529 мм, яка означає, що тріщина стіни знаходиться в стані непридатної щодо нормальної та безпечної експлуатації.

Це все дає можливість в подальшому проводити процес спостереження деформаційних процесів та приймати заходи щодо подальшої експлуатації як конструктивних елементів так і будівлі в цілому, в залежності від побудови та застосовування бази правил системи нечіткого виводу.

Для порівняння на рис. 4.10 – 4.16 представлена система нечіткого виводу за алгоритмом Сугено. Для систем нечіткого виводу типу Сугено вибирається метод зваженого середнього.

Алгоритм Сугено складається з наступних етапів:

1. Формування бази правил системи нечіткого виводу. В базі правил застосовуються тільки правила нечітких продукцій і формі:

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in \alpha'$ "

І " $\beta_2 \in \alpha''$ ",

ТО " $w = \epsilon_1 \times a_1 + \epsilon_2 \times a_2$ ",

де  $\epsilon_1, \epsilon_2$  – вагові коефіцієнти. Значення вихідної змінної  $w$  в заключенні визначається як деяке дійсне число.

2. Фаззифікація вхідних змінних.

3. Агрегація підумов в нечітких правилах продукцій. Для знаходження ступеню істиності умов кожного із правил нечітких продукцій використовується логічна операція *min* – кон'юнкції. Правила, ступінь істиності умов яких відмінна від нуля, важається активними та застосовуються для подальших розрахунків.

4. Активізація підвисновків в правилах нечітких продукцій. В результаті визначається множина значень та множина значень вихідних змінних.

5. Акумуляція висновків правил нечітких продукцій. Фактично відсутнє, так як розрахунки здійснюються з дійсними числами.

6. Дефазифікація вихідних змінних. Використовується модифікація метод центру тяжіння для одноточкових множин.

На рис. 4.10 представлений приклад реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом зваженого середнього за алгоритмом Сугено.

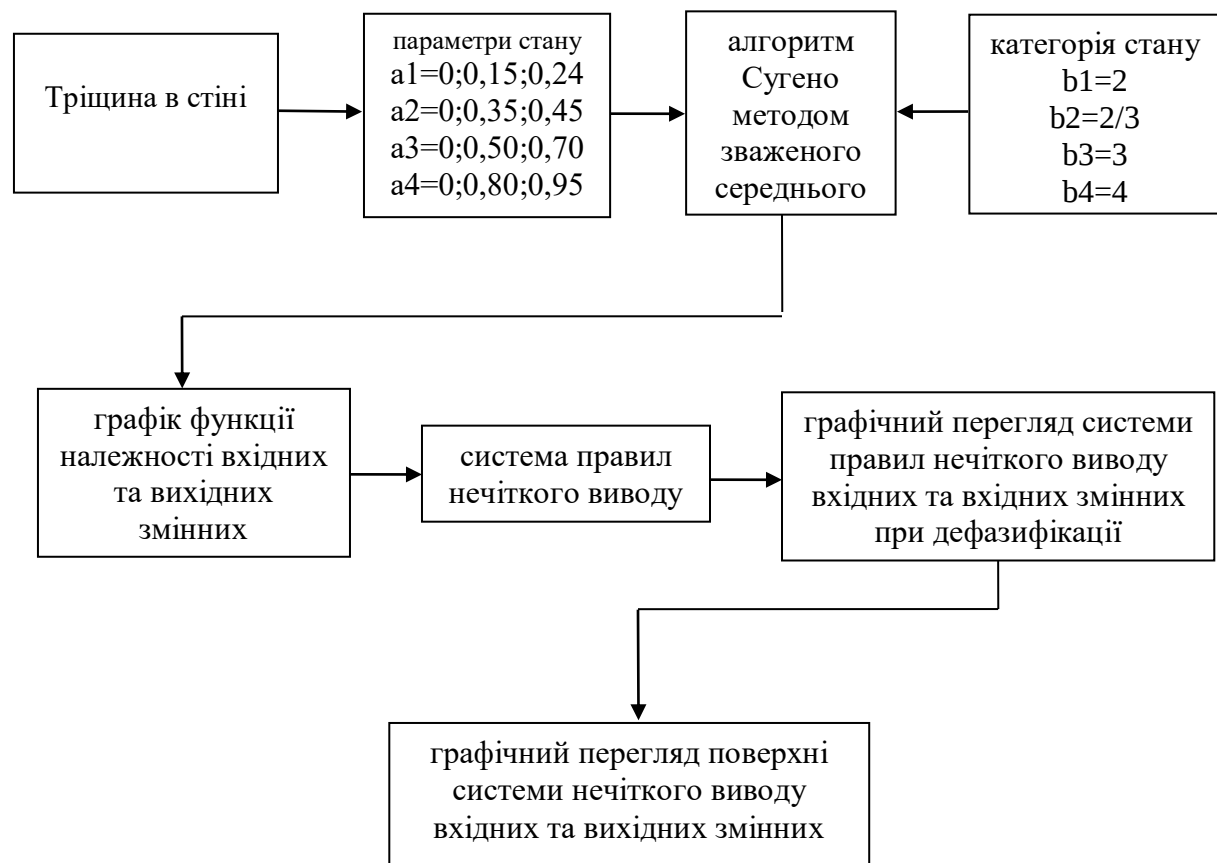


Рисунок 4.10 Приклад реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом зваженого середнього за алгоритмом Сугено

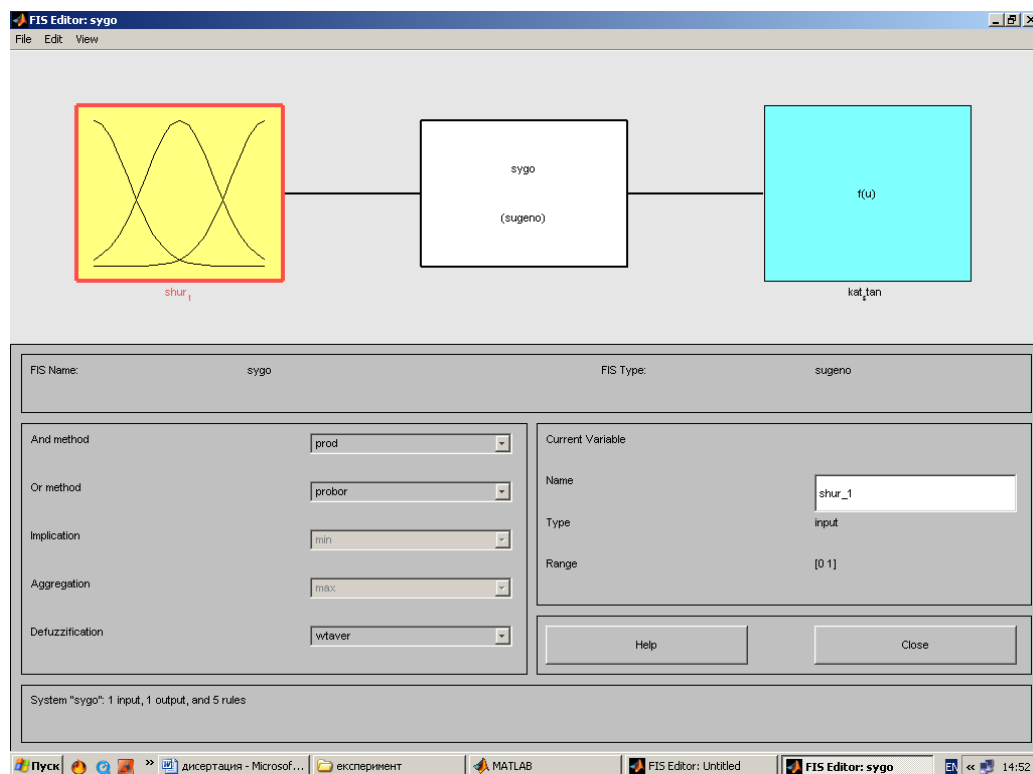


Рисунок 4.11 Графічний редактор системи нечіткого виводу

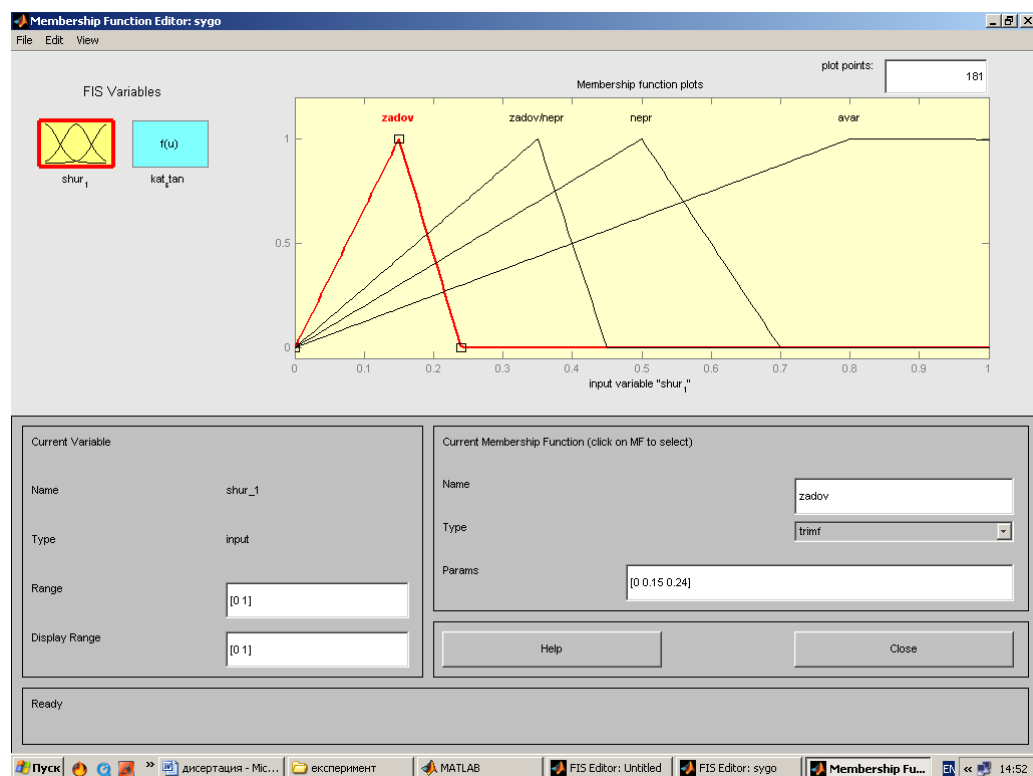


Рисунок 4.12 Редактор функції належності  
ширини розкриття тріщин

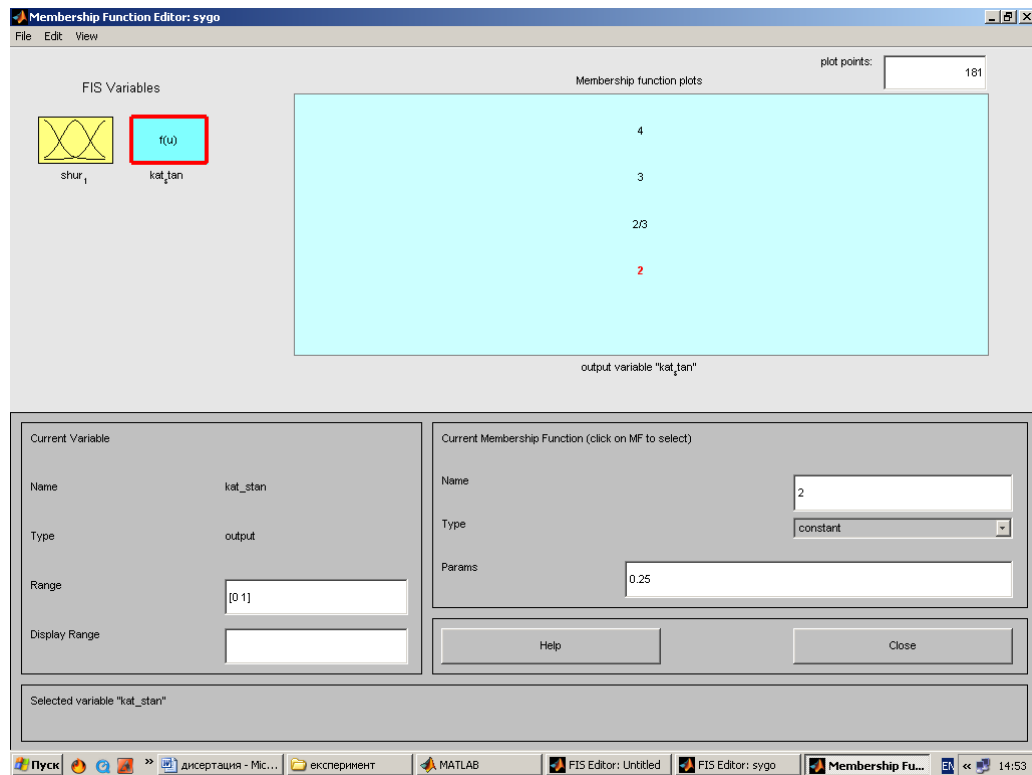


Рисунок 4.13 Редактор функції належності  
категорії технічного стану

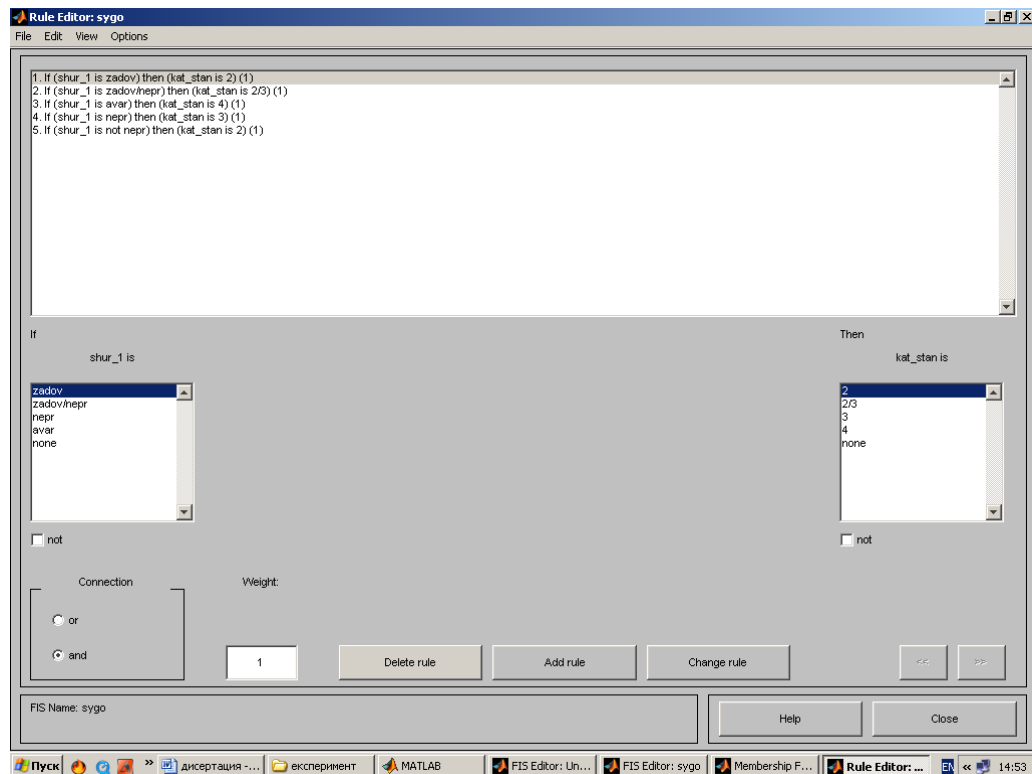


Рисунок 4.14 Редактор бази правил системи нечіткого виводу

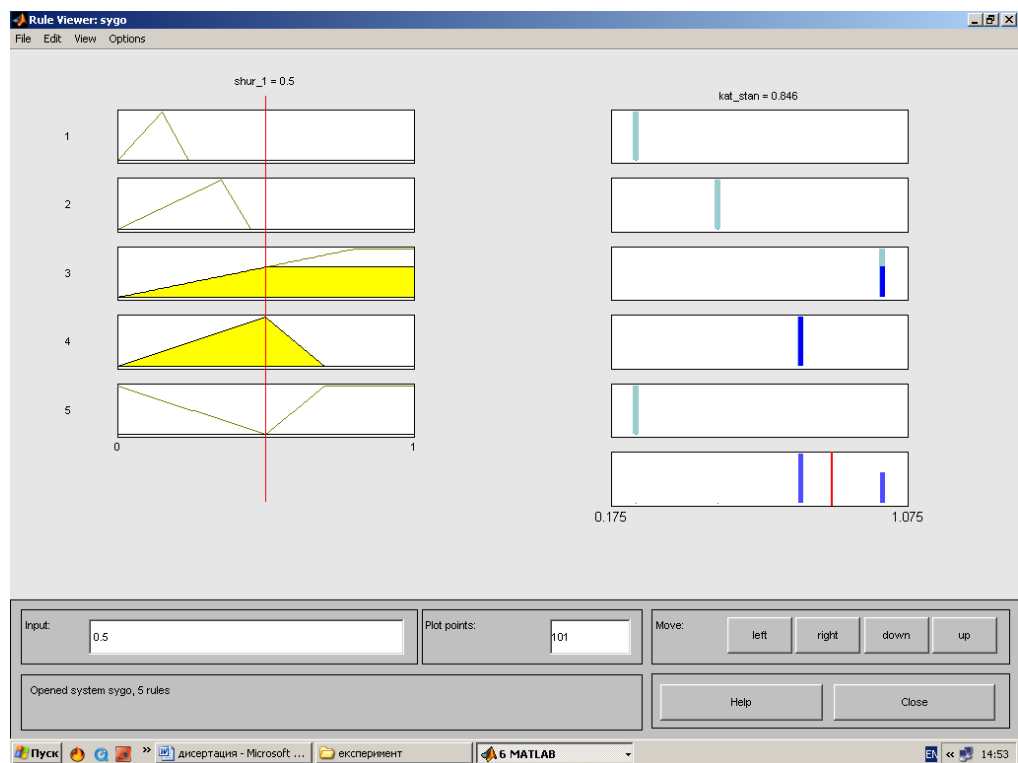


Рисунок 4.15 Графічний перегляд системи нечіткого виводу

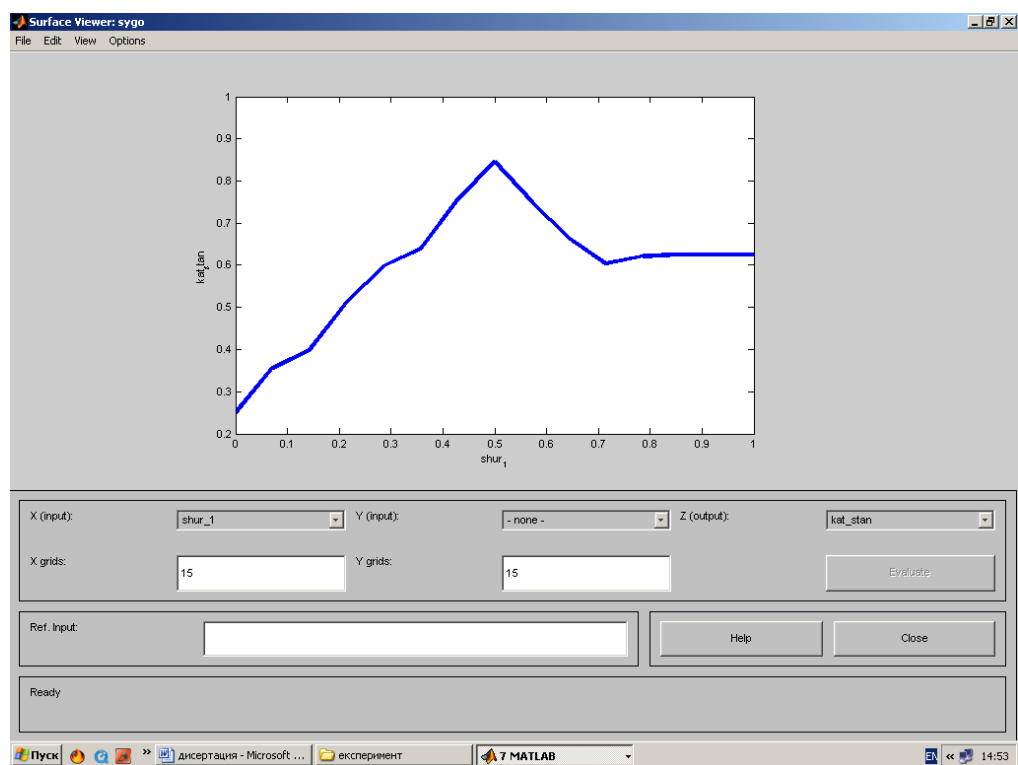


Рисунок 4.16 Графічний перегляд поверхні системи нечіткого виводу

В результаті проведеного експерименту на основі алгоритму Сугено (рис. 4.16) маємо, що на графіку поверхні системи нечіткого виводу, на якому відображені основні піки розвитку деформації пошкодженої конструкції в залежності від категорії технічного стану (*kat stan*) та ширини розкриття тріщин (*shur*), найбільшим піком деформації тріщини в стіні є значення ширини розкриття тріщини 0,5 мм при категорії технічного стану 0,846 мм, яка означає, що тріщина стіни знаходиться в стані аварійності.

Після порівняння алгоритмів Мамдані та Сугено можна сказати, що ці моделі відрізняються форматом бази знань та процедурою дефазифікації. Всі ці моделі є універсальними апроксиматорами, але при значних об'ємах виборки експериментальних даних ідентифікація за допомогою моделі типу Сугено забезпечує більшу точність. На прикладі дослідження видно, що найбільшим піком деформації є значення ширини розкриття тріщини 0,5 мм при категорії технічного стану 0,846 мм, яка означає, що тріщина стіни знаходиться в стані аварійності, але при цьому виникають труднощі зі змістовною інтерпретацією параметрів нечіткої моделі та поясненням логічного виводу. За допомогою моделі типу Мамдані таких труднощій не виникає, її параметри після навчання легко інтерпретируються змістовно. Тому, на прикладі дослідження видно, що найбільшим піком деформації є значення ширини розкриття тріщини 0,5 мм при категорії технічного стану 0,529 мм, яка означає, що тріщина стіни знаходиться в стані непридатної до нормальної експлуатації. Тому для задач, де більш важна точність ідентифікації, краще застосовувати нечіткі моделі типу Сугено, а для задач де більш важливим є пояснення, обґрунтування прийнятого рішення, будуть мати перевагу нечіткі моделі типу Мамдані.

Аналіз експерименту показав, що модель типу Сугено дозволяє працювати з великими об'ємами даних, показує більш високу точність, ніж модель типу Мамдані, при ідентифікації нелінійних залежностей.

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4

1. Проаналізовані результати експерименту з моделювання системи обстеження технічного стану та отримані результати, які відображені основні піки розвитку деформації пошкодженої конструкції в залежності від категорії технічного стану (*kat stan*) та ширини розкриття тріщин (*shur*).

2. Проведені експериментальні дослідження роботи нечіткої системи та отримані результати, які підтверджені теоретичними даними.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз сучасних інформаційних технологій системи діагностики технічного стану будівель і споруд /Терентьєв О.О., Київська К.І., Доля О.В., Горбатюк Є.В.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 36/2018, КНУБА, 2018. С. 100-107.
2. Архітектура інформаційної системи діагностики технічного стану безпечної експлуатації будівель / Терентьєв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Лященко Т.А., Серпінська О.І. // – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 44/2020, КНУБА, 2020.
3. Горбатюк Є.В., Терентьєв О.О., Доля О.В., Бородиня В.В. Оцінка недосконалостей будівельних конструкцій на основі нечітких множин. The 2nd International scientific and practical conference “Scientific achievements of modern society” (October 9-11, 2019) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2019. P.163-169.
4. Інтегровані моделі і методи автоматизованої системи діагностики технічного стану об’єктів будівництва [Текст] : монографія /В.М. Міхайленко, П.Є. Григоровський, І.В. Русан, О.О. Терентьєв // – К: ЦП «Компринт», 2017. – С. 230.
5. Інтегровані моделі та методи автоматизованої системи діагностики технічного стану конструкцій будівель та споруд. Підручник /О.О. Терентьєв, І.В. Русан, Є.В. Горбатюк, І.С. Івахненко, О.В. Петроченко, О.П. Куліков. – К.: Компринт, 2019. – 239 с.:іл.
6. Інтегровані моделі, які забезпечують прогнозування надійності прийняття рішень для задачі системи діагностики технічного стану будівель /Терентьєв О.О., Шабала Є.Є., Саченко І.А.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 32/2017, КНУБА, 2017. С. 76-80.

7. Інтелектуальні інформаційні системи і технології діагностики технічного стану будівель. Навчальний посібник / О.О. Терентьєв, І.В. Русан, Є.В. Бородавка, Є.В., Горбатюк, К.І. Київська. – К.: Компрінт, 2019. – 121 с.:іл.

8. Міхайленко В.М. Експериментальні дослідження та реалізація інформаційної системи тестування нейронної мережі для задачі діагностики технічного стану будівель / Терентьєв О.О., Шабала Є.Є., Турушев О.С.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 27/2016, КНУБА, 2016. – С. 139-144.

9. Міхайленко В.М. Аналіз сучасних інформаційних методів системи діагностики технічного стану будівель /Терентьєв О.О., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 29/2017, КНУБА, 2017. – С. 136-143.

10. Моделі, методи та інформаційна технологія діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд [Текст] : монографія /В.М. Міхайленко, О.О. Терентьєв, Є.Є. Шабала, К.І. Київська, Є.В. Горбатюк // – К: ЦП «Компрінт», 2017. – С. 161.

11. Моделі та методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Підручник /В.М. Міхайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терентьєв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. – К.: Компрінт, 2018. – 325 с.:іл.

12. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Терентьєв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Київська К.І., Азенко В.В., Бородиня В.В.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 38/2019, КНУБА, 2019. – С. 82–91.

13. Методологія створення експертної оцінки автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва /Терентьєв О.О., Шабала Є.Є., Доля О.В., Чередніченко Д.О.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 33/2018, КНУБА, 2018. С. 157-162.

14. Побудова системи діагностики технічного стану будівель на прикладі балки перекриття з використанням методів теорії нечітких множин /Терентьєв О.О., Шабала Є.Є., Саченко І.А.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 31/2017, КНУБА, 2017. С. 145-153.

15. Розробка програмного забезпечення підсистеми інтелектуальної інформаційної технології діагностики технічного стану екологічних будівель / Терентьєв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Лященко Т.А., Серпінська О.І. // – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 43/2020, КНУБА, 2020.

16. Терентьєв О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану / Баліна О.І., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 26/2016, КНУБА, 2016. – С. 153-157.

17. Терентьєв О.О. Побудова діагностичних моделей основних конструкцій будівель /Шабала Є.Є., Баліна О.І., Доля О.В.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 28/2016, КНУБА, 2016. – С. 155-159.

18. Терентьєв О.О., Григоровський П.Є., Русан І.В., Горбатюк Є.В. VII Міжнародна науково-технічна конференція “Нові технології в будівництві. BIM. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій”. Програмно-технічний комплекс реалізації автоматизованої системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій. Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 9-10 грудня 2019 р., м. Київ, ДП «НДІБВ».

19. Терентьєв О.О. Підвищення ефективності інформаційної системи комплексної безпеки захисту будівель на етапі проектування, будівництва та експлуатації / Київська К.І., Петроченко О.В.// - К.: Нові технології в будівництві, міжвідомчий науково-технічний журнал, випуск 35/2019, НДІБВ, 2019. – С. 53–59.

20. Терентьев О.О., Баліна О.І., Безклубенко І.С.. Розробка автоматизованої системи управління, моніторингу експлуатаційних витрат будівельного об'єкту. VII міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти, 25-26 березня 2020 р., м. Київ, КНУБА. – С. 95-96.

21. Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., Серпінська О.І.. Інтелектуальна інформаційна технологія системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва. VII міжнародна науково-практична конференція «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти, 25-26 березня 2020 р., м. Київ, КНУБА. – С. 97-98.

22. Gorbatyuk I.V., Terentyev O.O. Methodology of estimation of imperfection of building constructions on basis of fuzzy sets. The 14th International youth conference “Perspectives of science and education” (January 17, 2020). Slovo\word, New York, USA. 2020. P. 122-128.

23. Kyivska K., Tsiutsiura M., Tsiutsiura S., Terentyev A. Methodology for building project portfolio. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference Barcelona, Spain 24-25 February 2020. P. 147-151.

24. Kyivska K., Tsiutsiura M., Tsiutsiura S., Terentyev A. Components of information modeling of building objects. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference Athens, Greece 29-31 March 2020. P. 138-142.

25. Olexander Terentyev Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №8/2(25), August 2016. – P. 14-19.

26. Olexander Terentyev Risk assessment of delayed damage diagnostics of technical condition of building structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №2(31), February 2017. – P. 42-45.

27. Terentyev O., Grigorovskiy P., Mikautadze R., Development of the technique of expert assessment in the diagnosis of the technical

condition of buildings–Technology audit and production reserves, № 2/2(40)/2018, 2018. P. 10-15.

28. Terentyev O. 5th International Scientific Conference – «Science progress in European countries: new concepts and modern solutions». February 28, 2019, Stuttgart, Germany. – P. 805-810. Parametric modeling of information model of construction object.

29. Terentyev O. 6th International Scientific Conference – «Science progress in European countries: new concepts and modern solutions». April 19, 2019, Stuttgart, Germany. – P. 120-125. Software-technical complex of the implementation of the automatically-based system of diagnosis of construction condition of non constructions.

30. Terentyev O. Advances of science: Proceedings of articles the international scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary – Ukraine, Kyiv, 17 May 2019 – P. 247-253. Methods and analysis of the causes of damage to the system diagnostics of technical condition of buildings and structures.

31. Terentyev O. Scientific Achievements of Modern Society: Abstracts of I International Scientific and Practical Conference Liverpool, United Kingdom 11-13 September 2019. – P. 266-271. The Concept of the Information Model Construction Object.

Навчальне видання

**Терентьев Александр Александрович**

**Київська Катерина Іванівна**

**Серпінська Ольга Ігорівна**

**МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК  
В СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Навчальний посібник