

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка та до слідження автоматизованої системи підтримки  
прийняття оптимальних рішень за допомогою методів аналізу ієрархій»

(комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи КАМ-61  
спеціальності 151 «Автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Попко Т. В.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
	<u>Яцишин Л.П.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Медвідь В.Р.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Козбур В.Р.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Савків В.Б.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Микитишин А.Г.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

## АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня магістр проведено дослідження методів та алгоритмів прийняття оптимальних рішень у системах підтримки прийняття рішень з використанням методу аналізу ієрархій (МАІ).

МАІ - методологічна є основою для рішення задач прийняття рішень у різних галузях при виборі їх альтернатив з використанням багатокритеріального рейтингового оцінювання.

МАІ застосовується для підтримки прийняття рішень через ієрархічну композицію задач та проведення рейтингового оцінювання знайдених альтернативних рішень.

З допомогою МАІ, або методу Сааті, в кваліфікаційній роботі виконано наступні задачі.

1. Проведено багатокритеріальний аналіз проблеми.
2. Виконано збір даних по проблемі.
3. Проведена оцінка суперечливості вихідних даних та її мінімізація.
4. Виконано синтез проблеми прийняття та ухвалення рішень.
5. Викладено загальні задачі для організації обговорення проблеми для досягнення загального консенсусу.
6. Проведено оцінювання вагових коефіцієнтів врахування рішень і проведено оцінювання важливості прийняття кожного фактору, досліджено вплив цих факторів на пріоритети у прийнятті рішень.
7. Проведено оцінювання стійкості прийнятого рішення.

Прийняте за допомогою МАІ рішення вважають правильним і обґрунтованим при виконанні умови для неточних даних або неточної структури ситуаційної моделі ухвалені рішення істотно не впливають на рейтинги згенерованих альтернативних рішень.

## SUMMARY

In the qualification work for the master's degree, a study of methods and algorithms for making optimal decisions in decision support systems using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

MAI - methodological is the basis for solving decision-making problems in various fields when choosing their alternatives using multi-criteria ranking.

MAI is used to support decision-making through a hierarchical composition of tasks and conduct a rating assessment of alternative solutions found.

With the help of AHP, or Saati method, the following tasks were performed in the qualification work.

- 1) Multicriteria analysis of the problem.
- 2) Data collection on the problem has been performed.
- 3) An assessment of the inconsistency of the original data and its minimization.
- 4) The synthesis of the problem of decision-making and decision-making is performed.
- 5) The general tasks for the organization of discussion of a problem for achievement of the general consensus are stated.
- 6) Evaluation of weighting factors of decision-making was carried out and evaluation of the importance of acceptance of each factor was carried out, the influence of these factors on priorities in decision-making was investigated.
- 7) An assessment of the stability of the decision was made.

The decision made with the help of AHP is considered correct and reasonable if the condition for inaccurate data or inaccurate structure of the situational model is met, the decisions made do not significantly affect the ratings of generated alternative solutions.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ .....	3
SUMMARY .....	4
ЗМІСТ .....	5
ВСТУП .....	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	10
1.1 Загальні принципи для побудови систем прийняття рішень.....	10
1.1.1 Сховища даних .....	12
1.1.2 OLAP – On-Line Analytical Processing.....	13
1.1.3 DataMining (видобування даних).....	14
1.2 Засоби систем прийняття рішень: метод аналізу ієрархій.....	16
1.2.1 Задачі ухвалення рішення .....	16
1.2.2 Аналогії МАІ .....	18
1.2.3 Можливості методу аналізу ієрархій .....	19
1.2.4 Основні поняття в МАІ.....	21
1.2.5 Структури в МАІ.....	22
1.2.6 Ефективність застосування МАІ .....	24
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Алгоритми та моделювання ухвалення рішень у нечітких умовах .....	26
2.2 Помилки, що виникають при управлінні складними системами і можливі підходи до їх виправлення. Класифікація методів СППР.....	29
2.3 Застосування ЕС та автоматизованих СППР класифікація їх методів.....	39
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	45
3.1 Адаптивне керування по прецедентах, засноване на класифікації станів керованих об'єктів .....	45
3.2 Вихідні поняття .....	47
3.3 Поняття адаптивного керування.....	48

3.4 Керування погано формалізованими об'єктами.....	51
3.5 Рішення, засноване на прецедентах .....	53
3.6 Адаптивне керування на основі прецедентів .....	55
2.7 Вибір прецеденту .....	57
3.8 Адаптація рішення .....	58
3.9 Поняття локальних контекстно-контекстно-залежних метрик .....	59
3.10 Опис локальної контекстно-контекстно-залежної метрики .....	62
3.11 Можливі додатки пропонованого методу адаптивного керування .....	65
3.12 Висновок про застосування методу прецедентів.....	66
4 КОНСТРУКТОРСЬКА-ЧАСТИНА.....	68
4.1 Приклад використання критеріїв оптимального управління і прийняття рішень .....	68
4.2 Опис рішення.....	68
4.3 Умови задачі .....	69
4.4 Плановані вимоги до результатів .....	71
4.5 Схема оцінки прибутку.....	72
4.6 Ієрархія, структура й дані.....	74
4.7 Результати, підготовка до розрахунків і перегляд.....	75
4.8 Створення бібліотек СПР .....	78
4.9 Створення ієрархії.....	80
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	83
Реалізація методу аналізу ієрархій Т. Л. Сааті.....	83
5.1 Принцип декомпозиції.....	83
5.2 Принцип порівняльних суджень.....	83
5.3 Принцип синтезу пріоритетів. ....	84
5.4 Алгоритм МАІ. ....	85
5.5 Приклад використання методу .....	85
5.5.1 Етап 1. Формування ієрархії мети. ....	86

5.5.2	Етап 2. Визначення пріоритетів.....	87
5.5.3	Етап 3. Розрахунки векторів локальних пріоритетів.....	89
5.5.4	Етап 4. Перевірка обмеженості оцінки пріоритетів. ....	90
5.5.5	Етап 5. Розрахунок пріоритетів для всієї ієрархії в сукупності. ....	96
6	БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ.....	98
6.1	БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	98
6.1.2	Методи захисту та безпека підприємств промисловості, відновлення інженерно-технічного комплексу цеху (заводу).....	101
6.1.3	ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ .....	102
6.1	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	105
6.2.1	Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи мікроклімату .....	105
6.2.2	Розрахунок освітленості робочого місця.....	109
	ВИСНОВОК.....	113
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	115

## ВСТУП

Системи підтримки прийняття рішень (Decision\_Support\_Systems – DSS)

Більшість всіх корпоративних порталів є порталами підтримки прийняття рішень. Навіть портали електронної комерції, адже на підставі отриманої з portalу інформації користувач приймає рішення: купити або не купити. Відповідно методології систем підтримки прийняття рішень включають всі методології. Відзначимо, що в термінології є істотна невизначеність. Існує твердження, що підтримка прийняття рішень це частина бізнесу-інтелекту BI (Business Intelligence), інші говорять, що це синоніми, треті – що BI є частиною підтримки прийняття рішень. Але це не принципово. Можна відзначити тільки, що без бізнесу-інтелекту неможливо побудувати систему підтримки прийняття рішень, у теж час деякі конкретні системи бізнесу-інтелекту можуть і не вимагати специфічних засобів підтримки прийняття рішень. Ці засоби повинні містити моделі об'єктів керування й забезпечувати користувачів спеціалізованою й інтерактивною підтримкою процесів прийняття рішень, відповідаючи на питання про те, як поведеться об'єкт при прийнятті того або іншого рішення й до яких результатів це рішення приведе.

Звичайно система підтримки прийняття рішень має три основні складові: сховище даних, базу моделей і критеріїв модуль взаємодії.

База даних містить вихідні дані, на підставі яких і приймається рішення. База моделей містить деяку кількість моделей, які можуть використатися для аналізу прийнятих рішень, і критеріїв оцінки прийнятих рішень. Модуль діалогу забезпечує діалогову взаємодію системи й кінцевого користувача, без якого система в принципі не може функціонувати у процесі діалогу система підтримки прийняття рішень повинна оперативно порівнювати можливі рішення задачі на підставі закладених моделей і

критеріїв, дозволяти користувачеві перевіряти або пропонувати різні рішення, а також моделювати результати.

Основна функція такої системи - багатокритеріальна оцінка, порівняння можливих рішень, відповіді на питання користувача "що якщо?", і пропозиція користувачеві найкращих можливих рішень. Результат роботи системи це ранжування й рейтинги аналізованих об'єктів, але отримані не автономно, а з особистою участю людини.

Іноді особливо виділяються системи підтримки прийняття стратегічних рішень (Executive\_Information\_Systems - EIS) - системи, орієнтовані на стратегічні потреби вищого керівництва.

У принципі це ті ж системи DSS, відмінності тільки в специфіці вихідної інформації (більш широкій) і специфіці подання даних (більш простій і наочній).

Відзначимо одне, ще дотепер існує думка про те, що, купивши досить дорогу комп'ютерну програму можна вирішити всі свої проблеми. Звичайно, комп'ютерні програми автоматизації процесів прийняття рішень необхідні, але самі по собі вони дозволяють тільки розширити конкретне вихідне інформаційне поле, візуалізувати його, провести ряд рутинних конкретних обчислювальних (у тому числі й логічних) операцій. Причому це дуже конкретні ексклюзивні системи. Якщо вони й можуть існувати у вигляді стандартних програм, то це значить що існує математична формальна модель і відповідний бізнес, і методи його оцінки. Але будь-який реальний бізнес унікальний, а критерії й оцінки бізнесу ще більш унікальні, тому що базуються й на зовнішнім оточенні бізнесу. Тому не варто намагатися впроваджувати готові покупні «рішення», це приведе тільки до втрати часу й ресурсів, та й може просто дезорганізувати роботу компанії. Для бізнесу не існує стандартних шаблонних тиражованих рішень. Особливо в сфері бізнесу-інтелекту й прийняття управлінських рішень.



# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Загальні принципи для побудови систем прийняття рішень

У цей час, коли процес автоматизації у різних галузях та видах діяльності прийшов практично на кожне сучасне підприємство, обчислювальні системи підприємств та комп'ютерні мережі галузей накопичують великі обсяги даних. Великі масиви даних та інформації дозволяють виконувати більш точніші розрахунки та здійснювати докладний аналіз, що перетворює пошук для генерування оптимальних рішень у складну задачу.

Для спрощення задач пошуку рішень розроблено окремий клас програмних систем призначених для полегшення та покращення результатів робіт з аналізу даних. Такі системи назвали системами підтримки прийняття рішень -СППР (DSS, Decision Support Systems). Виділяють три основні задачі для СППР, – введення, зберігання та аналіз даних.

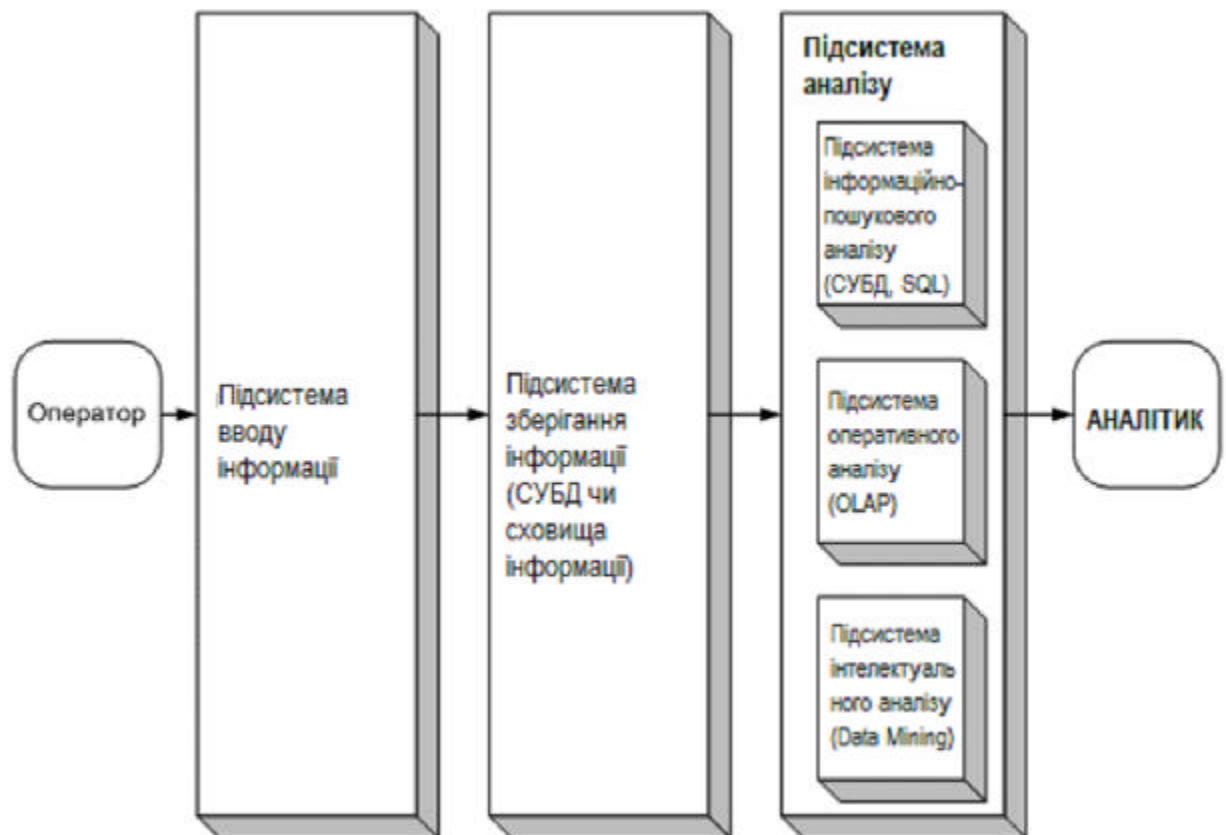


Рисунок 1.1 – Архітектура СППР (DSS, Decision Support Systems) системи прийняття рішень.

Існуючі інформаційні системи, побудовані у вигляді систем керування базами даних (СУБД) досить успішно вирішують задачі введення (збору) інформації в систему, зберігання й пошуку інформації й частково - аналізу.

Рішення задачі зберігання даних, а також подолання певної суперечливості вимог до СУБД і систем, які орієнтовані на глибокий аналіз інформації, привело до виникнення й більш широкому використанню для підходів орієнтованих на використання концептуальної методології сховищ даних.

Основна ж задача СППР - надання аналітикам інструментарію для здійснення аналізу даних, особливо коли це стосується великих обсягів даних та інформації у різних формах (BigData). СППР не генерує правильні рішення, а надає аналітові інформацію та дані у відповідному вигляді для їх аналізу і вивчення, тому подібні системи виконують функції по підтримці прийняття та ухвалення рішень.

Основна задача СППР – це надання системним аналітикам засобів та інструментів для здійснення глибокого аналізу даних їх упорядкування, класифікації та кластеризації, для знаходження зв'язків по категоріям. По ступеню інтелектуальності опрацювання даних при проведенні їх аналізу формується три окремі класи задач аналізу:

1. Клас інформаційно-пошуковий. Система реалізує алгоритм пошуку даних у відповідності до наперед сформованих запитів. Цей клас опрацювання даних вирішують через розроблення систем інформаційно-пошукового аналізу на базі реляційних СУБД та запитів з використанням засобів SQL.
2. Клас оперативно-аналітичний. Система здійснює групування та узагальнення даних у вигляді, який визначає аналітик. Причому, у цьому випадку, попередньо неможливо передбачити запити необхідні аналітові. Цей клас задач вирішують через розроблення систем оперативного аналізу які використовують технологію оперативного

аналітичного аналізу та обробки даних OLAP, при застосовуванні концепції багатомірного (багатовекторного) аналізу даних.

3. Клас інтелектуальний. Система здійснює інтелектуальний пошук логічних і функціональних зв'язків та закономірностей в масиві нагромаджених даних, будує моделі та правила, котрі обґрунтовують знайдені зв'язки та залежності та з певною ймовірністю виконують прогнозування розвитку процесів. Ці завдання вирішуються через розроблення систем інтелектуального аналізу, які реалізують методологію та алгоритми DataMining.

### **1.1.1 Сховища даних**

У основі концептуальної реалізації Сховищ даних (СД) є завдання класифікації та розділення даних, які використовують для їх формалізації, опрацювання і в подальшому для виконання задач аналізу.

Класифікація та розділення даних сприяє структурній оптимізації даних при їх оперативному зберіганні, при виконанні операцій введення, модифікації даних, при їх видаленні і при виконанні пошуку. Відповідно оптимально класифіковані дані, так і структури даних при здійсненні операцій їх опрацювання та аналізу (при виконанні аналітичних запитів) дають кращі результати та показують вищу швидкодію.

Прийняті та ухвалені рішення на базі виключно єдиного фактору, можуть бути невірним або неефективним. СД інтегрують дані, які відтворюють різні підходи та висновки для єдиної предметної області.

Оперативні джерела даних розробляються неодноразово, за допомогою різного типу засобів і інструментів їх накопичення і опрацювання. Це спричиняє ситуацію різного набору даних та опису для одних і тих же об'єктів. Цю проблему вирішують за рахунок інтеграції даних у СД при приведенні даних до єдиного формату.

Вимогою до оперативного джерела даних є часові обмеження для зберігання в них даних, – дані, які не використовують у оперативній обробці,

видаляються з бази для зменшення загального обсягу ресурсів. Для проведення глибокого аналізу дані вимагаються за максимально можливий період часу.

На відміну від БД, у СД інформація після завантаження тільки читається, що за рахунок відсутності більш тривалих операцій запису і модифікації дозволяє суттєво збільшити швидкість доступу до даних.

Складні аналітичні запити до джерел оперативних даних вимагають великого обсягу і потужності обчислювальних ресурсів. Відповідно швидкодія системи знижується, що є неприпустимим для таких систем, так як часові вимоги до них є критичним фактором.

Тобто, дані і інформація, які пройшли певну підготовку і зібрані в СД використовуються для їх аналітичної обробки та ухвалення на їхній основі оптимальних рішень.

Формування аналітичних запитів і подання результатів їхнього виконання в системах підтримки прийняття рішень виконує підсистема аналізу (OLAP, Data Mining).

Спрощений варіант СД є ВІТРИНА ДАНИХ (ВД).

ВД наближена до кінцевого користувача, містить інформацію зорієнтовану на нього (для прикладу, вітрина даних для персоналу відділу менеджменту містить дані виключно для їх використання в управлінському аналізі).

ВД значно менші по обсягу чим СД, їх реалізація не вимагає великих витрат. Вони реалізуються самостійно так і інтегровано з СД.

### **1.1.2 OLAP – On-Line Analytical Processing**

У процесі ухвалення рішень користувач генерує деякі гіпотези. Перевірка гіпотез здійснюється на підставі інформації про аналізовану предметну область. Як правило, найзручнішим способом подання такої інформації є взаємозалежність між деякими параметрами. Наприклад, залежність об'єму продажів від регіону, часу, категорії товар і т.д.

У процесі аналізу даних, пошуку та ухвалення рішень виникає потреба побудови залежностей між різними параметрами. Крім того, число таких параметрів може варіюватися в широких межах. Традиційні засоби аналізу, що оперують даними, які представлені у вигляді таблиць, не можуть повною мірою задовольняти такими вимогам.

Для аналізу інформації та даних найзручнішим методом її представлення є багатомірна модель, – . Ребра цього гіперкуба є виміри. Це дозволить проводити аналіз даних одночасно по декількох ребрах-вимірах, тобто виконувати багатомірний аналіз інформації.

Багатомірний аналіз даних тісно пов'язаний з оперативним аналізом, через засоби OLAP-систем.

OLAP (On-Line Analytical Processing) – метод оперативного аналітичного опрацювання даних, який використовує засоби збирання, зберігання та багатомірного аналізу даних з метою підтримки процесу ухвалення рішення.

Призначення OLAP систем – реалізація аналітичної діяльності, при формуванні довільних запитів аналітиків. Мета OLAP аналізу – перевірка гіпотез по ухваленню рішень.

### **1.1.3 DataMining (видобування даних)**

OLAP-системи це засіб аналітика для перевірки гіпотез при аналізі даних, тобто основна задача аналітика є продукування гіпотез, які він формулює базуючись на власному досвіді та знаннях.

Для виявлення «схованих» взаємозв'язків у інформаційних масивах застосовують метод автоматичного аналізу - Видобуток Даних (DataMining) (ВД).

Методи ВД вирішують велику кількість задач для аналітиків при їх роботі для ухвалення рішень.

До базових методів ВД прийнято відносити насамперед алгоритми, засновані на переборі та підходи, які використовують елементи теорії статистики.

Для виявлення схованих взаємозв'язків у інформаційних масивах виключне застосування методів ДД є недостатнім, але цей етап є базовим для процесу інтелектуального аналізу.

Процес ВД проходить по наступних етапах.

- Розгляд та формулювання задачі аналізу;

На цьому етапі здійснюють початковий аналіз поставленої задачі, уточнення мети, яка досягається методами DataMining. Точно і адекватно сформульована мета та відповідно вибрані методи і способи її досягнення визначають ефективність усього процесу.

- Очищення та підготовка масивів інформації для проведення автоматизованого аналізу;

Формалізація даних до виду, придатного для використання обраних методів DataMining,

- Використання методів для створення моделей;

Варіанти та методи використання є багатозадачними та реалізуються за рахунок складного комбінування різних методів. Це характерно для використання методів, які проводять аналіз даних і інформації з використанням різних базових точок зору.

- Перевірка отриманих інформаційних моделей;

Формування висновків про адекватність отриманих моделей.

- Інтерпретування адекватних моделей аналітиком для ухвалення рішень, додавання згенерованих правил та взаємозалежностей у бази знань.

Цей етап є завершальним циклом DataMining.

## **1.2 Засоби систем прийняття рішень: метод аналізу ієрархій**

Як приймаються вірні і адекватні? Це питання є актуальним в будь якій галузі. Найчастіше питання прийняття та ухвалення рішення вирішується на інтуїтивному рівні при використанні певної бази знань та досвіду. Які можливості існують для реалізації процесу ухвалення рішення технологічними, комфортними, технологічними ефективними шляхами.

На даний час є багато програмних засобів та інформаційних технологій, які достатньо спрощують та полегшують процеси ухвалення рішень у різних галузях та предметних областях. Достатнє поширення і застосування отримали СППР на основі Методу Аналізу Ієрархій, який розроблений та запропонований американським ученим Т. Сааті.

### **1.2.1 Задачі ухвалення рішення**

Процес ухвалення рішень у різних галузях має багато спільних рис та аналогій. Актуальним є використання універсального методу СППР.

Рішення управлінських, економічних, політичних, технічних, медичних, соціальних проблем завжди мають кілька варіантів. Як правило особа, котра приймає рішення, використовує інтуїтивні підходи використовуючи певний досвід та базу попередніх знань. Відповідно прийняті рішення є обмеженими та невизначеними, що знижує якість прийнятих рішень.

Процес підготовки та безпосередньо прийняття рішення на всіх етапах виражений кількісно у наступних категоріях, – перевага, бажаність важливість та тому подібне.

Задачу прийняття рішення розглядають наступним чином.

Вихідними даними для ухвалення рішення є:

- 1 – кілька типових альтернативних об'єктів, дій і т.д.),
- 2 – головна мета, критерій порівняння альтернативних рішень,

3 – виділення та групування по однотипних факторах, складових частинах дій, критеріїв, об'єктів та т.п., які мають вплив на відбір альтернативних рішень.

Кожному альтернативному рішенню присвоюється відповідний пріоритет виражений числовими значеннями. Відповідно отримують рейтингову оцінку альтернативних рішень. Чим краще альтернативне рішення за обраним критерієм, тим вищий його пріоритет.

Ухвалення рішень обґрунтовується величиною пріоритетів.

Простий приклад.

Керівникові фірми необхідно обрати програму для бухгалтерського обліку для придбання. Альтернативні рішення які пропонує ринок ПЗ: ПАРУС, 1С–підприємство, С2, Бухгалтер–v.3, програма виготовлена на замовлення.

Головна мета ухвалення рішення це обрання найефективнішої програми для бухгалтерського обліку при найменших затратах. Фактори, які впливають на рішення: вартість, параметри програми, захищеність інформації, гнучкість налаштування, можливість масштабування, вимоги ПЗ до апаратних ресурсів й ін.

Проводиться рейтингове оцінювання ПЗ.

Ухвалюється рішення - придбання ПЗ, яке має найвищу рейтингову оцінку.

Задача ухвалення рішення зводиться до наступних двох пунктів:

1. Вибір ПЗ (вибір або відхилення варіантів із групи можливих),
2. Розподіл наявних ресурсів для кожного окремого варіанту з врахуванням його розрахованого пріоритету.

Велика кількість задач зводиться до задачі ухвалення рішення в наведеному тут формулюванні. Відзначимо, що для реального процесу ухвалення рішення є супутні проблеми CommonInf\_SatelliteProblem, які успішно вирішуються за допомогою методу аналізу ієрархій (MAI).



### 1.2.2 Аналогії МАІ

1) МАІ містить аналогії з теорією ймовірностей та математичною статистикою.

Пріоритетні оцінки альтернативних рішень це додатні числа, сума яких рівна одиниці. Це ототожнюється з ймовірностями обрання альтернативних рішень. Пріоритети факторів впливу на рейтингову оцінку альтернативних рішень вважають ймовірностями гіпотез. Відповідно методи розрахунку пріоритетів альтернативних рішень є аналогічним до використання виразу визначення повної ймовірності.

Для моделей з врахуванням зворотних зв'язків визначаються відповідності по термінології та ідеології між МАІ та марковськими випадковими процесами, які містять дискретні набори станів з визначеними дискретними часовими мітками, – марковськими ланцюгами.

2) МАІ містить аналогії з теорією графів.

Структурна схема прийняття рішення в МАІ зводиться до вигляду направлено графа. Вузли графа є альтернативи, критерій рейтингування альтернативних рішень зводиться до факторів, які мають вплив на рейтингове оцінювання альтернатив. Напрявлені дуги графа це зв'язки впливу вузлів на пріоритети інших вузлів.

3) МАІ містить аналогії теорією ненегативних матриць.

Розрахунок рейтингових оцінок в МАІ математично обґрунтовуються методами обчислення власних векторів для ненегативних матриць (для стохастичних включно).

4) МАІ містить аналогії з експертними системами.

Методи ухвалення рішення за допомогою експертних систем за допомогою баєсівських методів логічних висновків, є частковим випадком застосування МАІ.

5) МАІ містить аналогії з технологіями штучних нейронних мереж.

Зворотна задача MethodUse\_InversTask у МАІ по способу рішення й процедури узгодження аналогічна до навчання нейронних мереж.

б) МАІ містить аналогії з синергетикою.

Моделі побудовані за допомогою МАІ мають кластерну структуру. Кластер є елементарною ієрархічною структурою. У межах кластерів МАІ використовує поняття векторів пріоритетів. Для системи кластерів рейтинг альтернативних рішень формується на базі векторів пріоритетів окремих кластерів. У випадку видалення частини кластерної структури підсумковий рейтинг у цілому зберігається.

### **1.2.3 Можливості методу аналізу ієрархій**

МАІ – складає методологічну базу для вирішення задач вибору альтернативних рішень через багатокритеріальне рейтингове оцінювання.

МАІ розроблений американським ученим Т. Сааті на даний час трансформувався до великої міждисциплінарної області науки, котра містить математичні й психологічні обґрунтування та чисельні додатки.

Основна мета використання методу – підтримка ухвалення рішень за допомогою побудови ієрархічної композиції задачі та рейтингового оцінювання альтернативних рішень.

Функціональні характеристики МАІ.

1. МАІ проводить аналіз проблеми. Прийняття рішень представлено через ієрархічно упорядковані альтернативи для:

- Головного критерію, мети рейтингового оцінювання можливих рішень ждя ухвалення,
- Множини рівнів, груп однотипних факторів впливу на рейтингове оцінювання,
- Групи альтернатив для ухвалення рішень,
- Зв'язків взаємного впливу факторів і рішень.

Для всіх вузлів проблеми визначено їх взаємний вплив один на одного.

2. МАІ проводить збір даних та інформації по проблематиці.

Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції ситуаційної моделі прийняття рішення зводиться до кластерної структури. Множина варіантів рішень та фактори впливу на їх пріоритетність розбиті на групи – кластери. Процедура порівнянь по парах альтернатив визначає пріоритет об'єктів кожного кластеру за допомогою методу власного вектора. Проблема збору даних є розбитою на прості задачі в межах окремих кластерів.

3. МАІ оцінює суперечливість вихідної інформації та даних та мінімізує їх.

В МАІ діють процедури узгодження. Визначаються найсуперечливіші дані, що виявляє найменш зрозумілі ділянки проблеми, для них організовується їх ретельний вибірковий аналіз.

4. МАІ проводить синтезування проблем прийняття рішення.

Після проведеного аналізу проблем та збору необхідних даних і інформації по кластерах за спеціальним алгоритмом обчислюється підсумкова рейтингова оцінка по множині пріоритетів альтернатив. Властивості рейтингу забезпечують підтримку ухвалення рішень, приймається рішення з найвищим значенням пріоритету. МАІ створює рейтингові оцінювання груп факторів, оцінює пріоритет та важливість кожного фактору.

5. МАІ організовує загальний спільний аналіз проблеми для досягнення консенсусу.

Результати спільного аналізу та обговорення проблеми прийняття рішення розглядаються як альтернативи рішень. МАІ відповідно застосовують для визначення важливості врахування пропозицій кожного учасника обговорення.

6. МАІ оцінює вагові коефіцієнти врахування альтернативних рішень та важливість врахування окремих факторів впливу на значення пріоритетів альтернативних рішень.

У відповідності до сформульованої задачі ухвалення рішення значення пріоритетів прямо пропорційно залежить від оптимальності рішення.

Рішення з низьким значенням пріоритету видаляються як несуттєві. Метод оцінює пріоритети факторів впливу. Відповідно, при видаленні певного фактору впливу пріоритет альтернативи рішення змінюються несуттєво, та даний фактор можна вважати не впливовим для даної задачі.

7. МАІ оцінює стійкість ухвалених рішень.

Ухвалене рішення вважають обґрунтованим якщо похибки даних або структури ситуаційної моделі прийняття рішення не мають істотного впливу на рейтингову оцінку альтернативних рішень.

#### **1.2.4 Основні поняття в МАІ**

У відповідності до сформульованої задачі ухвалення рішень структурна схема моделі прийняття рішення МАІ являє собою схему, граф, який містить у собі наступні компоненти:

- Набори множин альтернативних рішень,
- Головний критерій рейтингового оцінювання ухвалення рішення,
- Множину груп типових факторів впливу на рейтингову оцінку,
- Групу напрямлених зв'язків впливу на рейтингову оцінку рішення, критеріїв та факторів взаємного впливу.

Структурна схема моделі відображає результати ситуаційного аналізу прийняття рішення.

Перша множина понять описує можливі структурні схеми моделей прийняття рішень. Розрахунок значень вагових коефіцієнтів пріоритетів альтернативних рішень відповідно до отриманої структурної схеми проводять у відповідності до накопичених даних про вагомість взаємних впливів рішень, факторів і критеріїв один на одного.

Друга множина понять використовується для опису даних моделей ухвалення рішення. Після формування структурної схеми та збору інформації і даних в повному обсязі модель прийняття рішення готова, відповідно до неї отримують рейтингові оцінки пріоритетів рішень і факторів. Накопичені дані про рейтинг пріоритетів застосовують для підтримки прийняття рішення.

Третя множина понять описує результати отриманих у моделях прийнятих рішень.

Четверта множина понять пояснює організацію обчислень.

Накопичені дані та знання цих понять необхідні для розуміння математичного обґрунтування використаних методів.

### 1.2.5 Структури в МАІ

**Вузол** – назва всіх можливих альтернатив рішень, головної мети або критерію рейтингової оцінки ухвалених рішень. Відповідно, вузлами формально описуються і множина факторів які впливають на рейтинг. Вузол називають у відповідності до назви альтернатив факторів, критеріїв та рішень. Математично ситуаційна структурна схема прийняття рішення (структурна модель) в МАІ представлена графом. Фактори, критерії та рішення є вузлами проблеми прийняття рішення.

**Рівень** – множина однорідних, рівноправних, однотипних, гомогенних вузлів. Рівень називають по його призначенню, функціям групи вузлів, які формують рівень, у ситуаційні моделі прийняття рішення. Вузли визначені власною назвою та назвою рівня, який його містить. Окремі рівні формують альтернативи рішень, вузли рівня повинні бути однотипні, тобто вони мають бути рішеннями; на інших рівнях вузли такими не є. Головна мета або критерій рейтингового оцінювання формує окремий рівень. На рейтингове оцінювання мають вплив кілька множин факторів, які формують відповідні рівні.

**Вершина** – вузли які відповідають головній меті, критерію відбору альтернативних рішень.

**Зв'язок** – направлене з'єднання вузлів при наявності впливів одного вузла, домінуючого, на інший вузол, підпорядкований.

Схемно зв'язки зображені стрілками з вказаним напрямком зв'язку, який відповідає напрямку впливу, від домінанти, ведучої вершини до підлеглої, ведомої. Згідно теорії графів зв'язки це дуги направленого графа.

Зв'язки від вузлів-факторів до вузлів-рішень визначають переваги, важливості або оптимальність рішень, які оцінюють через вплив даного вузла-фактору. Зв'язки від вершин до вузлів факторів визначають важливість врахування факторів та оцінюються через головний критерій рейтингового оцінювання альтернатив.

Зв'язки від вузлів факторів до інших вузлів факторів визначають важливість врахування другого фактору через перший фактор.

**Кластер** – множина вузлів певного рівня, яка відповідає вузлу іншого рівня, який є вершиною кластера, домінуючому вузлу. Кластери формуються за рахунок розміщення зв'язків між вузлами. Розміщення зв'язків формує кластерну структуру. Важливість вузлів кластера одного до іншого оцінюється у відповідності із вузлом, який є вершиною кластера. Кластер визначається власною вершиною, назвою рівня, переліком вузлів.

**Система.** Визначає структуру, схему ситуаційної моделі ухвалення рішення та містить множину всіх вузлів, групованих по рівнях, та множину всіх зв'язків між вузлами. Математично система в МАІ є направленим графом, мережею. Зв'язки які з'єднують вузли визначаються як шляхи. Шляхи є частинами основних шляхів, які прокладені від головної мети, критерію рейтингового оцінювання через вузли факторів до вузлів альтернатив. Основні шляхи утворюють логічні ланцюги які визначають вибір одного з альтернативних рішень. Система має ієрархічну будову, але не утворює строгу ієрархію.

Назва системи визначається її призначенням, сферою діяльності і галузі для яких ухвалюється рішення.

**Ієрархія.** Це система рівні якої розташовані й пронумеровані у наступному порядку:

Нижній рівень містить альтернативи рішень з рейтинговими оцінками,

Вузли рівнів з більшими номерами домінують над вузлами рівнів з меншими номерами. В ієрархії зв'язки визначають шляхи одного напрямку від вершин до альтернатив рішень через проміжкові рівні, утворені вузлами

факторами. Система утворює строгу ієрархію у випадку, коли допускаються виключно зв'язки між сусідніми рівнями з напрямком від верхнього рівня до нижнього.

**Система зі зворотними зв'язками.** Зворотні зв'язки визначені для випадку довільної нумерації рівнів у системі є вузли на певних рівнях які домінують над вузлами рівнів з більшими і меншими номерами. Система яка містить зворотні зв'язки від перестановки рівнів не зводиться до ієрархії. Система зі зворотними зв'язками обов'язково містить шляхи котрі здійснюють перетин деяких рівнів хоча б двічі.

Формування структур без зворотних зв'язків і з зворотними зв'язками здійснюють згідно певних правил.

### **1.2.6 Ефективність застосування МАІ**

Для випадку, коли для ухвалення рішень досить використовують виключно об'єктивні дані, то за змістом, точністю й швидкістю отримання результатів краще підгодять інші методи ППР, наприклад методи оптимізації цільового критерію.

Метод є надто громіздкий для прийняття рішення в простих ситуаціях, через те що для збору та аналізу даних необхідно проведення багатьох парних порівнянь. Проте для масштабних проблем ухвалення рішень з великою кількістю факторів і вихідних даних, відповідна вартість неправильних рішень є високою, тоді необхідний відповідний інструментарій. МАІ розбиває складну проблему прийняття рішення на ряд простих з виявлення суперечностей між альтернативами.

Для ухвалення стратегічних рішень доводиться опиратися на досвід й інтуїцію фахівців аналітиків, ніж на наявні об'єктивні дані. Для цього випадку результати, отримані МАІ, є більш реалістичними та правильними ніж результати отримані за допомогою інших методів.

Рейтингове оцінювання можливих альтернатив рішень базується на очевидних та логічних принципах. Вони є більш переконливішими ніж дані

та моделі для підтримки прийняття рішення, отримані за допомогою методів типу «чорного ящика». Для цих методів вхідна інформація про проблему перетворюється у вихідну модель ухвалення рішення по принципах у яких структура ситуаційної моделі прийняття рішення не розкривається.

МАІ не передбачає спрощень структури задачі, відкидання апріорі деяких ознак. Він ефективніший ніж інші аналітичні інструменти та враховує впливи множин різнопланових факторів на вибір та ухвалення рішення.

Створення структурної схеми ситуаційної моделі прийняття рішення є трудомісткий процес, проте її укладання вона може в подальшому застосовуватись багатократно при мінімальному коригуванні її структури та наповнення відповідними модифікованими даними. Тобто ухвалення рішень для типових задач може бути уніфіковано, відповідно застосування методу стає ефективнішим.



## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Алгоритми та моделювання ухвалення рішень у нечітких умовах

На даний час актуально є поводити аналіз процесу керування складними системами в умовах невизначеності інформації. Для загальних випадків складні умови управління та експлуатації технологічних комплексів в сучасних галузях приводять до необхідності врахування під час процесів управління і контролю наступних видів невизначеностей.

Недостатня точність інформації, котру отримують з об'єктів керування (ОК), котра спричинена великою похибкою датчиків вимірювання різноманітних управлінських та технологічних параметрів, їхньої невисокою надійністю, відмовою каналів зв'язку, наявністю великого значення затримки при передаванні даних з рівнів управління, відсутністю вимірювання параметрів у всіх без виключення точках управління виробництвом та технологічними процесами. Усі вище перелічені вади створюють відповідні перешкоди для створення відповідних моделей. Подібні типи невизначеностей викликають похибки при встановленні параметрів змінних та аргументів у моделях, неточності у визначенні початкових і граничних умов.

Похибки моделей ОК, викликані невідповідністю розв'язків системних ієрархічних багаторівневих моделей та використанням окремих обмежених локальних задач.

Недостовірність моделей виникає через неправильно проведену декомпозицію загальної задачі управління, через надлишкову ідеалізацію параметрів моделей складних процесів, порушення суттєвих зв'язків у виробничих комплексах, через дискретизацію, лінеаризацію, заміну реальних характеристик обладнання стандартними паспортними і т.д.). Велика складність об'єктів, їх складна формалізація, нелінійність, наявність суб'єктивних критеріїв оцінювання та обмежень викликають необхідність використовувати принципи нечітких моделей [39, 34].

Нечіткість у процесах ухвалення рішень для багаторівневих систем з ієрархічною будовою, викликана наявністю точних цілей і координуючих дій на кожному рівні управління та контролю, для кожного локального пристрою керування. Подібна багаторівнева координація і синхронізація є важко реалізованою і приводить до тривалого ітеративного характеру ухвалення рішень для кожного рівня ієрархії.

Присутність диспетчерської служби в системі управління для процесу координації в реальній виробничій системі приводить до необхідності врахування проблем подання знань диспетчера та формалізації їх до вигляду алгоритмів для узгодженості отриманого ЕОМ рішення з його оцінкою [56, 97]:

- ненадійність вихідної інформації, одержуваної від диспетчера в режимі ухвалення рішення, неточність оцінок, недовизначеність понять і термінів, непевність диспетчерів у своїх висновках;
- нечіткість (неоднозначність) природної мови (лінгвістична невизначеність [65, 98]) і мови подання правил у системах експертного типу;
- процедура ухвалення рішення базується на неповній інформації, тобто нечітких посилках;
- невизначеність проявляється при агрегації правил і моделей, що виходять від різних джерел знань або від диспетчерів різних рівнів керування (ці правила й моделі можуть бути суперечливими, надлишковими й т.п.).

Необхідність ухвалення рішень для подібних умов унеможливило використання стандартних АСУ ТП та систем автоматизації. Особливо ускладненим є формалізація областей допустимих режимів роботи для таких умов, відповідно для точно означених обмежень в системах автоматизації та АСУ ТП можуть привести до відключення їх диспетчером. Тому є важливим використання для формалізації і опису областей допустимих режимів роботи використовувати принципи теорії нечітких множин.

Проблема ухвалення рішень в умовах великих помилок у вхідних даних, у тому числі викликаних відмовами пристроїв вимірювання й передачі даних є актуальною та розглядається в ряді робіт [54, 38, 53].

Ці методи поділяють на дві основні групи:

1. Нівелювання впливу хибної інформації з подальшим застосуванням традиційних детермінованих алгоритмів.
2. Перехід на спеціальні алгоритми при надходженні хибної інформації (нечіткі, стохастичні, інтервальні).

Перша група характеризується використанням ряду методів фільтрації та згладжування вихідної інформації через усереднення значень та зважування даних. Застосовуються методи відновлення відсутніх даних, екстраполювання, інтерполювання та робастні алгоритми [28].

Властивість робастності формує клас процедур нечутливих до несуттєвих змін початкових, вихідних припущень.

Згідно [38], попереднє фільтрування даних, редагування з відсіканням і згладжуванням з подальшим використанням традиційних процедур оптимізації не дає бажаного результату для цієї ситуації через наступні ускладнення:

1. важко розмежувати застосування процедур згладжування й відсікання викидів не використовуючи моделі технологічного процесу;
2. згадані вище алгоритми можуть бути набагато складніше алгоритмів робастного оцінювання;
3. робастні процедури, як показує практика, дають кращі результати.

Оптимізація розподілених, складних систем застосовує методи багаторівневого керування. Вони базуються на декомпозиції й координації. Під час декомпозиції складну систему розділяють на групу дрібніших підсистем з взаємозв'язками, відповідно глобальна задача знаходження оптимального рішення перетворюється у групу локальних задач оптимізації. Окремі рішення ухвалюються за обмеженою інформацією, не використовуючи повного об'єму даних [64].

Перехід до ієрархічних структур управління зменшує множину припустимих стратегій, але одночасно знижує й рівень невизначеності. Це робить можливим ухвалення більше якісного рішення [64].

## **2.2 Помилки, що виникають при управлінні складними системами і можливі підходи до їх виправлення. Класифікація методів СППР**

Типові алгоритми, які в загальному описують підходи до цього процесу, містять наступні етапи:

- Формування мети дій або початковий аналіз отриманої задачі;
- Формування оцінювання можливостей та наслідків впливу зовнішніх дій та умов;
- Ухвалення рішення, формування плану дій та управлінських, керуючих впливів;
- Формування та видача виконавцям керуючих впливів;
- Кінцевий та поточний контроль підготовки та виконання функцій та завдань виконавцями.

Для розробки подібних систем і формулювання вимог до них, слід виконати формалізований опис процесу ухвалення рішення та подальшого управління. Для процесу формалізації враховуємо, що цільове призначення СППР є управління складними об'єктами, котрі функціонують в складних умовах впливів зовнішнього середовища та оточуючих суміжних, взаємодіючих або конкуруючих систем (рисунок 2.1). Об'єкт управління має певну структуру та параметри, частина з яких може змінюватися при керуванні (керовані параметри).



Рисунок 2.1 – Умови функціонування керованої системи

Формальний опис системи управління і контролю системи зводиться до представлення у векторній формі, аналітичного опису у фазових координатах стану [2]. Вектор стану системи розглядається у вигляді сімейства множин вигляду –  $C = \{\{c_k\}\{c_y\}\{c_c\}\}$ ,

відповідно  $C$  – сімейство множин поточного стану системи;  $c_k$  – множина параметрів станів параметрів контролю вектора мети управління, параметри приведення керованої системи до мети;  $c_y$  - множина керованих параметрів;

$c_c$  - множина довільних параметрів впливу.

Вектор стану є динамічний у часі та визначається з помилкою, котра дає невизначеності для аналітика ухвалюючого рішення, що спричиняє помилку управління, котру представляють векторною величиною.

Вектор помилки управління – призначений для опису похибок, відхилень реального процесу відображеного різницею векторів стану контрольованих параметрів від вектора мети управління.

Під процесом управління маємо послідовність формування управляючих рішень з параметрами  $c_y$ , котрі забезпечують приведення системи до стану  $c_k$  за визначений час з задовільними витратами.

Першочерговою метою систем управління є формування керуючих параметрів, котрі приводять об'єкт керування у задану точку фазового простору, відповідно, забезпечується досягнення мети керованою системою. Для досягнення мети на керовану систему можлива реалізація опосередкованого управління через взаємодіючі системи та зовнішнє функціональне середовище.

Формалізований опис системи управління враховує: обов'язкові помилки у процесі управління, викликані суб'єктивними і об'єктивними факторами.

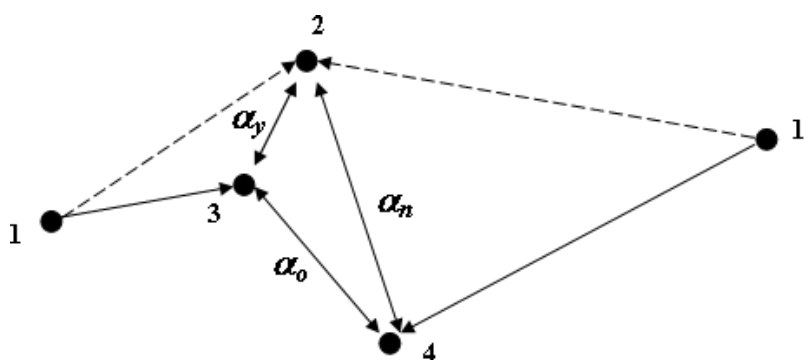


Рисунок 2.2 – Векторна схема формування помилок управління

Переважно керована система (малюнок 2.2), при переході зі стану 1 в стан 2, потрапляє в стан 3. Конкуруюча, взаємодіюча система, чинники зовнішнього середовища знаходяться в точці 1', тому система потрапляє не в очікуваний стані 2, а в реальний стан, точку 4. Виникає помилка  $\alpha_y$ , котра формується як векторна сума помилки дії керуючих впливів  $\alpha$  та вектора помилки прогнозу поведінки конкуруючих систем, взаємодіючих систем, впливів функціонального зовнішнього середовища  $\alpha_n$ , або іншими словами виникає помилка планування.

Тому важливим є зменшення помилки управління за рахунок зменшення чинників впливу котрі формують цю помилку. Оцінювання впливів множин факторів на поведінку складної системи використовують методи математичного моделювання. Неформалізовану систему, схема якої наведена малюнку 2 описують за допомогою математичного апарату теорії автоматичного управління (ТАУ), [3,4,5]. Тоді описана малюнку структура

представляється як структурна схема моделі динамічної системи управління з формально визначеними передавальними функціями динамічних ланок (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Структурна схема системи управління

На малюнку:  $g(t)$  – функція мети (завдання);

$f(t)$  – Функція збурюючі впливів, завад, перешкод;

$u(t)$  – Керуючий впливу;

$x(t)$  – зворотній зв'язок (вимірювання результатів управління).

У термінах ТАУ така система є випадком нелінійного контуру управління зі зворотним зв'язком.

Для аналізу дана система з деякими припущеннями описується множиною інтегруючих, диференціюючих і аперіодичних ланок з визначеними (ПФ) передавальними функціями  $W_j(p)$ .

У визначеннях АСУ ці динамічні ланки характеризуються як (рисунок 2.4): комплекс автоматизації та особи органів управління (менеджери) з функціональними обов'язками реалізації керуючих впливів  $W_{ou}(p)$ ; відділи та засоби оцінювання поточного стану  $W_{oc}(p)$ ; виконуючі відділи та органи керованого об'єкту  $W_{yo}(p)$ , відділи та засоби збору інформації та даних про стан об'єктів керування  $W_{cd}(p)$ .

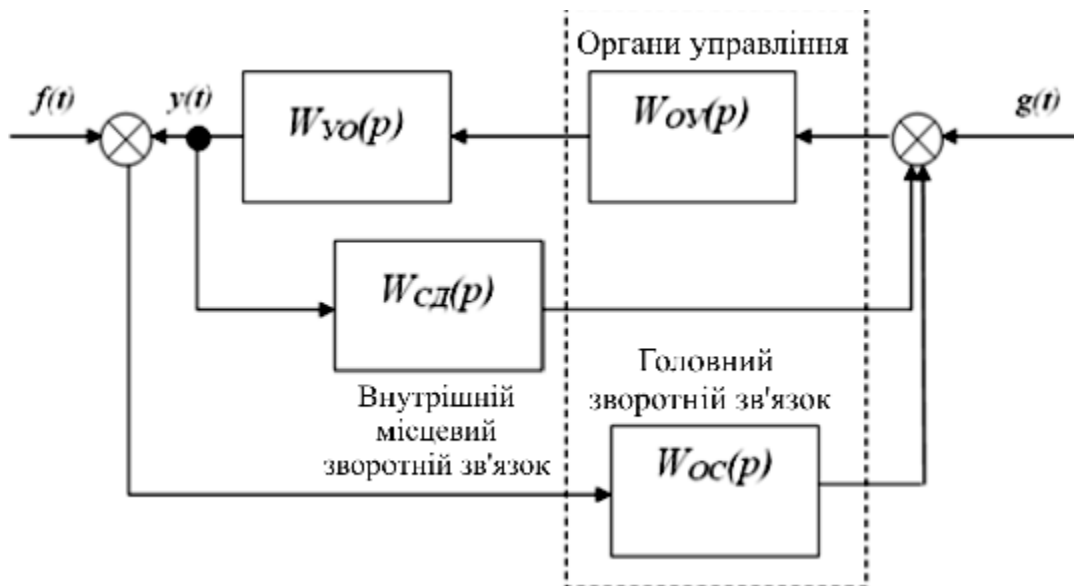


Рисунок 2.4 – Представлення компонент АСУ як системи структурної схеми передавальних ланок

У ТАУ передавальна функція неперервної системи  $W(p)$  є відношенням перетворення Лапласа вихідного сигналу  $y(p)$  до перетворення Лапласа вхідного сигналу  $g(p)$  при нульових початкових умовах. Зазвичай така залежність описується системою диференціальних рівнянь або матрицею коефіцієнтів та дозволяє отримати зображення вихідного сигналу системи за відомим зображенням її вхідного сигналу:

$$y(t) = W(p) \cdot g(t).$$

ПФ  $W(p)$  є головною динамічною характеристикою досліджуваної системи для стаціонарного та перехідного режимів, відповідно оцінюються частотні та амплітудні характеристики, чутливість, стійкість, ступінь астатизму. ПФ системи формується з ПФ окремих ланок за певними правилами типових з'єднань.



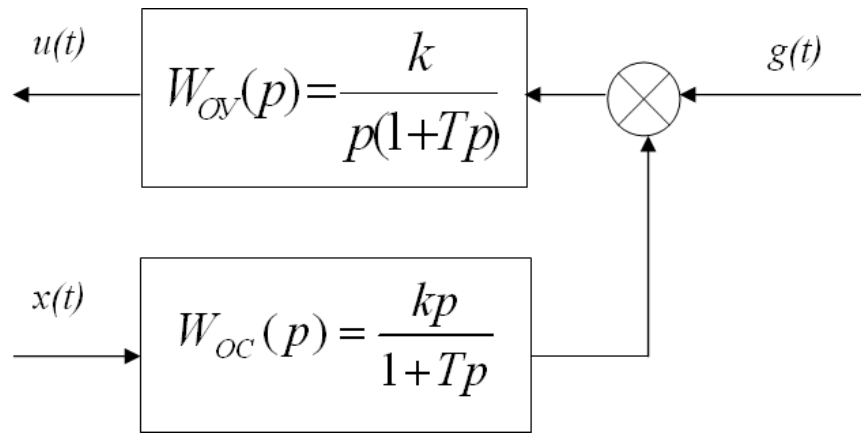


Рисунок 2.5 – Структура розімкнутої системи ОУ – середовище – ОК

Для аналізу функціонування автоматизованих органів керування використовують ПФ розімкнутої системи, яка містить компоненти органів управління та зворотного зв'язку. Вона забезпечує загальне оцінювання керованості системи, крім можливого критеріального оцінювання стійкості, чим в аналізі АСППР можна знехтувати.

Для системи структура розімкнутого контуру приведенного до аналогової форми, котра містить компоненти органів управління, зображена на малюнку 2.5. Для спрощення дослідження цієї структури приймаються ідеальні функціональні характеристики для компонентів системи управління, системи збору даних. Стан ОК приймається ідеальним зі значенням функції  $W_{сд}(p) \rightarrow 1$ .

Підсистему формування керуючих впливів у даній системі зводять до вигляду реальної інтегруючої ланки із запізненням, передавальна функція якої має вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{p(T_1 \cdot p + 1)}$$

Підсистема оцінювання стану ОК та впливів зовнішнього середовища описується реальною диференціюючою ланкою із запізненням ПФ якої має вигляд:

$$W(p) = \frac{k \cdot p}{T_2 \cdot p + 1}$$

де  $k$  – коефіцієнт передачі,  $p$  – оператор диференціювання по часу  $p = \frac{d}{dt}$ ,  $T_1$  і  $T_2$  – постійні часу.

Сумарна ПФ розімкнутої системи, описаної на малюнку 2.5, приймає вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{p(1+T_1p)} + \frac{kp}{1+T_2p} = \frac{k(p^3T_1 + p^2 + pT_2)}{p(1+T_1p)(1+T_2p)} = \frac{k(p^2T_1 + pT_2)}{(1+pT_1)(1+pT_2)}.$$

ПФ дає можливість оцінити шлях підвищення ефективності управління з використанням традиційних критеріїв стійкості систем: Гурвіца, Михайлова, Найквіста.

Для найпростішого випадку використаємо алгебраїчний критерій Гурвіца. Характеристичне рівняння для критерію Гурвіца має вигляд:

$$A = p^2 \cdot T_1 \cdot T_2 + p \cdot (T_1 + T_2) + k = 0.$$

За цим рівнянням будується матриця Гурвіца, обчислюються її визначники. Далі, виходячи з умови, що для забезпечення стійкості системи всі визначники даної матриці повинні бути більшими за нуль, формуються співвідношення часу  $T_1$  і  $T_2$ , що забезпечують стійке функціонування системи у стаціонарному режимі. Аналогічним чином можуть бути розраховані параметри якості керування та на перехідних режимах.

Для забезпечення цих параметрів, в ТАУ розглядаються різні методи підвищення точності САУ: збільшення коефіцієнта передачі розімкнутої системи, підвищення порядку астатизму системи, використання управління похідними від помилки.

Останні два способи зазвичай застосовують у САУ для технічних засобів. У людино-машинних системах, для прикладу СППР, такі способи підвищення якості управління не реалізуються, тому говорячи про підвищення точності управління, будемо розглядати саме підвищення коефіцієнта передачі  $k$ , а також зміна параметрів часу  $T_i$ , які у зв'язку з наявністю у складі системи неавтоматизованих елементів можна вважати змінними.

Зрозуміло, конкретні чисельні значення величин і  $T_i$  можуть бути визначені лише за наявності точних характеристик конкретної системи. Але загальні тенденції впливу параметрів передавальної функції на якість управління можна оцінити і за символічними залежностями.

В отриманій формулі фізичний зміст передавального коефіцієнта  $k$  – це показник якості керування системою, що враховує як помилки у плануванні застосування керованої системи, так і помилки спотворення передачі сигналів керування.

Помилка спотворення команд містить втрати сигналів, їх несанкціоновану модифікацію при передачі та затримку часу їхнього надходження. Ці помилки є критичними, переважно, для високодинамічних систем. Для складних організаційно-технічних систем, інертність яких незрівнянно вища за час передачі команд ці помилки легко усуваються технологічними методами: шляхом удосконалення алгоритмів та підвищення якісних характеристик засобів передачі інформації.

Помилки у плануванні визначаються тим, що менеджери органу управління за своєю сутністю є посередниками між ЛПР та керованою системою, саме через них загальні наміри ЛПР перетворюються на детальні керуючі впливи та будь-яке їхнє нерозуміння, неточність в інтерпретації чи розрахунків додаються до загальної помилки реалізації задуму. Рівень відповідності спланованого впливу задуму ЛПР визначається відповідною складовою коефіцієнта передачі  $k$ .

Сенс часу  $T_1$  у цій формулі – затримка ухвалення рішення, тобто сумарний час від надходження команди початку планування дій до видачі команд виконавчим органам керованої системи. Відповідно, час  $T_2$  - тривалість циклу збору інформації про стан керованого об'єкта, тобто оперативність зворотного зв'язку.

Співвідношення вимог до показників  $T_1$ ,  $T_2$  та  $k$  у різних системах може бути різним. У ряді випадків для функціонування систем фактор часу є вирішальним і краще отримати раціональне рішення одразу, ніж оптимальне

через деякий час. А ось фактор якості рішення завжди важливий в управлінні: невірні рішення не потрібні, як би швидко вони не приймалися.

Для оцінюваної розімкнутої системи, що моделює функціонування автоматизованої системи управління, в ідеалі передавальна функція повинна прагнути одиниці. Виконання цього завдання забезпечує як зменшення часу  $T_1$  і  $T_2$ , і збільшення коефіцієнта  $k$ .

Проведений аналіз дозволяє сформулювати ряд заходів, які забезпечують як спільне поліпшення показників передавальної функції, і оптимізацію по одному з них для розподілених автоматизованих систем. Так, підвищення швидкості циркуляції в системі та автоматизація формування керуючих документів зменшує час збору даних про стан  $T_2$  та час на генерацію рішень  $T_1$ . Підвищення рівня навченості персоналу та організація автоматизованої підтримки прийняття рішень забезпечують підвищення та зниження часу  $T$ . Втім, запас людських можливостей обмежений, а можливостей автоматизації практично немає. Тому підвищення значення коефіцієнта передачі  $k$  рахунок застосування технологій автоматизації прийняття рішень за рахунок використання СППР є кращим.

Збільшення коефіцієнта передачі  $k$  сприятливо позначається у сенсі зменшення помилок майже всіх режимах використання будь-якої системи [3, 4]. Це впливає, зокрема, з того, що він входить як дільник у всі коефіцієнти помилок [5]. Більш того, аналіз коефіцієнтів при складових формули передавальної функції  $W(p)$  моделі досліджуваної системи управління показує, що підхід до підвищення якості управління за рахунок збільшення коефіцієнта  $k$  впливає на зростання якості передачі сигналу, у нашому випадку на якість управління, набагато сильніше ніж скорочення часу ухвалення рішення.

Зрозуміло, описана малюнку 2.4 система є вкладеною і багаторівневою, але насправді, модель виглядає набагато складніше. Ступінь вкладеності визначається рівнем управління. Але складність системи не впливає на

пропонований підхід до оцінки якості управління, оскільки вона не змінює принципу опису системи.

Таким чином, аналіз передавальної функції системи, що моделює управління складними соціально-технічними системами, показав, що основним способом підвищення ефективності управління є підвищення адекватності ухвалених органами управління рішень, тобто зменшення помилки планування.

Помилка планування у випадку включає такі основні складові:

- помилки розрахунків та моделювання, що виникають через неповноту та похибку обробки вихідних даних;
- помилки формалізованого уявлення керованої системи та вибору математичного апарату її опису;
- помилки при виробленні значень керованих властивостей;
- помилки у прогнозуванні поведінки керованої, взаємодіючих та конкуруючих систем, стану зовнішнього середовища;
- помилки інтерпретації результатів розрахунків та прогнозування.

Застосовувані досі логіко-аналітичні методи і засоби розрахунково-інформаційної підтримки прийняття рішень дозволяють компенсувати вплив лише частини цих помилок. Причому кожен конкретний метод чи завдання, як правило, компенсує лише одну із складових сумарної помилки керування.

Для забезпечення комплексного парування помилки планування при управлінні складними просторово-розподіленими системами потрібні засоби, що виробляють узгоджені рекомендації щодо формування керуючих параметрів на основі комплексного аналізу умов обстановки. Виникає питання, чи система якого типу зможе забезпечити вирішення такого завдання.

Тип і структуру такої системи визначають розв'язувані нею завдання. Практика показує, що весь спектр типів завдань, що вирішуються при прийнятті управлінських рішень, лежить в межах від сильно структурованих (повторюваних і рутинних, із заздалегідь виробленою стандартною

процедурою, що детально описує алгоритм отримання рішення) до неструктурованих, для яких опис процесу вирішення (тобто алгоритмічний специфікування) неможливий.

Велику групу у сукупності цих завдань становлять слабоструктуровані завдання, вирішення яких пов'язане з наявністю кількісних та якісних змінних, причому найчастіше якісні аспекти вирішення домінують. Прийняття ефективних рішень у таких умовах вимагає використання спеціалізованих математичних методів. Ця обставина породжує необхідність створення програмно-технічних систем, заснованих як на традиційних методах алгоритмічної обробки даних, так і на методах створення та використання баз знань. Найбільш ефективною методологією побудови програмних систем для вирішення таких завдань є використання технологій, пов'язаних із застосуванням експертних систем (ЕС) та систем підтримки прийняття рішень (СППР).

### **2.3 Застосування ЕС та автоматизованих СППР класифікація їх методів**

Ситуація автоматизації підтримки прийняття рішень характеризується відмінностями, як у змісті розв'язуваних завдань, так і в можливостях з розробки: наприклад, у дещо менших вимогах щодо інформаційного протистояння та у відсутності обмежень щодо застосовуваних технологій.

В даний час відомий досить широкий спектр систем та методів автоматизації управління комерційними організаціями та підприємствами промисловості. Методології, що застосовуються, відрізняються: цільовим призначенням; ступенем підтримки управлінських функцій; масштабом керованих систем та рівнем реалізації в існуючих автоматизованих системах.

До основних із реалізованих і використовуваних нині у практиці управління технологіям різного призначення можна віднести:

1. MPS (*Master Planning Schedule*) – планово-орієнтована методологія об'ємно- календарного планування
2. MRP (*Material Requirements Planning*) - планування потреб

матеріальних ресурсів. Визначення потреб за даними обсягів календарного плану виробництва. Ключовий аспект є приведення розгалужених процесів до лінійного виду (*Bill of Materials*), за яким плануються потреби та виконуються замовлення матеріалів. Удосконалена версія, *Closed Loop MRP*, планування потреб у матеріалах замкнутого циклу, при необхідності дозволяє динамічно коригувати плани закупівель.

3. CRP (*Capacity Requirements Planning*) – методологія планування використання виробничих ресурсів Ця концепція схожа на MRP, але більш детальна. Насправді вона, зазвичай, застосовується разом із елементами MRP. Об'єднана методологія MRP+CRP часто застосовується у АСУ виробництвом промислових підприємств.
4. FRP (*Finance Requirements Planning*) - Методологія управління фінансовими ресурсами.
5. MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*) - розширена методологія MRP, що забезпечує планування виробництва у всіх його аспектах, включаючи фінансові. Вона є інтегрованою системою, що включає елементи методологій MRP, CRP, MPS і FRP.
6. ERP (*Enterprise Resources Planning*) – методологія створення автоматизованих систем керування корпоративними ресурсами. Це концепція бізнес-планування є, по суті, розширеним варіантом методології MRPII, до якої додано управління фінансовими ресурсами та маркетинг. Важливою відмінністю методології ERP є можливість динамічного аналізу та динамічного коригування планів. Конкретні можливості методології ERP залежить від варіанта її програмної реалізації.
7. Методологія раціональної організації логістики. Такі як SCM *Supply Chain Management* – методологія управління взаємозв'язків з постачальниками, методологія управління складськими ресурсами WMS

(Warehouse management system) або методологія управління транспортом TMS (*Transportation Management Systems*). Дані концепції забезпечують оптимізацію логістики та дозволяє суттєво знизити транспортні та операційні витрати.

8. CRM (*Customer Relationship Management*) - методологія управління відносинами із замовниками. Концепція АСУ обслуговування клієнтів CRM реалізує накопичення, аналіз та обробку не тільки фінансово-бухгалтерської, а й інформації про вимоги замовника та їх реалізацію.
9. PLM (*Product Lifecycle Management*) – методологія комплексу управління життєвим циклом розроблюваних продуктів.
10. CAD, CAM, CAE і PDM  
(*Computer–Aided Design / Computer–Aided Manufacturing / Computer–Aided Engineering / Project Data Management*) - методології, що реалізуються в автоматизованих системах проектування та організації виробництва.
11. PM (*Project Management*) методологія управління проектами.
12. BPMS (*Business Process Management Suite*) методологія динамічного управління бізнес-процесами.
13. MES (*Management Execution System*) – методологія опису систем управління виконанням виробничих завдань, насправді - система диспетчеризації виробництва.
14. SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition System*) - методологія розробки автоматизованих систем диспетчеризації технологічних процесів
15. B2C (*Business to Customer*) і B2B (*Business to Business*) – загальне позначення методологій та програмних продуктів, що їх реалізують, що забезпечують взаємовідносини підприємств з покупцями (B2C) та взаємодію їх між собою (B2B).
16. Методології, що реалізують виконання приватних аналітичних функцій,



такі як ВІ-аналітика (*Business Intelligence*).

17. Методології захисту інформації в АСУ, наприклад DLP *Data Loss Prevention*, SIEM *Security information and event management*, методології організації систем контролю функціонування та подібні до них.
18. CSRP (*Customer Synchronized Resources Planning*) – методологія управління, орієнтована взаємодію клієнтами, для розробки планів, проектів і завдань, отримання замовлень, техпідтримка. Формально методологія  $CSRP = ERP + CRM$ .
19. ERPII (*Enterprise Resource and Relationship Processing*) розширений варіант концепції ERP, для управління як внутрішніми ресурсами так і зовнішніми зв'язками підприємства. Методологія ERPII інтегрує функції *ERP, CRM i SCM*.

Зазначені методології та реалізують їх системи можна, щодо цільового призначення, поділити на класи:

1. MRP та її варіанти, щоб забезпечити планування потреб у матеріальних ресурсах із єдиною метою мінімізації витрат, насамперед - що з складськими запасами.
2. ERP та її варіанти, зорієнтовані оптимізацію планування ресурсів підприємства: як матеріальних, і інформаційних.
3. CRM та SCM, націлені на оптимізацію відносин, відповідно із замовниками та з постачальниками.
4. B2C та B2B, що забезпечують управління розподіленим виробництвом та онлайн-продажами.
5. Допоміжні методи та системи, що забезпечують стійке функціонування систем автоматизованого управління.

Теоретично, кожна із систем, що реалізують перелічені методології, може бути віднесена до тих чи інших компонентів СППР, деякі навіть

реалізують функціонал приватних (цільових) СППР. Понад те, у багатьох системах різні типи перелічених компонентів використовують у комплексі.

Наприклад, система CRM як «фронтенд» для спілкування з клієнтами, спільно з ERP як «бекенд» для внутрішнього управління. До речі, це вкотре доводить, що жодна із зазначених систем не є повноцінною СППР підприємства, хоча успішно забезпечує свою приватну функцію управління. А в сучасному стані «вершиною» розвитку зазначених технологій можна вважати комплексну реалізацію їх у системах типу CSRP і ERP II, найбільш близьких за своїми функціями до повноцінних інформаційно-розрахункових СППР.

Типова схема організації автоматизованих СППР, що відповідає принципу створення ERP-систем, розподілених за рівнями "ЛПР" – «менеджери» - «технологічний персонал», відображений малюнку 2.6.



Рисунок 2.6 – Технологічна структура АСУ, організованої за принципом СППР

Так, безперечний інтерес для розвитку АСППР представляє технологія блокчейн (blockchain), що реалізує принципи самоорганізації розподілених організаційно-технічних систем. Зазначена технологія практично застосовується в ряді систем, наприклад, SAP\_Leonardo або SophiaTX, що забезпечують реалізацію технологій B2B на основі принципів блокчейн. Або, наприклад, у TrueRec, що реалізує безпечний цифровий сервіс зберігання та використання даних. Теоретично дана технологія може бути основою для реалізації «гнучкої» диспетчеризації СППР.

Зрозуміло, не варто забувати і про налагоджені технології, що активно використовуються, багато з яких можуть сприяти успішній практичній реалізації розподілених АСППР. Насамперед йдеться про «хмарні» підходи до організації зберігання даних та обчислень (Cloud computing), сервісно-орієнтованих технологій (Service Oriented Application, SOA) та інших.

Зазначені методи та технології, як і інші, що знову з'являються, можуть у перспективі служити основою для підвищення ефективності автоматизованої підтримки прийняття рішень. Їхня повноцінна практична реалізація та отримання реальної віддачі – питання часу.

### **3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Адаптивне керування по прецедентах, засноване на класифікації станів керованих об'єктів**

Класичні підходи до керування [1, 2] та інші формуються на припущенні, що можна отримати складну, але аналітично задану, точну форму функціональних залежностей вхідних і вихідних параметрів системи управління з можливістю уточнення значень коефіцієнтів передачі для елементів які її формують. Проте, незважаючи на напрацьований математичний інструментарій, області використання подібних методів керування стосуються порівняно простих об'єктів управління з очевидними, добре формалізованими властивостями.

На практиці типовими є об'єкти управління характеристики та параметри яких погано формалізуються. Їхні властивості апріорі є невідомі або є змінними у процесі функціонування. У силу недостатності даних та знань про об'єкт і середовище, у якому він функціонує, спроби одержати точні моделі поведінки такого об'єкта управління не представляються можливими. Однак керування такими об'єктами представляє не менший інтерес і є не менш важливим, чим керування добре формалізованими об'єктами.

Останнім часом активно розвивається неklasичний підхід до теорії керування. Цей підхід пов'язаний із застосуванням алгоритмів та методів інтелектуального управління об'єктами на основі нечіткої логіки, нейронних мереж і генетичних алгоритмів. Із цим же підходом зв'язане ситуаційне управління на основі ієрархічних моделей з нечіткими предикатами; моделі й алгоритми прийняття рішень на основі елементів штучного інтелекту. Автори [3] пропонують для цього використовувати висновки по прецедентах, метод прийняття рішень, у якому використовуються дані та знання про минулі ситуації чи випадки (прецеденти). При розгляді нової проблеми, поточного випадку знаходиться схожий прецедент. Замість того щоб щораз шукати

рішення спочатку, можна спробувати використати рішення, прийняте в подібній ситуації, можливо, адаптувавши його до поточного випадку.

У ситуації, коли відомих параметрів об'єкта керування й навколишнього середовища недостатньо для однозначного визначення поведінки цього об'єкта, управління необхідно здійснювати не по параметрах об'єкта, а по його стану, що більш повно визначає тенденцію його подальшої поведінки. Виникає задача ідентифікації стану об'єкта управління по його спостережуваним, відомих параметрам. Для цього потрібно вміти сформулювати на основі апріорної інформації узагальнені образи – класи станів об'єкта. Одержати необхідні знання з набору наявних даних можна за допомогою методів видобутку даних (DataMining) – класифікації й кластеризації. Якщо стан об'єкта керування зводиться до присутності в одному із цих класів, то керуючий вплив можна розглядати як відображення об'єкта з одного класу в інший, зокрема як утримання об'єкта в тому ж класі.

У розглянутих ситуаціях замість точного виду математичної моделі об'єкта доступна тільки апріорна інформація про стани об'єкта керування та про параметри управляючих впливів скерованих на нього, які визначаються по результатах цих впливів. У термінах висновку по прецедентах інформація про стан об'єкта – це опис проблеми, а видача керуючого впливу є рішення проблеми; тоді результат керуючого впливу необхідно розглядати як результат застосування рішення. Відповідно ставиться задача змодельовати управління такого роду об'єктами по прецедентах, ґрунтуючись на класах станів. Це означає, що пропонується підхід до інтеграції методів видобутку даних, висновків на основі прецедентів і адаптивного керування в єдиній системі, що самонавчається та дозволяє управляти об'єктами з погано формалізованою поведінкою.

У цьому підході стан об'єкта керування порівнюється із прецедентами із заздалегідь накопиченої бази даних. На основі якоїсь міри близькості вибирається один зі схожих прецедентів. Керуючий вплив пов'язаний зі знайденим прецедентом використовується прямо або адаптується до

поточного випадку, виходячи зі ступеня близькості прецеденту. Результат впливу також прогнозується по прецеденту. Підсумковий результат впливу заноситься в базу прецедентів для наступного використання. Одночасно ставиться й більш часткова задача вибору міри близькості для визначення подібності керованого об'єкта із прецедентами. Шукана міра повинна сприяти обмеженню перебору можливих варіантів, їхньому ранжируванню при виборі керуючих впливів, а також полегшенню адаптації керуючого впливу від прецеденту до поточного стану об'єкта керування.

### **3.2 Вихідні поняття**

Основним для методу прецедентів є поняття об'єкта керування (ОК). Об'єкт піддається як збурюючим (стороннім для системи керування), так і керуючим впливам. Будемо називати їх вхідними параметрами об'єкта. Сам об'єкт характеризується набором ознак - вихідних параметрів. Зміни вхідних параметрів спричиняють зміну вихідних параметрів. Ціль керування – досягнення оптимального, у деякому змісті, поводження об'єкта.

Ціль рішення задачі керування – виявлення способу зміни в часі вхідних, задаючих параметрів, при якому вихідні параметри забезпечували б поставлені цілі керування. Такий спосіб називають стратегією керування. Стратегія повинна бути припустимою, тобто повинна спиратися лише на ті дані про ОК, які доступні у відповідний момент часу (ці дані можуть змінюватися, наприклад, у результаті відновлення інформації в процесі керування), і забезпечувати виконання деяких загальних умов протікання процесу керування.

Часто ОК ототожнюють із передатною функцією, що відображає задану множину керуючих вхідних параметрів у множину керованих вихідних параметрів.

$$O = O(I),$$

де  $I$  - вектор вхідних параметрів об'єкта керування,  $O$  - вектор вихідних параметрів об'єкта керування.

Це відображення може мати складну функціональну форму, але зобов'язано задовольняти двом умовам:

Умова причинності: значення вихідних параметрів у кожен момент часу не повинні залежати від майбутніх значень вхідних параметрів.

Стійкість керування: для будь-якого обмеженого в часі набору керуючих і збурюючих впливів відповідний процес зміни вихідних параметрів також повинен бути обмежений у часі. У деяких додатках вимога стійкості керування може виступати як мета керування.

Формалізований опис вхідного-вихідного відображення називають також математичною моделлю об'єкта керування.

### 3.3 Поняття адаптивного керування

Для розкриття змісту терміну адаптивність у теорії керування необхідно розглянути основні типи керуючих систем. При моделюванні процесів керування звичайно розглядають три типи керування:

- Відкрите управління, або розімкнуте,
- Замкнуте управління, або керування зі зворотним зв'язком,
- Адаптивне управління.

Розімкнуте керування, який передбачає наявність мети, що визначає керуючі впливи для досягнення цієї мети. Структура розімкнутого керування (мал. 3.1) проста. Відсутність зворотних зв'язків спрощує керування. При відхиленні результату від бажаного проводять аналіз, що описує (логічно або аналітично) причини відхилення, але не ставить задач змін у керуванні.



Рисунок 3.1 – Структура розімкнутого керування.

Замкнуте керування (керування зі зворотним зв'язком), при якому (мал. 3.2) передбачається можливість змінювати керування залежно від його впливу на кінцевий результат. Ця методика керування розрахована в основному на малі проміжки часу. Якщо ж результат впливу фактору

проявляється через досить великий час (велика інерційність об'єкту керування), часто виникають значні труднощі в реалізації управління.

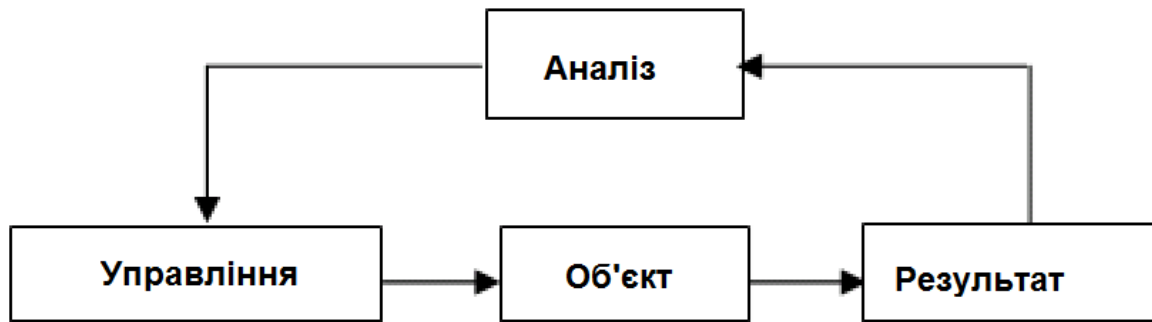


Рисунок 3.2 – Структура замкнутого керування.

Адаптивне керування відрізняється від замкнутого управління наявністю моделі об'єкта керування (мал. 3.3), яка забезпечує проведення аналізу можливих наслідків керування (прогноз). Бажана оптимальна реакція є можливою для максимально точних моделей об'єктів управління, які у повній відповідності відображають функціональне середовище та сам об'єкт керування.

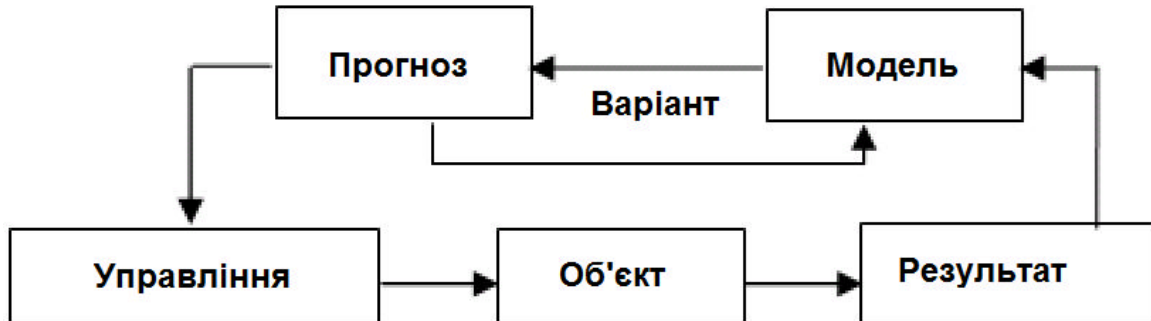


Рисунок 3.3 – Структура адаптивного керування.

Термін адаптація пов'язує означення адаптивного управління, адаптивної системи та моделі.

Адаптація – це процес зміни параметрів функціональних складових та структурної будови системи, керуючих впливів на основі наявної поточної інформації з метою досягнення певного оптимального стану системи за умов початкової невизначеності в змінних, нестационарних умовах роботи [4, 5].

Адаптивною вважають систему, котра пристосовується до змінних умов внутрішніх і зовнішніх факторів впливу [4, 6]. Система з адаптивним



алгоритмом управління зберігає працездатність для непередбачуваних змін властивостей об'єкта керування, мети керування або стану навколишнього середовища через зміну алгоритму функціонування, програмної поведінки пошуку оптимальних станів.

Адаптивне керування або керування з адаптацією – це управління у системі з неповною апріорною інформацією про процес управління, який є нестационарним або змінним по мірі нагромадження інформації. Адаптивне керування застосовується з метою покращення якісних параметрів роботи системи в нестационарних та невизначених умовах.

Адаптивна модель системи управління об'єктом – це модель яка в результаті змін зовнішніх і внутрішніх параметрів та властивостей об'єкту генерує відповідні зміни структурної будови та параметрів керуючого регулятора для забезпечення оптимального і стабільного стану функціонування об'єкта.

Неможливість побудови точної, аналітичної, структурної моделі об'єкта, похибки вимірів, відсутність достовірних даних про початковий стан та координати позиції параметрів, наявність непередбачуваних зовнішніх впливів визначає необхідність реагування керуючих впливів на зміну параметрів об'єктів та характеристик зовнішнього середовища. Подібна адаптація (приспосовування) відбувається шляхом зміни структури й параметрів керуючого регулятора.

Конкретизація визначення адаптації пов'язана із цілями дослідження й конструювання. Таким чином, основна властивість адаптивних систем – реалізація оптимальної мети керування для умов невизначеного, недетермінованого зовнішнього середовища та змінних параметрів об'єкта управління.

### **3.4 Керування погано формалізованими об'єктами**

Моделі адаптивного керування розглядалася розробниками переважно для управління технічними системами та фізичними процесами. Подібний підхід базується на твердженні можливості отримання точних форм передаточної функції, які моделює процес перетворення множини вхідних у множину вихідних параметрів для об'єкта управління. Область використання подібних методів управління є добре формалізовані, тобто порівняно прості керовані об'єкти з детермінованими властивостями. На практиці моделі типових об'єктів керування погано формалізуються, їх апріорні властивості не відомі або є змінними у процесі їх функціонування. Аналітичний опис їх моделей та характеристик швидко приводять до достатнього ускладнення отриманих математичних моделей.

У ситуації, коли відомих параметрів ОК й навколишнього середовища недостатньо для повного й однозначного визначення його поведінки, не можна приймати рішення про керуючий вплив на об'єкт, знаючи тільки його вхідні параметри. Ми будемо ближче до знання поведінки об'єкта, коли керування буде здійснюватися не по його параметрах, а по його станах. Якщо вдається сформулювати на основі апріорної інформації узагальнені, або агреговані образи – класи станів ОК з відомою реакцією об'єкта кожного класу, то керуючий вплив можна розглядати як відображення ОК із класу в клас (у тому числі - у вихідний клас).

Розіб'ємо стану ОК на групи, стани в кожній з яких еквівалентні один одному з погляду керування, і назвемо їхніми класами станів об'єкта (мал. 3.4).

Іноді ціль керування полягає в тому щоб досягти мети або утримати об'єкт у певному стані. Але поняття мети не завжди може ототожнюватися з конкретним станом або класом станів. Метою може бути керована поведінка, котра враховує переходи об'єкта з одного класу станів в іншій. Так, при лікуванні хронічних захворювань задача відновлення хворого органу нездійсненна, тому при такому захворюванні з тією або іншою швидкістю

відбувається процес дегенерації здорової тканини. Метою керування можна вважати прагнення сповільнити процес зменшення деградації здорової тканини (як можна довше втримувати ОК в поточному класі).

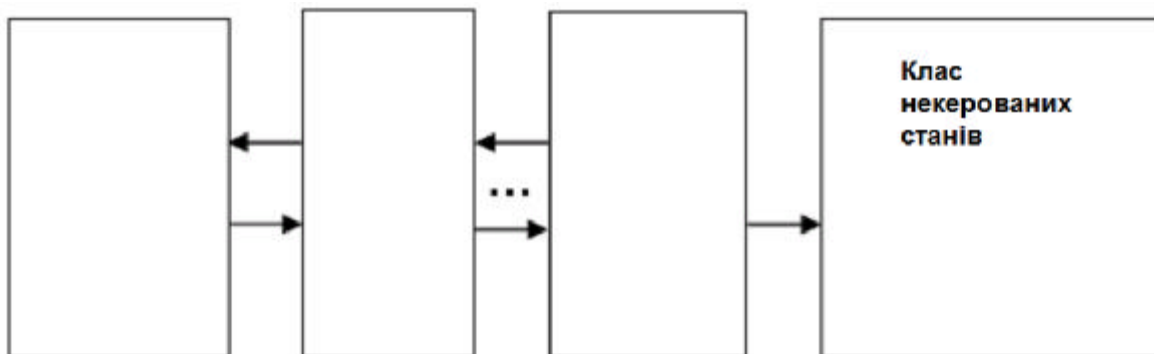


Рисунок 3.4 – Спрощений вид переходів об'єкта керування.

Тому адаптивне управління зводиться не тільки до стану об'єкту керування, але, насамперед, до його оптимальної поведінки, яка включає в себе його стан. Таким чином, адаптивний керуючий вплив визначається як вплив на об'єкт із метою досягнення оптимальної або близької до неї поведінки.

При такому підході поведінка ОК, як при наявності керуючого впливу, так і без нього, являє собою дискретний процес, кожен крок якого, у загальному випадку, - це перехід об'єкту з одного класу станів в інший.

Варто зауважити, що множина класів станів об'єкту керування не обов'язково є впорядкованою, тому перехід із класу в клас не завжди є наближення на крок до мети або віддалення від неї. Формалізація таких понять та можливості упорядкування класів станів, звичайно, багато в чому залежать від конкретного додатку.

При відсутності керування (або у випадку керування, що не приводить до мети) об'єкт може потрапити в режим, у якому подальше керування стає неможливим. Це є як один стан, так і множина станів. З погляду керування, вони всі утворюють клас еквівалентності. Його називають класом некерованих станів.

Сутність пропонованої моделі керування полягає в тому, що наші знання про ОК та про середовище функціонування, є невизначеними. Відомими є лише належність об'єкту до деякого класу станів. Мета управління це досягнення оптимальної поведінки ОК, що виражена у вигляді послідовності певних класів станів. Потрібно знайти алгоритм управління або розробити адаптивний регулятор, який забезпечить досягнення мети управління через скінченну кількість керуючих впливів.

Моделі при подібному підході до рішення проблеми, які базуються на досвіді та даних минулих ситуацій, привели до появи технології рішень заснованих на прецедентах (Case-Based Reasoning, CBR), і відповідно до створення програмних продуктів, які реалізують цю технологію.

### **3.5 Рішення, засноване на прецедентах**

Рішення на основі прецедентів - це метод ухвалення рішень, у якому використовуються знання та дані про попередні ситуації або випадки (прецеденти). При розгляді нової проблеми (поточного випадку) знаходять схожий прецедент як аналог. Можна спробувати використати його рішення, адаптувавши до поточного випадку, замість того, щоб шукати рішення щораз спочатку. Після того, як поточний випадок буде оброблений, він вноситься в базу прецедентів разом зі своїм рішенням для його можливого наступного використання. Більше формальне визначення дане в [7].

Прецедент – це опис ситуації або проблеми в сукупності з докладною вказівкою на дії, які використовують у даній ситуації для рішення даної проблеми.

Згідно [8], прецедент включає, – опис проблеми прийняття рішення, ухвалення рішення проблеми, результат (обґрунтування) застосування ухваленого рішення.

Опис проблеми повинен містити всю інформацію, необхідну для досягнення мети прийнятого рішення або управління.

Результат ухвалення рішення - це зворотний зв'язок, отриманий від застосування рішення. Опис результату містить:

перелік того, що виконано,

результат,

спосіб відновлення (у випадку відмови),

перелік того, що можна зробити, щоб уникнути відмови,

результати відновлення.

Опис результату може також включати посилання на інші прецеденти, текстову інформацію (мал. 3.5).

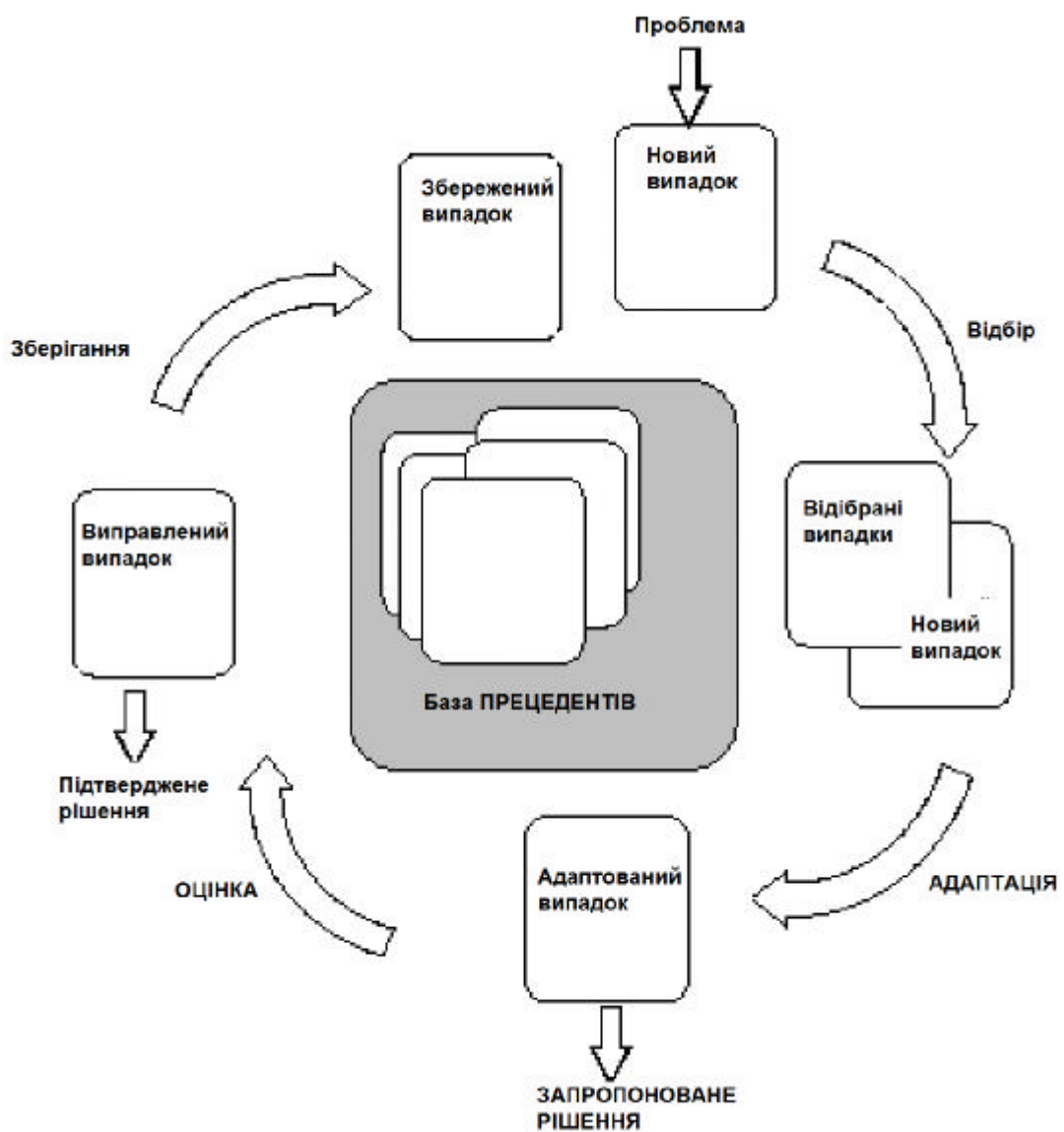


Рисунок 3.5 – Цикл ухвалення рішення на основі прецедентів

Прецедент містить не тільки позитивний результат. Той факт, що не досягнуто позитивного результату в ухваленні рішень, потрібно також зберігати в базі прецедентів, щоб уникнути подібних випадків у майбутньому. Пояснення того, яка відмова відбулася й чому, може бути використана в аналогічних ситуаціях. Деякі системи можуть зберігати обґрунтування рішення та його альтернативи.

Існує багато методів подання прецеденту: записи у базі даних, деревоподібні структури, фрейми і предикати. Подання прецеденту повинне відповідати меті системи. Проблеми формалізації та представлення прецедентів - це у першу чергу є проблеми та шляхи ухвалення рішень, котрі зберегаються в базі прецедентів для подальшого знаходження відповідної структури для опису змісту прецеденту й вибору способу організації й індексування бази знань прецедентів для ефективного пошуку й багаторазового використання.

### **3.6 Адаптивне керування на основі прецедентів**

Запропонована в цій роботі ідея полягає у використанні методу ухвалення рішень по прецедентах для адаптивного керування об'єктами.

При недостатності наших знань про об'єкт і середовище, у якому він функціонує, не представляється можливим одержати точну модель поведінки об'єкту управління. Ми володіємо тільки апріорною інформацією про стани ОК, керуючих впливів на нього та результатів цих впливів. Це збігається із трьома складовими поняття "прецедент" - описом проблеми, застосованим рішенням і результатом застосування цього рішення.

Пропонується наступна структура прецеденту для адаптивного керування:

1. Стан ОК до впливу. Опис об'єкту (набір ознак, належність до класу станів).

2. Керуючий вплив. Опис впливу (тут можлива формалізація, зокрема, класифікація керуючих впливів). Як окремий випадок, можлива ситуація відсутності впливу.
3. Стан після впливу. Опис об'єкта (набір ознак, приналежність до класу станів).
4. Результат (позитивний результат/негативний/спірний).

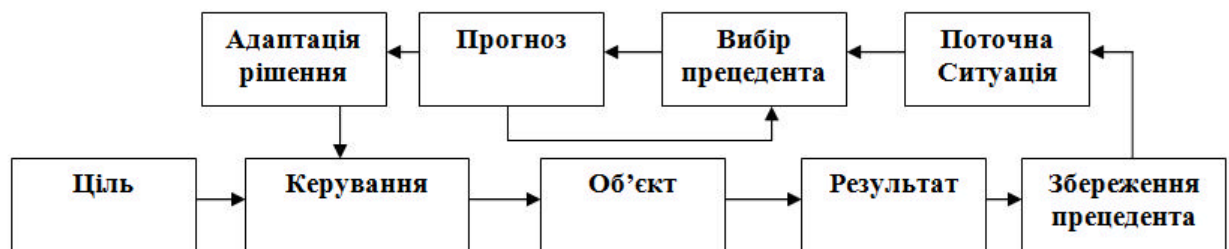


Рисунок 3.6 – Схема адаптивного керування по прецедентах.

Наповнення бази прецедентів може відбуватися як до моменту початку керування на основі апріорної інформації, за допомогою реальних або змодельованих прецедентів, так й у процесі керування, після обробки результатів керуючого впливу. Класифікація станів ОК може здійснюватись із залученням експертного знання або шляхом попередньої кластеризації. Схема адаптивного керування, наведена на мал. 3.2, у цьому випадку буде виглядати інакше (мал. 3.6).

Після застосування регулюючого впливу й оцінки підсумку цього впливу поточна ситуація перетворюється в прецедент, що заноситься в базу прецедентів. Негативний результат також є інформативним і заноситься в базу.

Дана модель повинна забезпечити рішення наступних задач:

- Формування узагальнених образів станів ОК на основі апріорної інформації (навчання).
- Ідентифікація стану ОК по його вихідних параметрах (задача розпізнавання образів).
- Визначення впливу вхідних параметрів на перехід ОК в різні стани (зворотна задача розпізнавання).

- Прогнозування поведінки ОК в умовах повної відсутності керуючих впливів.
- Прогнозування поведінки ОК при різних варіантах керуючих впливів.

## 2.7 Вибір прецеденту

У таких системах однією з найважливіших є проблема вибору підходящого прецеденту. Після того, як прецеденти сформовані у базу, потрібно вибрати "найбільш підходящий" з них. Це визначається порівнянням ознак ОК в поточній ситуації й в обраних прецедентах. Визначення методу, на якому буде ґрунтуватися знаходження міри подібності прецедентів, вирішується під час створення системи її розроблювачами. Найбільш популярним і часто використовуваним є метод "найближчого сусіда" [9]. У його основі лежить той або інший спосіб виміру ступеня близькості прецеденту й поточного випадку по кожній ознаці (будь це текстовий, числовий або булівський), що користувач порухує корисним для досягнення мети.

Тобто вводиться метрика (відстань) на просторі всіх ознак, у цьому просторі визначається точка, що відповідає поточному випадку, і в рамках цієї метрики перебуває найближча до неї крапка із крапок, що представляють прецеденти. Описаний тут алгоритм дуже простий. Реально застосовуються деякі його модифікації. Звичайно прогноз робиться на основі декількох найближчих точок, а не однієї. Такий метод є більш стійкий, оскільки дозволяє згладити окремі викиди, випадковий шум, завжди присутній у даних.

Кожній ознаці призначають вагу, що враховує її відносну цінність. Повністю ступінь близькості прецеденту по всіх ознаках можна обчислити, використовуючи узагальнену формулу типу:

$$\frac{\sum_j w_j * \text{sim}(x_{ij}, x_{kj})}{\sum_j w_j}$$



де  $w_j$  - вага  $j$ -го ознаки,  $sim$  - функція подібності (метрика),  $x_{ij}$  й  $x_{ik}$  - значення ознак  $x_j$  для поточного випадку й прецеденту, відповідно. Після обчислення ступенів подібності для всіх прецедентів одержуємо їх єдиний ранжируваний список.

Метод простий, може бути реалізований дуже ефективно, але вимагає для роботи великих обсягів пам'яті, тому що в процесі знаходження значення залежної змінної для нового запису використовується вся існуюча база даних.

У методі найближчого сусіда, у класичному його поданні, використовуються тільки ознаки поточного випадку й прецеденту. Але в керуванні важливий ще й результат впливу, те, наскільки він наближає систему до мети. При введенні метрики можна врахувати й цей критерій. Вважаючи, що ціль повинна бути досягнута за кінцеве число кроків, можна приймають більш близьким прецедент, що дозволяє досягти мети за меншу кількість кроків. Ми не розглядаємо більш складні випадки керування, коли прецеденти вибудовуються в певний порядок (у загальному випадку - у деякі структури).

У загальному випадку, можна представити багаторівневу метрику, де прецеденти рівняються по: Стану до впливу; Впливу; Стану після впливу.

### **3.8 Адаптація рішення**

У випадку якщо знайдений прецедент не є повним аналогом поточної ситуації, повинна виконуватися адаптація - модифікація рішення, що є в обраному прецеденті та її спрямування на рішення цільової проблеми. Неможливо реалізувати єдиний варіант для такої адаптації, тому що це у великому ступені залежить від прикладної області. Якщо існують алгоритми адаптації, вони звичайно припускають наявність залежності між ознаками прецедентів й ознаками рішень, що втримуються в них. Такі залежності можуть задаватися людиною при побудові бази прецедентів або виявлятися в базі автоматично методами видобутку даних та знань.

Процес модифікації рішення може включати ряд кроків, від простої заміни деяких компонентів у наявному рішенні, коректування або інтерполяції (числових) ознак або зміни порядку операцій до більше істотних дій. Існують й інші підходи:

- Повторна конкретизація змінних в існуючому прецеденті й присвоєння їм нових значень;
- Уточнення параметрів: деякі прецеденти можуть містити числові значення, наприклад, час виконання якого-небудь етапу плану; це значення повинне бути уточнене відповідно до нового значення іншої властивості;
- Пошук у пам'яті: іноді потрібно знайти спосіб подолання ускладнень, що виникають як побічний ефект заміни одних компонентів рішення іншими.

Процес адаптації може бути досить складним; у великому ступені він залежить від проблемної області.

### **3.9 Поняття локальних контекстно-контекстно-залежних метрик**

У традиційних методах аналізу багатомірних даних використовується подання про загальний простір ознак для всіх об'єктів і про однакову міру, застосовуваної для оцінки їхньої подібності або розходження. Таке подання доречно, наприклад, при вивченні однорідних фізичних феноменів на статистичному рівні системної організації, у яких об'єкт можна розглядати як реалізацію багатомірної випадкової величини з визначеним фізичним змістом, коли є всі підстави інтерпретувати зафіксовані особливості об'єктів як випадкові відхилення, обумовлені впливом шумів, похибками вимірювальних приладів і т.п.

У задачах, які можна об'єднати під загальною назвою "формування бази знань" (до них відносять видобуток даних і розглянутий нами метод ухвалення рішень по прецедентах), кожен об'єкт варто розглядати як самостійний інформаційний факт (сукупність зафіксованих значень ознак), що має певні унікальні особливості та ознаки.

Ці особливості розкриваються шляхом конструювання власного простору ознак для будь-якого об'єкта та знаходження індивідуальної міри його подібності з іншими об'єктами. Без подібного подання опис об'єктів нівелюється, ознаки можуть містити багато непотрібних, спричинених шумом, відволікаючих і навіть шкідливих деталей.

Це вимагає знань предметної області, тобто даних які відображають закономірності, визначають зв'язки між об'єктами з баз даних, у яких зберігаються прецеденти.

Задачею методів видобутку даних (DataMining), які містять у собі рішення задач класифікації, є не тільки пошук закономірностей, але й інтерпретація цих закономірностей. Це дозволяє сконструювати для кожного об'єкта індивідуальну локальну метрику, що забезпечує йому максимально можливу "сферу дії", який не можна досягти при побудові загального простору ознак і використанні однакової метрики для всіх об'єктів.

Опис кожного емпіричного факту в цьому випадку виявляється повністю захищеним від неінформативних елементів, що дозволяє надалі мати справу із чистими, "незашумленими" структурами даних. У цьому описі залишається тільки те, що є дійсно важливим для відображення подібності й розходження емпіричного факту з іншими фактами в контексті розв'язуваної задачі.

У світлі подань про локальні метрики очевидно, що той самий об'єкт може повертатися різними гранями свого багатомірного опису згідно заданого контексту. До будь-якого об'єкта, відображеного в пам'яті як цілісна багатомірна структура, може бути прив'язаний набір різних локальних метрик, кожна з яких оптимізує його подібності й розходження з іншими об'єктами відповідно до цілей певних задач відображення залежностей та зв'язків між об'єктами.

У результаті побудови локальних метрик відносини між об'єктами виражаються матрицею віддаленостей. Тому що локальна метрика прив'язана до об'єкта, метрики різних об'єктів можуть не збігатися, і для елементів

матриці можуть не виконуватися вимоги симетричності й нерівності трикутника. Тому дана матриця, хоча й відображає зв'язки подібності та розходження між об'єктами, не може бути інтерпретована як матриця відстаней.

Якщо подивитись на множину об'єктів із точки, що займає об'єкт у просторі, спеціально сконструйованому для цього об'єкта, то для такого погляду об'єкти сформується в специфічний ряд даних по ступеню далекості від даної точки. З іншої точки й в іншому просторі ряд віддаленостей тих же самих об'єктів буде мати свій специфічний вид.

Відповідно особливості об'єкта розкриваються у власному просторі ознак. На практиці це означає, що локальна метрика залежить від ступеня повноти опису об'єкта, від наявності тих або інших ознак.

Як самі навколишні об'єкти, так і сформовані про них простори знань (наприклад, опису класів) можуть мати свій ознаковий простір. Так, у медицині кожне захворювання характеризується своїм набором симптомів. Стосовно цього набору частина відповідних ознак у пацієнта можуть бути відсутніми.

Якщо ввести поняття контексту, що визначає відносини між об'єктами й, зокрема, ступінь опису самого об'єкта, то цей контекст проявляється в проекції класів на простір ознак об'єкта. Недостатньо описаний об'єкт може бути помилково віднесений до класу, якому він не належить, тому що в нього не вистачає ознаки, що диференціює його від цього класу. Очевидно, що чим менша ступінь опису об'єкта, тим більше перетинаються проекції класів у цьому просторі й тим гіршої якості буде прив'язана до об'єкта локальна метрика, що визначає його подібність (розходження) з іншими об'єктами. Тому до такої метрики крім поняття "локальна" ми додаємо поняття "контекстно-контекстно-залежна".

### **3.10 Опис локальної контекстно-контекстно-залежної метрики**

Існують різні способи розбивки множини об'єктів на класи:

1. Залучення експертних баз даних та знань. Це представлено обмеженнями, котрі накладаються на діапазони змін ознак об'єктів, або на формулювання наборів правил для розбивки об'єктів на класи, – побудова класифікатора.

2. Розбивка на основі навчальної вибірки, представленої експертом, – навчання із учителем.

3. Кластеризація.

Локальна метрика, котра базується на класах еквівалентності, ділить всі об'єкти на дві групи: вхідні в один клас із поточним і не вхідні в цей клас. Вона може приймати тільки два значення. Якщо досліджуваний об'єкт потрапив у клас, то близькими (рівними по метриці) йому можуть вважатися об'єкти цього ж класу. Інші – не рівні. Така метрика не повністю враховує відношення між поточним об'єктом і навколишніми (контекст), особливо коли об'єкт попадає в область перетинання класів.

Формування класів відбувається до розгляду досліджуваного об'єкта й природно, не в його ознаковому просторі. На етапі попередньої обробки, коли об'єкти збирають у класи, ознаковим простором для класу буде простір, загальний для всіх ознак цього класу. Далі, після того, як класи сформовані, природно розглядати їх у загальному для них ознаковому просторі (у транзитивному замиканні просторів всіх об'єктів).

При розгляді досліджуваного об'єкта він може бути віднесений відразу до декількох класів. Така ситуація може виникати, якщо в об'єкта частина ознак стосовно всіх цих класів відсутня. Це ж може відбутися через недостатню або неякісну інформацію при навчанні або при поділі на класи. На практиці виникнення подібних ситуацій не є рідкістю. Проілюструємо їх на простому прикладі (мал. 3.7).

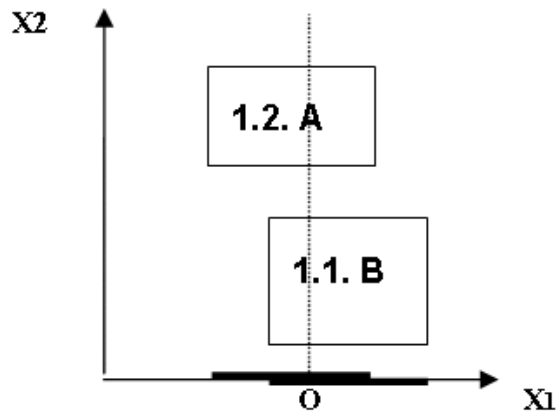


Рисунок 3.7 – Віднесення недостатньо описаного об'єкта до двох класів.

Два непересічні класи  $A$  й  $B$  описані в просторі ознак  $\{X_1, X_2\}$ . Об'єкт дослідження  $O$  представлений однією ознакою  $X_1$ , ознака  $X_2$  у нього відсутній. У цьому просторі ознак  $\{X_1\}$  проєкції класів перетинаються, і об'єкт попадає в цей перетин.

Для більш точної оцінки потрібно додати до контрольного об'єкту значення ознаки  $X_2$ , але на практиці це не завжди можливо.

Дотепер вважалося, що попадання об'єкту в область перетинання класів є перешкодою для оцінки об'єкта. Оскільки від цієї ситуації позбутися не вдається, її необхідно використати. Для цього будемо використовувати аналоги – об'єкти відповідних класів, котрі попадають у ту ж область перетинання.

При розгляді об'єкту відповідна йому точка порівнюється з розташуванням класів у проєкції на простір його ознак. Інші об'єкти, що входять в один клас із ним, вважаються близькими до нього. Об'єкти можуть також попадати в область перетинання класів. Всі об'єкти можна розділити на групи (мал. 1.9), ґрунтуючись на складності цього перетинання. Об'єкти, що перебувають у тій же області перетинання, що й досліджуваний об'єкт, природно вважати більше близькими до нього, чим ті, які перебувають разом з ним у якому-небудь одному із класів, не входячи в область перетинання. Цьому можна знайти просте пояснення: якщо вважати, що введенням класів ми розбили множину об'єктів на основні поняття, то з тим же набором ознак,

що й поточний об'єкт, вони подібні йому по приналежності до понять, позначуваним класами.

Порівнявши введене поняття близькості з тим, що говорилося раніше, неважко помітити, що запропонована метрика є локальною й контекстно-контекстно-залежною. Локальною, тому що прив'язана до розглянутого об'єкту, контекстно-контекстно-залежною, тому що залежить від його набору ознак. Приведемо більше строгі визначення запропонованої міри:

Відстань від поточного об'єкта до іншого дорівнює різниці кількості класів, куди потрапив поточний об'єкт, і кількості класів із цього числа, у якому перебуває інший. Це значить, зокрема, що відстань між поточним об'єктом й іншим об'єктом, що перебуває в тій же області перетинання класів, дорівнює нулю. На мал. 1.9 цифрами позначені області з відповідним цим цифрам відстанню від поточного об'єкта до об'єкта із цієї області.

Запропонована міра не є метрикою в класичному розумінні, а тільки має інтерпретацію відстані. Для неї не гарантується виконання правила симетричності, тому що вона прив'язана до об'єкта, і, при переході до іншого об'єкту, буде розглядатися вже в його просторі ознак. По цій же причині не гарантується виконання правила трикутника. Однак вона дозволяє враховувати контекст взаємин об'єкта з навколишніми, особливо котрі є безпосередній близькості від нього.

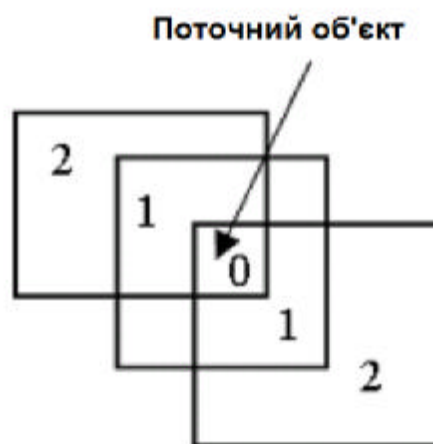


Рисунок 3.8 – Ступені близькості об'єктів.

### **3.11 Можливі додатки пропонованого методу адаптивного керування**

До додатків з погано формалізованими об'єктами, для яких не має сенсу намагатися одержати явний вид передавальної функції, можна віднести, у першу чергу, медичні додатки, додатки управління підприємством, гру на валютному ринку, системи захисту інформації (виявлення інформаційних впливів) і інших.

Адаптивне керування підприємством, або "включене" оперативне керування частіше має на увазі собою дії, спрямовані на подолання кризової ситуації на підприємстві [10]. Модель адаптивного керування повинна містити критерій, щодо якого приймається рішення, і характеристики об'єкту у вигляді сукупності керованих змінних.

Керування повинне відбуватися в умовах неповного, нечіткого й неточного знання характеристик об'єкта керування й характеристик навколишнього середовища, у якій функціонує цей об'єкт. Крім того, у ході реалізації управлінського процесу, що відбуває в умовах невизначеності, звичайно міняються параметри об'єктів-учасників процесу й характеристик їхнього навколишнього середовища. У такій ситуації не є можливим одержати чітку форму моделі об'єкта керування, як параметричну, так і структурну.

Метод управління та ухвалення рішень по прецедентах пропонується як основу реалізації таких адаптивних регуляторів управлінських процесів.

У цей час стає очевидним, що якісно новий рівень захищеності складних і багатофункціональних інформаційних систем може бути досягнутий лише за рахунок реалізації адаптивного керування процесами захисту інформації. При цьому під "адаптивним керуванням" розуміється процес цілеспрямованої зміни параметрів і структури системи захисту інформації з метою підтримки необхідного рівня захищеності систем.

Сучасні мережеві технології вже важко представити без механізмів захисту. Однак при їхньому детальному аналізі завжди виникають кілька



питань: наскільки ефективно реалізовані й настроєні наявні механізми, як протистоять атакам інфраструктура захисту, чи може адміністратор безпеки вчасно довідатися про початок таких атак.

Протистояння атакам – важлива властивість захисту. Здавалося б, якщо в мережі встановлений міжсітковий екран (firewall), те безпека гарантована, але ця розповсюджена омана може привести до серйозних наслідків.

Наприклад, міжсітковий екран не здатний захистити від користувачів, що пройшли аутентифікацію. А кваліфікованому хакеру не візько добути ідентифікатор і пароль авторизованого користувача. Крім того, міжсітковий екран не тільки не захищає від проникнення в мережу через точки доступу, але й не може виявити такого зловмисника.

Виявлення атак - це процес оцінки підозрілих дій у корпоративній мережі, що реалізується за допомогою аналізу журналів реєстрації операційної системи й додатків (log-файлів) або мережевого трафіку. Компоненти програмного забезпечення виявлення атак розміщуються на вузлах або в сегментах мережі й "оцінюють" різні операції, у тому числі з врахуванням відомих недоліків.

Адаптивний компонент дозволяє модифікувати процес аналізу захищеності, надаючи найостаннішу інформацію про нові недоліки. Він також модифікує компоненти виявлення атак, доповнюючи їх останньою інформацією про підозрілі дії й атаки. Прикладом адаптивного компонента може служити механізм відновлення баз даних антивірусних програм, які є часткою випадку систем виявлення атак.

### **3.12 Висновок про застосування методу прецедентів**

Інтеграція трьох самостійних напрямків, що стосуються методів генерації нових даних та знань й використання їх при керуванні поведінкою об'єктів, дозволяє отримати нові тенденції розвитку інтелектуальних засобів керування. У роботі показані можливі переваги від такої інтеграції, найбільший інтерес із яких представляє, очевидно, можливість

нагромадження знань про можливу поведінку для випадків виникнення можливих ситуацій та постійно зростаюча ймовірність вірного прогнозу поведінки в ситуаціях, що раніше не зустрічалися або раніше не зустрічались або не розпізнавалися.

Особливим достоїнством методу є можливість нагромадження знань та даних про ситуації (прецеденти) у зовнішній, стосовно об'єктів, базі даних і використання цих знань іншими об'єктами, підключеними до тієї ж бази.

Метод важливий і цікавий тим, що його можна застосовувати стосовно реальних біологічних об'єктів, у тому числі - при вивченні поведінки людини. Адаптація поведінки будь-якої живої істоти, у тому числі, людини, у навколишньому середовищі, з моменту народження відбувається на основі прецедентів. У початковій стадії життєдіяльності один з основних способів нагромадження знань (поповнення бази прецедентів) - це гра. Коли власна база прецедентів мала, власний досвід проб і помилок виявляється незамінним, особливо він важливий, якщо плата за помилки відносно мала. Одночасно база прецедентів починає поповнюватися чужим досвідом (наприклад, за допомогою спостереження), іншими словами, відбувається процес передачі знань від однієї системи керування в іншу.

Даний підхід не може бути абсолютизований. У певних ситуаціях, пов'язаних з управлінням, керуванням і навчанням об'єктів з добре формалізованою поведінкою, застосування "класичних" методів буде, безсумнівно, більше вигідним. Однак метод інтелектуального адаптивного керування з попередньою й перманентною класифікацією нових ситуацій дозволяє працювати з об'єктами, поведінка яких недостатньо вивчена або (у початковий момент) зовсім невідома, розширюючи сферу застосування всіх трьох методів: адаптивного керування, видобутку даних і ухвалення рішень управління на основі прецедентів.

## **4 КОНСТРУКТОРСЬКА-ЧАСТИНА**

### **4.1 Приклад використання критеріїв оптимального управління і прийняття рішень**

На підприємство поставляється кілька сортів продукту, які можуть використатися в декількох технологічних процесах.

Потрібно скласти оптимальний виробничий план. При цьому можуть ураховуватися різні фактори: вартість сировини, витрати на виробництво, ціни на продукцію й т.п. Фактори можуть характеризуватися стабільними або показниками, що змінюються.

План може носити перспективний характер. При цьому, зокрема, виникають задачі про закупівлі сировини, що вимагається для реалізації оптимального плану, побудованого з урахуванням прогнозів.

Далі розглянемо кілька варіантів задач, пов'язаних з переробкою продуктів.

Рішення отримані при використанні системи «Імператор v.3». Ця система дає істотні переваги при рішенні задач, у яких враховуються якісні переваги особи, що приймає рішення. Однак це не виключає можливості рішення й стандартних «кількісних» задач.

### **4.2 Опис рішення**

Для рішення поставленої задачі використовуємо МАІ. Рішення проводилося в системі підтримки прийняття рішень «Імператор»

#### **Приклад ідеалізованої схеми**

Оптимальний план визначається за стандартною схемою лінійного програмування. Всі кількісні показники (ціни на сировину, на кінцеві продукти; обсяги поставок сировини; характеристики технологічних процесів; витрати на виробництво) уважаються постійними. Початкові умови задають гарантований збут всієї продукції.

Задачі й відповідні моделі носять демонстраційний характер. Природно, при рішенні реальних практичних проблем потрібна доробка представлених нижче моделей, що цілком можливо за допомогою системи «Імператор v.3».

Аналогічні задачі виникають й в інших виробничих сферах, наприклад, при виробництві харчових продуктів, при розширтовці сировини для виробництва сплавів і т.п.. Крім того, аналогічні задачі - типу «розподілу ресурсів» - можуть вирішуватися при складанні транспортних маршрутів, при фінансуванні проектів, при формуванні структури різного роду запасів в умовах обмеженості засобів і т.д. Фахівцям в областях керування виробництвом, фінансами, аналітикам не важко буде провести ці аналогії.

### 4.3 Умови задачі

На переробний завод протягом наступного місяця планується поставка:

Таблиця 4. 1 – Планована поставка сировини

Сорт сировини	Щоденний об'єм, тонни
А	2000
Б	3000

На заводі немає можливостей для складування сировини. Тому або весь об'єм добової поставки повинен бути перероблений, або залишок сировини може бути переспрямований іншому споживачеві. (В останньому випадку завод, по суті, перепродує змішану сировину, гублячи частину грошей.)

Протягом місяця ціни на тонну сировини не змінюються:

Таблиця 4. 2 – Ціни на тонну сировини

Сорт сировини	Ціна тонни, грн.	Ціна тонни при перепродажі, грн.
А	1700	1400
Б	2100	1400

На заводі є наступні технологічні процеси:

Таблиця 4.3 – Технологічні процеси

Процес	Характеристики процесу						Витрати при переробці, грн. на тону сировини
	Вхід, тонни		Вихід, тонни				
	Сировина сорту А	Сировина сорту Б	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 2	Продукт 4	
№ 1	4	8	6	2	3	1	600
№ 2	4	4	3	2	2	1	550
№ 3	6	3	2	3	2	2	400

(Оцінки витрат ураховують суму всіх виробничих витрат і штрафи за забруднення навколишнього середовища.)

Для кожного процесу є обмеження по об'єму сирі сировини:

Таблиця 4.3 – Обмеження

Процес	Завантаженість процесу, тонн у добу	
	Мінімальна	Максимальна
№ 1	800	2300
№ 2	900	2750
№ 3	1000	2500

(Кожний з технологічних процесів не може «простоювати», тому задані мінімальні завантаження.)

Споживачам протягом наступного місяця продукти будуть відпускатися за наступними цінами:

Таблиця 4. 4 – Відпускні ціни

Ціни, грн. за тонну			
Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4
11000	9500	8000	3000

Крім того, передбачається, що вся продукція обов'язково реалізується споживачам.

#### **4.4 Плановані вимоги до результатів**

Потрібно скласти найбільш вигідний щодобовий виробничий план. Тобто, необхідно визначити об'єми сировини, що переробляють у кожному з технологічних процесів, при яких може бути отриманий максимальний прибуток. Після цього, з огляду на характеристики процесів, необхідно обчислити вхідні об'єми кожного із сортів сировини А и Б за кожною технологією.

Зауваження. Як правило, процес підготовки ухвалення рішення містить у собі оцінку наслідків. У цьому випадку така оцінка збігається з оцінкою сумарного прибутку, що може бути отримана при реалізації продуктів переробки сировини.

Розглянута задача є типовою для даного підприємства.

Тому потрібно скласти моделі, які можуть бути швидко адаптовані для визначення оптимальних виробничих планів у подібних ситуаціях (наприклад, змінилися деякі ціни, витрати, обмеження й т.п.)

#### 4.5 Схема оцінки прибутку

На даному підприємстві використовується наступна оцінка прибутку:

Обчислення оцінки прибутку	$P = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + k_4 x_4$ – сумарний прибуток у грн., отримана від реалізації всіх продуктів переробки сировини по всіх технологіях
Змінні	$x_S$ - сумарний об'єм сировини сортів А и Б у тоннах, переробляє по технології № S
Коефіцієнти	$k_S = C_S - Z_S$ - оцінка прибутку в грн., отримана від реалізації продуктів переробки тонни сировини за технологією № S, де $C_S$ - сума цін продуктів переробки, $Z_S$ - витрати при переробці

(Перепродаж сировини умовно вважається «технологічним процесом № 4».) За умовою задачі критерій оптимальності плану має вигляд:

$$P = k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + k_4 x_4 \rightarrow \max$$

У розглянутих умовах коефіцієнти мають наступні значення:

Таблиця 4. 5 – Коефіцієнти

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
У грн..	6766,667	4100	4266,667	1400
У відносних величинах	0,409	0,248	0,258	0,085

Дані з умови задачі, необхідні для розрахунку коефіцієнтів  $k_S$ , зібрані в Excel-таблиці . Самі коефіцієнти - у рядку № 13.

Зауваження. Величини  $x_S$  за умовою задачі в сумі повинні збігатися з об'ємом V добової поставки сировини. Якщо розробляється перспективний план, то цей об'єм V може бути не відомий. Тоді допустимі припущення  $V=1$ , а величини  $x_S$  будуть частками одиниці, тобто «відносними об'ємами».

Обмеження на об'єми сировини за кожною технологією

Таблиця 4. 6 – Обмеження на об'єми сирової сировини за кожною технологією

Обмеження	Пояснення
$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \leq V_A$	$a_S$ - частка сировини сорту А в технології № S, $V_A$ - об'єм добової поставки сировини сорту А, $x_S$ - сумарний об'єм сировини, що переробляє за технологією № S
$b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \leq V_B$	$b_S$ - частка сировини сорту Б у технології № S, $V_B$ - об'єм добової поставки сировини сорту Б, $a_S + b_S = 1$
$V_{S \min} \leq x_S \leq V_{S \max}$ , $S = 1, 2, 3$	$V_{S \min}$ , $V_{S \max}$ - відповідно мінімальне й максимальне завантаження сировини для технології № S

З перших двох нерівностей автоматично треба вважати, що  $x_1 + x_2 + x_3 \leq V_A + V_B = V$ , тобто сумарний об'єм переробки сировини, не більше об'єму добової поставки сировини  $V$ .

Дані з умови задачі про характеристики технологій, необхідні для розрахунку коефіцієнтів  $a_S$  й  $b_S$  за умови, що знайдено оптимальний план, для кожної технології № S, S=1, 2, 3 сировина розподіляється в такий спосіб:

Дані з умови задачі про характеристики технологій, необхідні для розрахунку коефіцієнтів  $a_S$  й  $b_S$ , зібрані в Excel-таблиці Самі коефіцієнти – у рядках № 15 й № 16 відповідно.



Таблиця 4. 7 – Розподіл сировини

Об'єми сировини по сортах і технологіям	Пояснення
$V_{AS} = a_S x_S$	$a_S$ - частка сировини сорту А в технології № S, $V_{AS}$ - об'єм сировини сорту А в технології № S, $x_S$ - сумарний об'єм сировини, що переробляє за технологією № S
$V_{BS} = b_S x_S$	$b_S$ - частка сировини сорту Б у технології № S, $V_{BS}$ - об'єм сировини сорту А в технології № S, $a_S + b_S = 1$

#### 4.6 Ієрархія, структура й дані

Для рішення задачі про складання оптимального плану переробки сировини була створена бібліотека з найпростішою ієрархією.

Створення

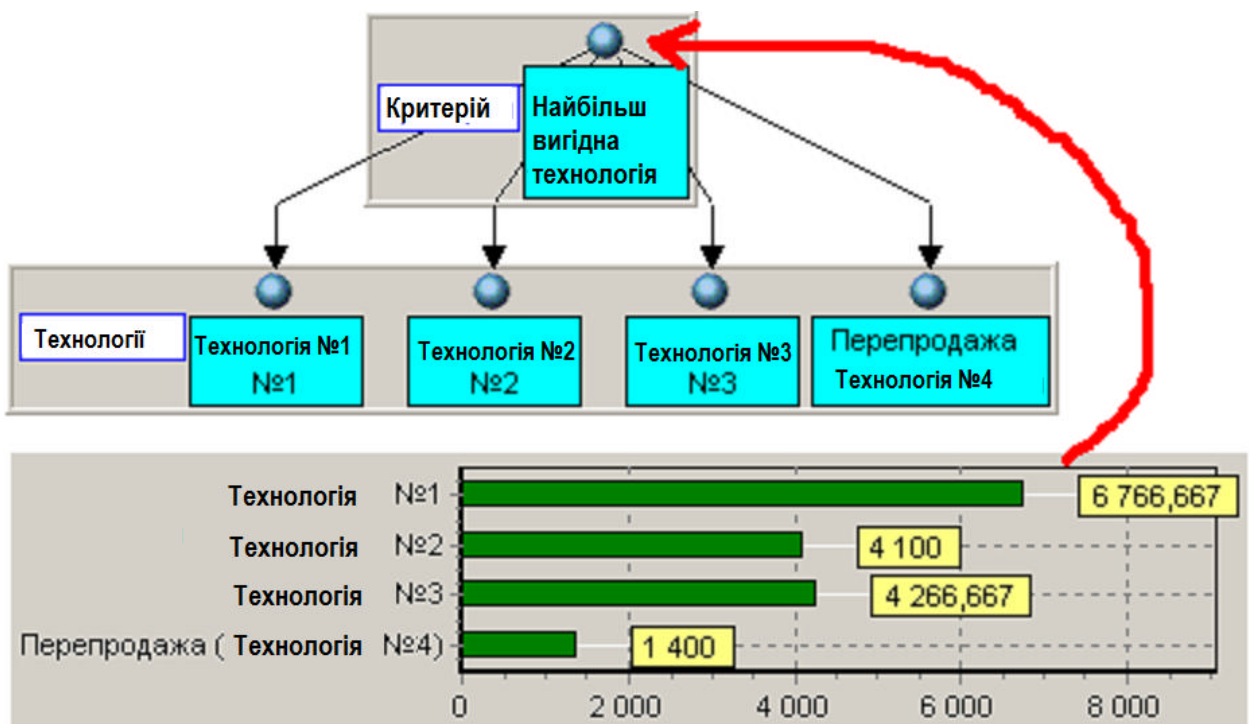


Рисунок 4. 1 – Ієрархія, дані взяті з таблиці , побудованої на основі умов задачі.

#### 4.7 Результати, підготовка до розрахунків і перегляд

Для обчислення розподілу об'ємів сировини, що доводиться на кожен технологічний процес, були виконані дії.

У даному проекті виділена ієрархія «Рейтинг технологій» і для неї створений файл «Розподіл сировини».

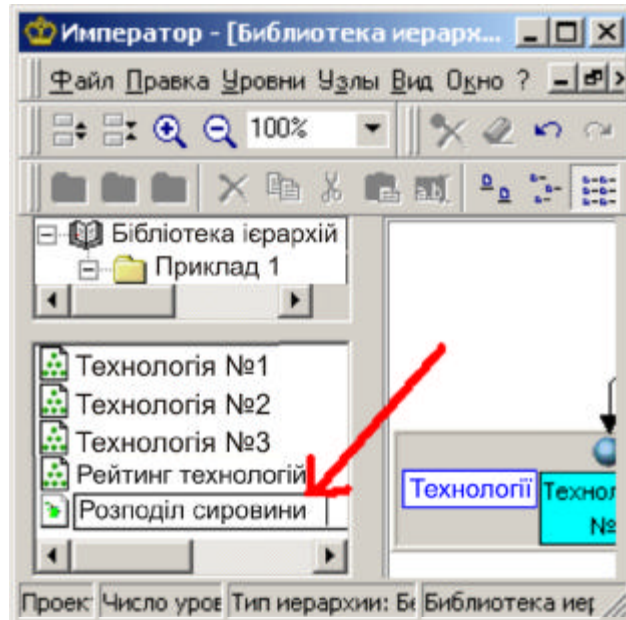
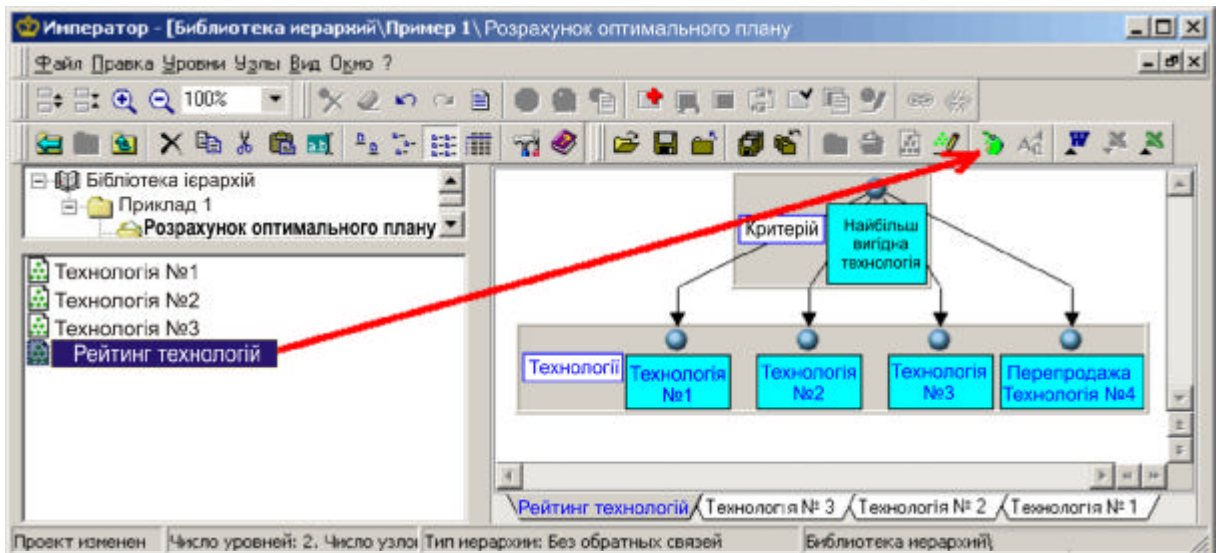


Рисунок 4. 2 – Вікна бібліотеки СПР

З урахуванням умов задачі задані обмеження,

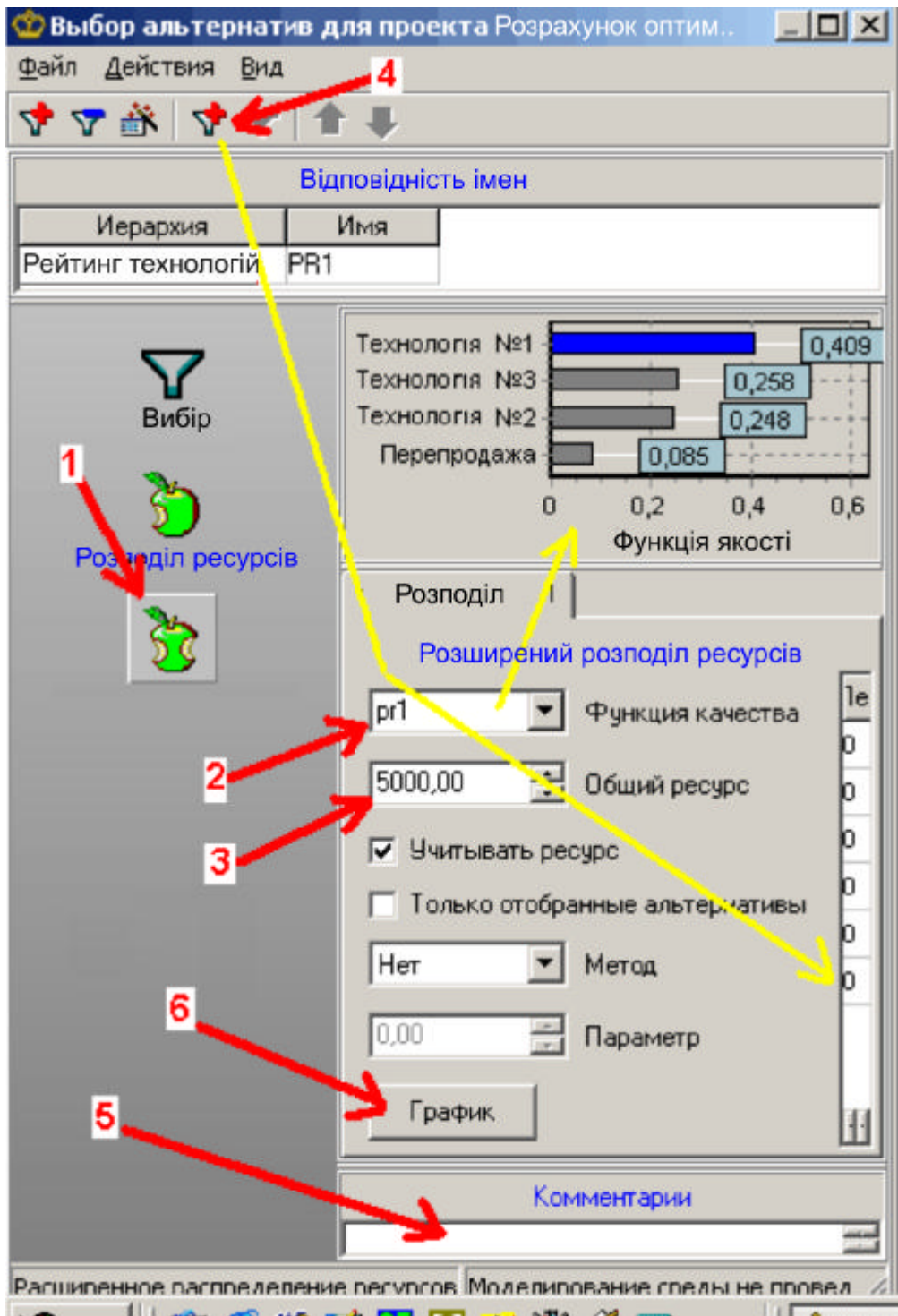


Рисунок 4.3 –Обмеження

які в підсумку прийняли вид (на попередньому малюнку - етап 4)

Перепродажа	Технология №1	Технология №2	Технология №3	Тип	Обмеження	Вид
0	0,3333333333	0,5	0,6666666667	≤	2000	$0,3333333333 \cdot X1 + 0,5 \cdot X2 + 0,6666666667 \cdot X3 \leq 2000$
0	0,6666666667	0,5	0,3333333333	≤	3000	$0,6666666667 \cdot X1 + 0,5 \cdot X2 + 0,3333333333 \cdot X3 \leq 3000$
0	1	0	0	≥	800	$X1 \geq 800$
0	0	1	0	≥	900	$X2 \geq 900$
0	0	0	1	≥	1000	$X3 \geq 1000$
0	1	0	0	≤	2300	$X1 \leq 2300$
0	0	1	0	≤	2750	$X2 \leq 2750$
0	0	0	1	≤	2500	$X3 \leq 2500$

Рисунок 4. 4 – Результати розрахунку

А потім отримані результати (на передостанньому малюнку - етап б).

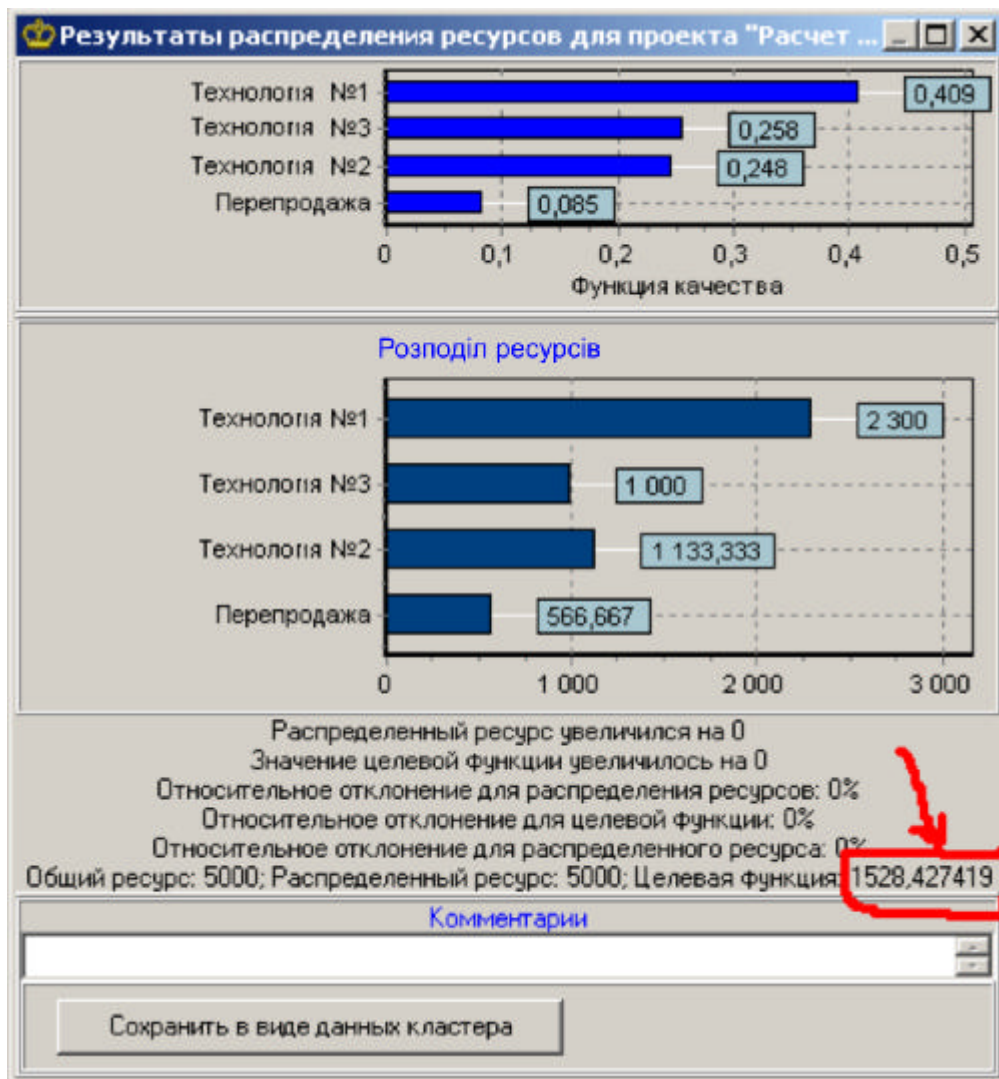


Рисунок 4. 5 – Розподіл ресурсів

На графіку «розподіл ресурсів» - кількості тонн змішаної сировини для кожної технології; прибуток від переробки тонни приблизно 1528 грн. 43

коп. Після цього на основі даних про частки сировини в кожній технології отримані результати:

Таблиця 4. 8 – Результат

Технологія	Використання сортів сировини, тонн у добу	
	Сорт А	Сорт Б
№ 1	766,667	1533,333
№ 2	566,667	566,667
№ 3	666,667	333,333

#### 4.8 Створення бібліотек СПР

Відкрийте програму «Імператор v.3.1». Виконаєте дії 1 - 4.

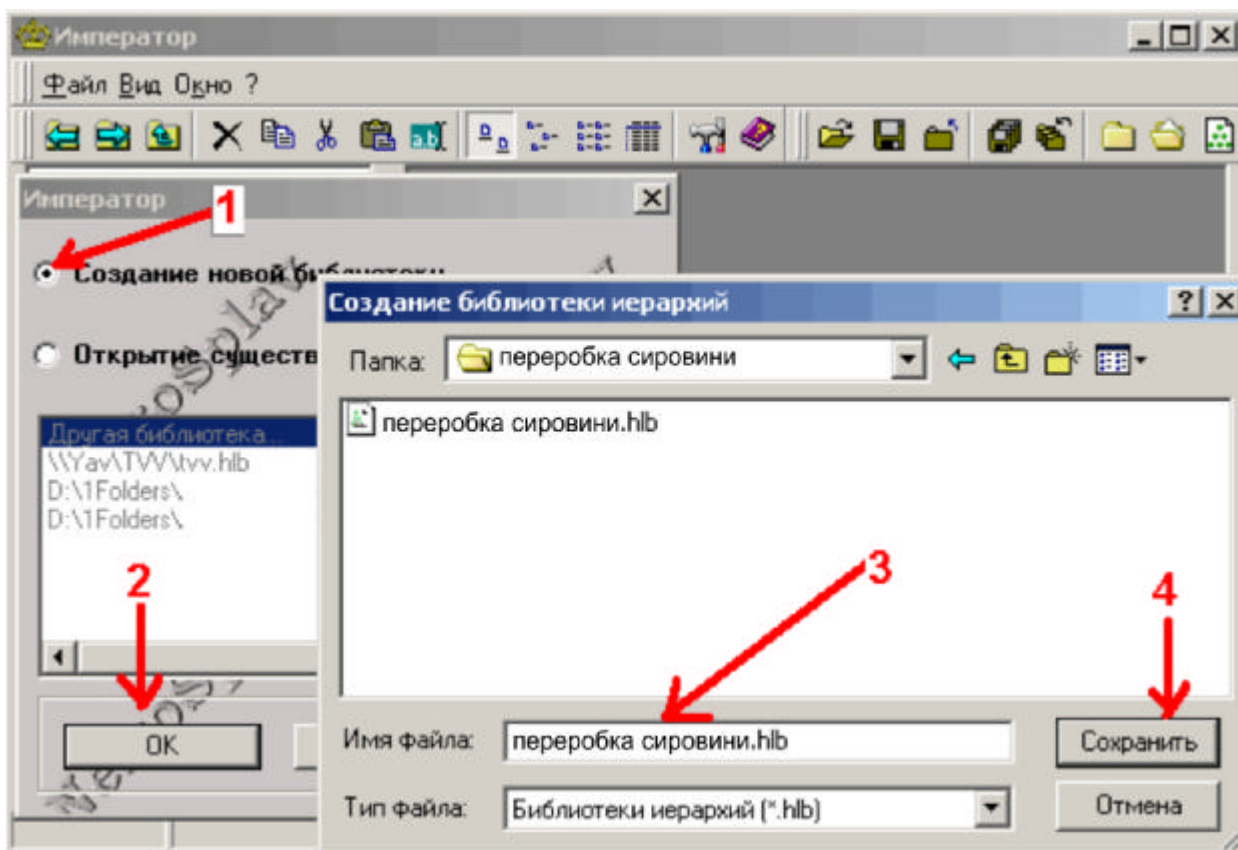


Рисунок 4. 6 – Вікна бібліотеки

Потім створеною бібліотекою можна користуватися для рішення задач розглянутого типу. Створіть у бібліотеці «проект», потім у цей розділ будуть поміщені всі моделі для рішення даної проблеми.

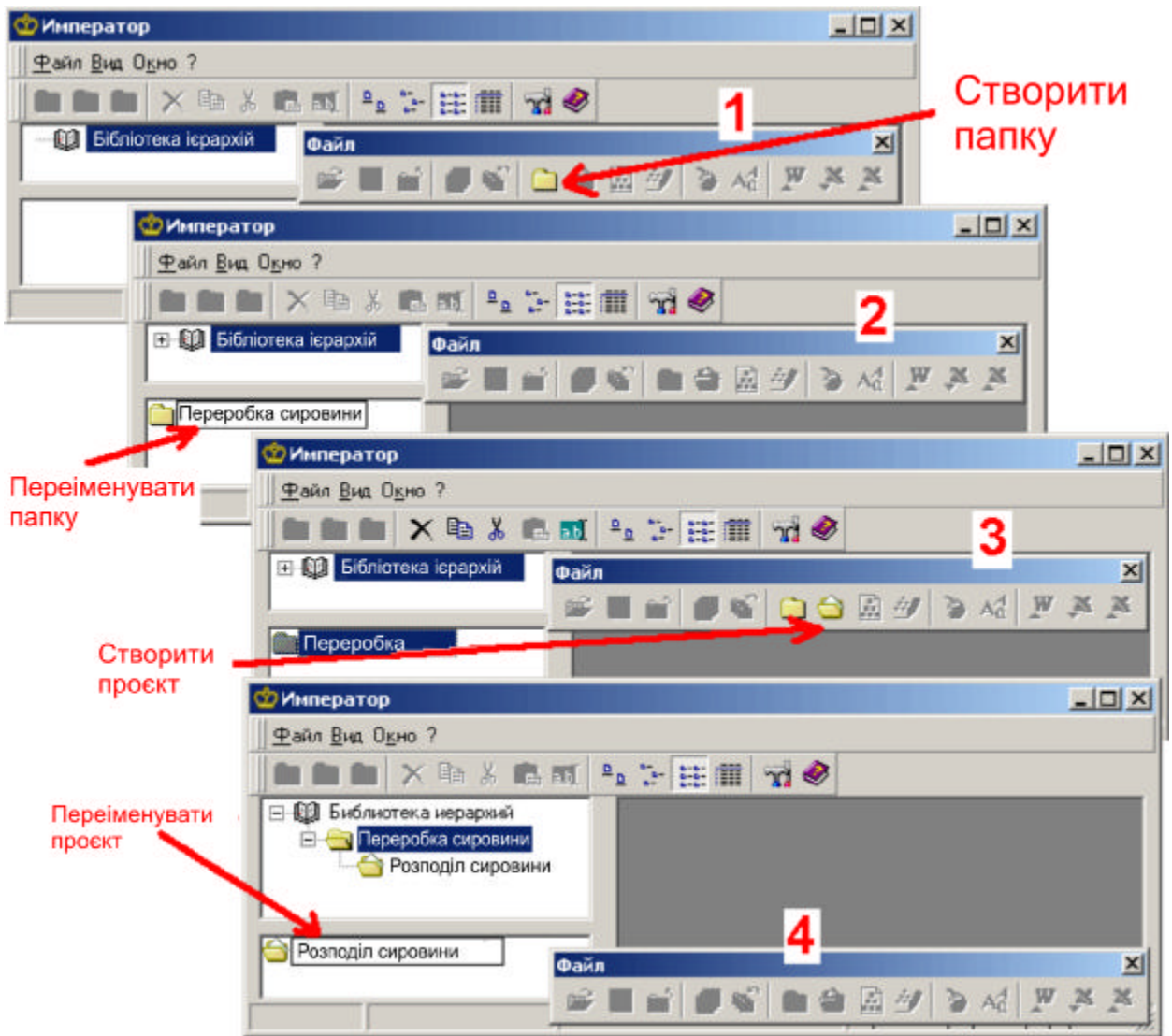


Рисунок 4. 7 – Створення проекту бібліотек СПР

Імена розділів бібліотеки повинні дозволяти швидко знаходити потрібні моделі для підтримки прийняття рішень у типових ситуаціях.

## 4.9 Створення ієрархії

Ієрархія створюється в «проекті» ієрархії.

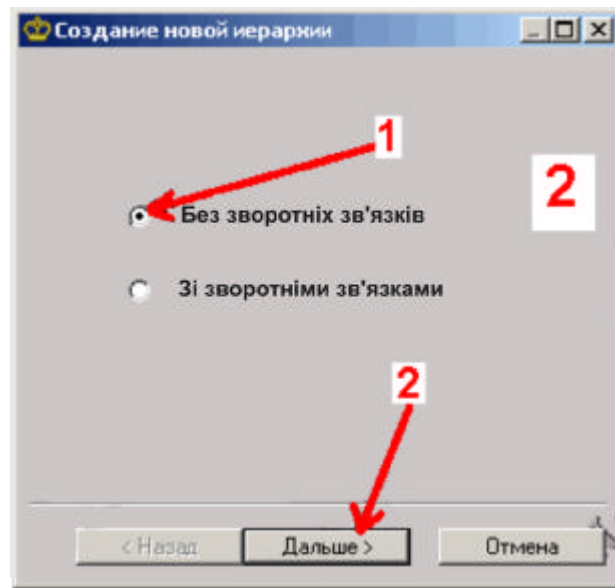
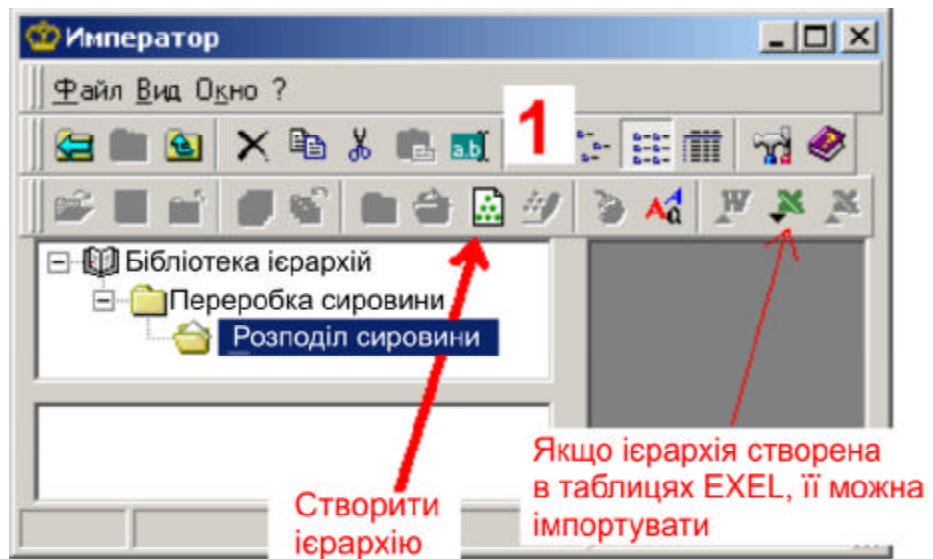


Рисунок 4. 8 – Створення ієрархії

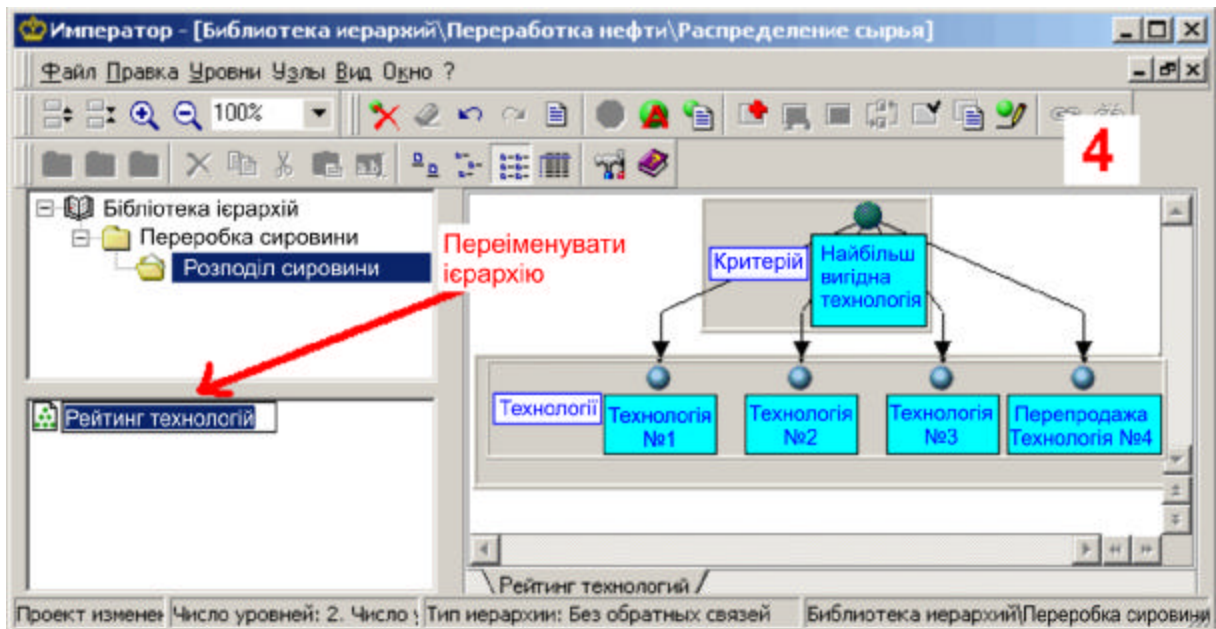
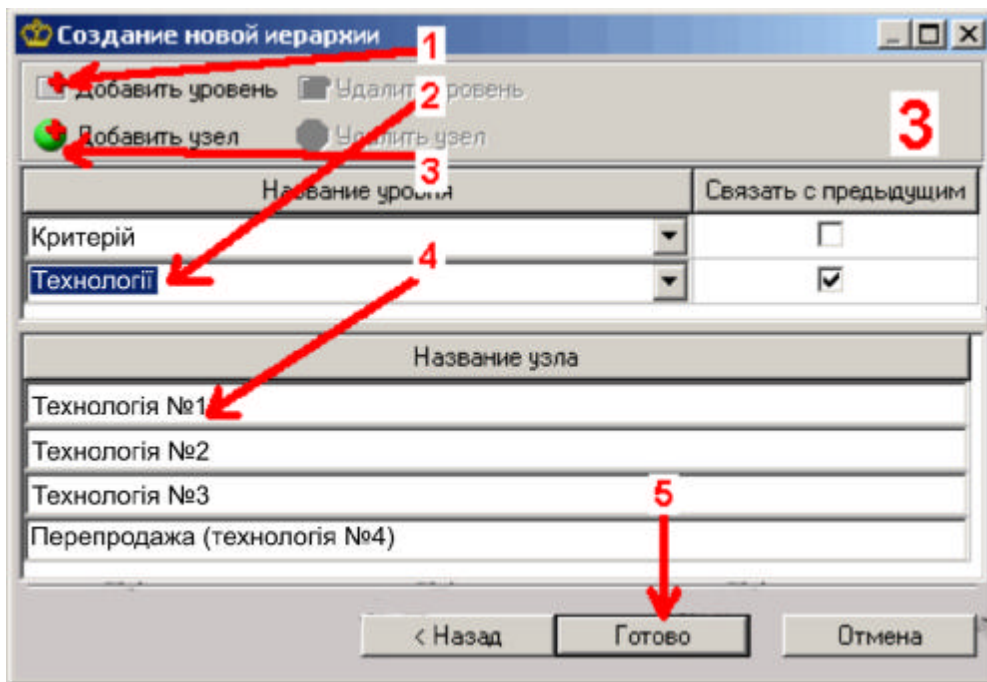


Рисунок 4. 9 – Створення бібліотеки ієрархій

Імена ієрархій й їхніх елементів повинні відповідати розв'язуваній задачі. У цьому випадку ієрархія складається з одного кластера.



Для вузлів, що є вершинами кластерів, визначаються дані.

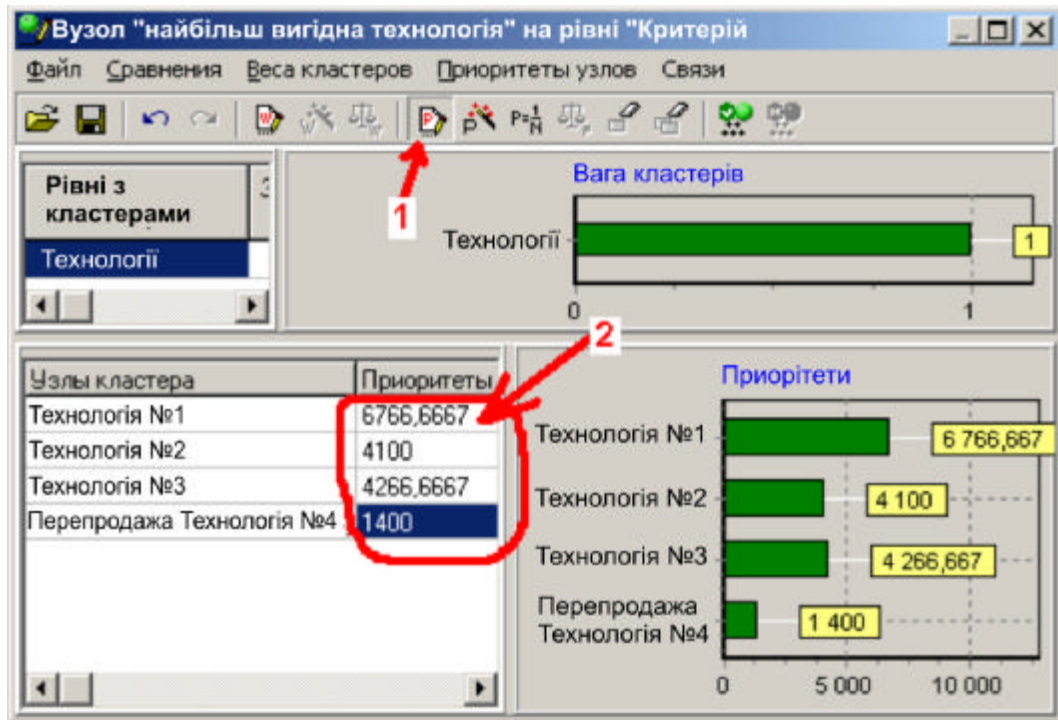


Рисунок 4.10 – Вибір вузлів і критеріальна ієрархічна оцінка

У цьому випадку вектор пріоритетів у кластері заданий без проведення парних порівнянь по кількісних умовах задачі й не є нормованим.

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### Реалізація методу аналізу ієрархій Т. Л. Сааті

Метод аналізу ієрархій (МАІ) полягає у декомпозиціюванні проблем ухвалення рішень на прості складові частини і проведення в подальшому обробки послідовностей суджень експерта з парних порівнянь. МАІ слугує для обґрунтування ухвалення рішень для умов апріорної визначеності та багатокритеріальності. Метод базується на наступних принципах.

#### 5.1 Принцип декомпозиції.

Принцип МАІ виконує структурування проблем ухвалення рішень як для ієрархії, це є перший етап використання МАІ. Ієрархію вважаємо повною, коли для кожного елемента заданого рівня пов'язаний із усіма елементами наступного рівня. Найпростіша повна ієрархія проблеми багатокритеріального вибору включає три рівні (рис. 5.1): мета, критерії, альтернативи.

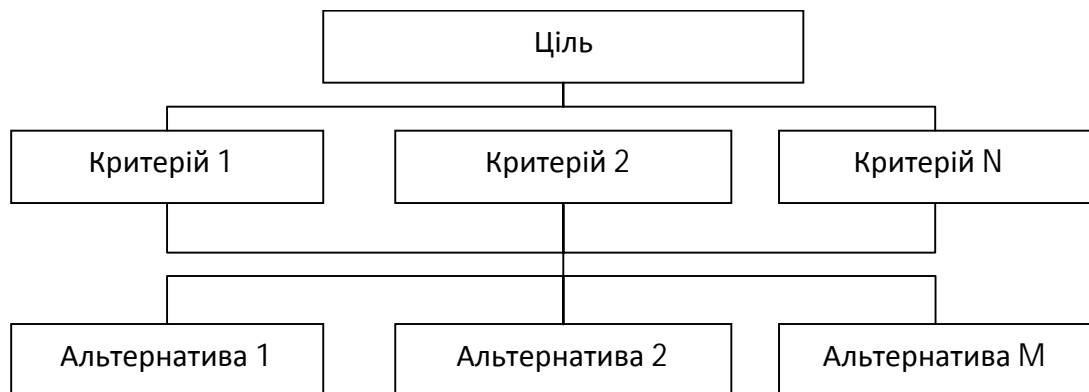


Рисунок 5.1 – Ієрархія проблеми

#### 5.2 Принцип порівняльних суджень.

Щоб встановити пріоритети критеріїв та отримати оцінки для альтернативних рішень, у МАІ використовується метод парних порівнянь – будуються матриці парних порівнянь  $A = \|a_{ij}\|$ , де  $a_{ij} = w_i / w_j$ ,  $w_i$  – вага  $i$ -го елемента ієрархії. Очевидно, що  $a_{ii} = 1$ ,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ , відповідно діагональні елементи матриці дорівнюють 1, матриця є зворотносиметричною).

По кожній матриці визначається вектор локальних пріоритетів та обчислюється індекс узгодженості думок експерта.

### **5.3 Принцип синтезу пріоритетів.**

Отже, вважатимемо, що:

1. побудовані матриці парних порівнянь: одна другого рівня ієрархії (для критеріїв), а на кожному наступному рівні – стільки матриць парних порівнянь, скільки елементів містить попередній рівень ієрархії (у кожній матриці – результати порівняння за одним із критеріїв);
2. обчислені вектори локальних пріоритетів з кожної матриці.

Синтез пріоритетів відбувається починаючи з 2-ого рівня ієрархії згори донизу. Локальні пріоритети альтернативних рішень множаться на пріоритети критеріїв попереднього рівня у їх відповідності та сумуються по кожному елементу у відповідності до критеріїв. Таким чином, підсумковою оцінкою альтернативи у методі парних порівнянь є вага альтернативи, що обчислюється як згортка вагових коефіцієнтів критеріїв (локальних критеріїв) всіх рівнів ієрархії.

## **5.4 Алгоритм МАІ.**

Алгоритм МАІ включає наступні етапи:

1. формування ієрархії цілей;
2. визначення пріоритетів;
3. розрахунок локальних векторів пріоритетів;
4. перевірка експертних оцінок на несуперечність (обчислення індексу узгодженості);
5. розрахунок пріоритетів цілей та заходів для ієрархії загалом на основі синтезу локальних пріоритетів.

## **5.5 Приклад використання методу**

Розглянемо ці етапи та проілюструємо їх на прикладі.

Підприємство укладає договір про продаж-купівлю товару по варіантам: з посередником 1, з посередником 2, посередником Забо з підприємством-виробником. Вибір здійснюють після оцінювання наступних факторів:

- вартість товару (грн.);
- обсяг партій товару (шт.);
- місце розташування постачальника (км);
- можливість збою поставок (кількість);
- терміни постачання (міс.);
- транспортні витрати (грн.).

У таблиці 5.1 наведено вихідні дані для експерта, на основі аналізу яких він буде матриці парних порівнянь.

Таблиця 5.1– Вихідні дані

	Ціна товару	Обсяг парцій товару	Місце розташування постачальника	Збій постачання	Терміни постачання	Транспортні витрати
Посередник 1	1000	500	1000	1	точно в термін	2000
Посередник 2	1800	200	500	2	1 місяць	1000
Підприємство- виробник	800	1000	1500	0	протягом 2 місяців	3000
Посередник 3	2000	500	100	0	точно в термін	500

### 5.5.1 Етап 1. Формування ієрархії мети.

Виробляється декомпозиціювання проблеми ухвалення рішень з виділенням основної мети, під цілей, цільових функцій (альтернативи). Елементи однакових рівнів співставляються один з другим з точки зору встановлення пріоритетів.

Критерії всіх рівнів ієрархії у методі аналізу ієрархій повинні мати загальну спрямованість (або позитивну, або негативну), тобто оцінюються вигоди (дохід, прибуток), або витрати.

Скориставшись методом Сааті на вирішення цієї проблеми, слід, насамперед, чітко визначити потенційні вигоди, які потрібно враховувати. Припустимо, що в результаті отримано такі ієрархії вигод (рис. 5.2).



Рисунок 5.2 – Ієрархія проблеми вибору постачальника

### 5.5.2 Етап 2. Визначення пріоритетів.

Щоб встановити пріоритети критеріїв, отримати оцінки для альтернативних рішень, будуються матриці парних порівнянь  $A = \|a_{ij}\|$ . Елемент  $a_{ij}$  матриця парних порівнянь є результатом вимірювання за фундаментальною шкалою ступеня переваги альтернативи  $A_i$  стосовно альтернативи  $A_j$ .

Очевидно, що між собою порівнюються елементи, що належать до одного рівня ієрархії. При побудові матриць парних порівнянь користуються фундаментальною шкалою переваг (шкалою відносної ваги) (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Фундаментальна шкала переваг (шкала відносної ваги)

$a_{ij}$	Пояснення
<b>1</b>	Рівна важливість порівнюваних елементів ієрархії. Обидва порівнювані елементи мають однакову значимість для елемента вищого рівня
<b>3</b>	Помірна перевага і-го елемента ієрархії над j-им. Попередній досвід оцінки говорять про деяку більшу значущість одного елемента порівняно з іншим
<b>5</b>	Істотна чи сильна перевага і-го елемента. Попередній досвід та оцінка говорять про більш високу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
<b>7</b>	Значна перевага і-го елемента. Дуже висока значимість елемента явно проявилася у минулому
<b>9</b>	Дуже значна перевага і-елемента. Мова про максимально можливу відмінності між двома елементами
<b>2, 4, 6, 8</b>	Проміжні ступені переваги. Значення потрапляють до інтервалу між визначеними вище балами значущості

Кількість відповідей експертів на побудову матриці парних порівнянь для  $n$  порівнюваних елементів дорівнює  $n \cdot (n-1)/2$  чи  $n^2/2 - n/2$ . При заповненні матриці парних порівнянь достатньо визначити елементи, що розташовані над головною діагоналлю матриці. Елементи під діагоналлю згідно з властивістю зворотної симетричності матриці обчислюються за формулою  $a_{ij} = 1/a_{ji}$

Спочатку будується матриця парних порівнянь для критеріїв, які у ієрархії (табл. 5.3). Наприклад, значення припинення рядка 1 і стовпця 2, рівне 9, свідчить про максимально можливий пріоритет критерію ціни товару порівняно з обсягом партій, що поставляються. Відповідно обсяг партії дуже

мало значущий у порівнянні з ціною постачання, тому значення на перетині 1-го стовпця та другого рядка дорівнює  $1/9$ .

Далі кожному критерію будується матриця парних порівнянь всіх альтернатив. Наприклад, якщо трирівнева ієрархія будується для 6 критеріїв і 4 альтернатив, то всього буде побудовано 7 матриць парних порівнянь (1 матриця розмірності 66 - для порівняння критеріїв і 6 матриць розмірності 44 для порівняння альтернатив по кожному з критеріїв). Таким чином, загальна кількість матриць парних порівнянь дорівнює кількості критеріїв плюс 1 (для випадку найпростішої трирівневої ієрархії).

### **5.5.3 Етап 3. Розрахунки векторів локальних пріоритетів.**

Для кожної матриці ми можемо розрахувати локальні пріоритети елементів, що порівнюються. Кожному рядку матриці, а, отже, відповідному елементу, ставимо у відповідність геометричне середнє її елементів. Підсумовуючи отримані результати, ділимо геометричні середні кожного рядка матриці на цю суму.

В результаті отримуємо локальні пріоритети відповідних елементів, що порівнюються.

Для прикладу, що розглядається, вектор локальних пріоритетів по кожному з критеріїв обчислений у стовпці 9 таблиці 3. Зокрема, локальний пріоритет за критерієм Ціна товару отримано як приватне від поділу 3,947 на 8,886.



Таблиця 5.3 – Оцінка важливості критеріїв

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Критерій	Ціна товару	Обсяг партії	Місце розташування	Збій поставок	Терміни поставок	Транспортні витрати	добуток	$\sqrt[6]{\text{добуток}}$	Локальний вектор пріоритетів
Ціна товару	1	9	5	7	4	3	3780	3,947	0,444
Об'єм партій	1/9	1	1/5	1/3	1/6	1/7	0,0002	0,237	0,027
Місце розташування	1/5	5	1	3	1/2	1/3	0,495	0,891	0,100
Збій постачання	1/7	3	1/3	1	1/4	1/5	0,007	0,439	0,049
Терміни постачання	1/4	6	2	4	1	1/2	6	1,348	0,152
Транспортні витрати	1/3	7	3	5	2	1	69,3	2,030	0,228
Разом	2,04	31,00	11,53	20,33	7,92	5,18		8,886	1,000

На цьому етапі можна, зокрема, зробити висновок про те, що найбільш значущим критерієм при виборі постачальника є ціна товару, а найменш значущим – обсяг партій, що поставляються.

#### 5.5.4 Етап 4. Перевірка обмеженості оцінки пріоритетів.

На цьому етапі обчислюється так званий індекс узгодженості (ІУ)

суджень щодо кожної матриці  $IУ = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

де  $n$  – розмірність матриці, а  $\lambda_{\max}$  обчислюється так:

- підсумовується кожен стовпець матриці парних порівнянь;
- сума першого стовпця множиться на першу компоненту локального вектора пріоритетів (розташований у першому рядку стовпця 9 у прикладі), сума другого стовпця на другу компоненту тощо;
- отримані добутки підсумовуються.

Потім необхідно порівняти ІУ з тією величиною, яка б вийшла при випадковому виборі суджень за фундаментальною шкалою (1/9 ... 9) для

заданого значення. Значення цієї величини вона називається випадковою узгодженістю (ВипУ), відомі і представлені в табл. 4. Зауважимо, що завжди узгодженою є матриця розмірності 2.

Значення ВипУ залежить від розмірності матриці парних порівнянь.

Таблиця 5.4 – Випадкова узгодженість

Розмірність матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Визначивши ІУ та ВипУ, знаходимо відношення узгодженості (для

матриць розмірності більше 2): 
$$BU = \frac{IU}{\text{ВипУ}}$$

Якщо конкретної матриці виявиться, що ВипУ > 0,1, можна стверджувати, що судження експерта, основі яких заповнена досліджувана матриця, сильно неузгоджені, і належить заповнити матрицю заново, більш уважно використовуючи у своїй шкалу парних порівнянь. В іншому випадку судження експерта приймаються.

Обчислимо відношення узгодженості згідно вигляду матриці парних порівнянь критеріїв, для нашого прикладу (див. табл. 5.3):

$$\lambda_{\max} = (2,04 \cdot 0,444) + (31,00 \cdot 0,027) + (11,53 \cdot 0,100) + (20,33 \cdot 0,049) + (7,92 \cdot 0,1) + (5,18 \cdot 0,228) = 6,277;$$

$$IU = |\lambda_{\max} - n| / (n-1) = |6,277 - 6| / (6-1) = 0,055;$$

Для n=6 із табл. 4 отримуємо ВипУ=1,24.

Тоді

$$BU = IU/\text{ВипУ} = 0,055/1,24 = 0,045 \leq 0,1.$$

Отримане значення ВУ вбирається у 0,1, що означає, що оцінки експерта узгоджені.

Перевірка неузгодженості дозволяє виявити помилки, яких міг припустити експерт під час заповнення матриці парних порівнянь. Помилки

(суперечності) можуть бути такими: наприклад, експерт робить висновок, що альтернатива A1 є гіршою чим альтернатива A2, вона у свою чергу A2 гірша ніж A3.; Проте експерт вказує також, що A1 краще, ніж A3. Приклад матриці парних порівнянь, що містить таку помилку, наведено в таблиці:

	A1	A2	A3
A1	1	1/3	2
A2	3	1	1/5
A3	1/2	5	1

Можливі також помилки наступного виду: експерт вказує, що альтернатива A1 значно гірша, ніж A2, а альтернатива A2 значно гірша, ніж A3, але при цьому експерт вказує також, що A1 лише трохи гірше, ніж A3. Приклад матриці парних порівнянь з такою помилкою наведено у таблиці:

	A1	A2	A3
A1	1	1/7	1/3
A2	7	1	1/6
A3	3	6	1

На цьому етапі послідовно обчислюються локальні вектори пріоритетів та перевіряється узгодженість результатів кожного елемента ієрархії. Виконаємо розрахунки для прикладу (див. таблиці 5.5 – 5.10). Виявлення пріоритетів за фактором Ціна товару представлена у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Ціна товару

Ціна товару	Посередник	Посередник	Виробник	Посередник	добуток	$\sqrt[4]{\text{добуток}}$	Вектор пріоритетів
	1	2		3			
Посередник 1	1	7	1/2	8	28	2,300	0,355
Посередник 2	1/7	1	1/8	2	0,36	0,435	0,067
Виробник	2	8	1	9	144	3,464	0,534
Посередник 3	1/8	1/2	1/9	1	0,007	0,289	0,044
Разом	3,27	16,50	1,74	20,00		6,488	1,00

Оцінка узгодженості думок експерта:

$$\lambda_{\max} = (3,27 \times 0,355) + (16,50 \times 0,067) + (1,74 \times 0,534) + (20,00 \times 0,044) = 4,076;$$

$$IY = |4,076 - 4| / (4 - 1) = 0,025;$$

$$BY = IY / \text{Вип}Y = 0,025 / 0,9 = 0,028 \leq 0,1.$$

За критерієм Ціна товару найвищий пріоритет має виробник товару.

Таблиця 5.6 – Обсяг партії

Обсяг партії	Посередник	Посередник	Виробник	Посередник	$\sqrt[4]{\text{доб.}}$	Вектор пріоритетів
	1	2		3		
Посередник 1	1	4	1/6	1	0,904	0,143
Посередник 2	1/4	1	1/9	1/4	0,289	0,046
Виробник	6	9	1	6	4,243	0,669
Посередник 3	1	4	1/6	1	0,904	0,143
Разом	8,25	18	1,44	8,25	6,339	1,00

Оцінка узгодженості думок експерта:

$$\lambda_{\max} = (8,25 \times 0,143) + (18,0 \times 0,046) + (1,44 \times 0,669) + (8,25 \times 0,143) = 4,151;$$

$$IY = |4,151 - 4| / (4 - 1) = 0,050; BY = 0,050 / 0,9 = 0,056 \leq 0,1.$$

За критерієм Обсяг партії найпріоритетнішим є виробник товару.

Таблиця 5.7 – Місце розташування постачальника

Місце розташування	Посередник 1	Посередник 2	Виробник	Посередник 3	$\sqrt[4]{4}$	Вектор пріоритетів
Посередник 1	1	1/5	3	1/7	0,541	0,085
Посередник 2	5	1	7	1/3	1,848	0,291
Виробник	1/3	1/7	1	1/9	0,270	0,042
Посередник 3	7	3	9	1	3,708	0,582
Разом	13,33	4,34	20,00	1,59	6,367	1,00

Оцінка узгодженості думок експерта:

$$\lambda_{\max} = (13,33 \times 0,085) + (4,34 \times 0,290) + (20,00 \times 0,042) + (1,59 \times 0,582) = 4,157;$$

$$IU = |4,157 - 4| / (4 - 1) = 0,052; OC = 0,052 / 0,9 = 0,058 \leq 0,1.$$

За критерієм Місце розташування постачальника найпріоритетнішим є посередник 3.

Таблиця 5.8 – Збій постачання

Збій постачання	Посередник 1	Посередник 2	Виробник	Посередник 3	$\sqrt[4]{4}$	Вектор пріоритетів
Посередник 1	1	5	1/5	1/5	0,669	0,11
Посередник 2	1/5	1	1/9	1/9	0,280	0,037
Виробник	5	9	1	1	2,590	0,427
Посередник 3	5	9	1	1	2,590	0,427
Разом	11,20	24	2,31	2,31	6,072	1,00

Оцінка узгодженості думок експерта:

$$\lambda_{\max} = (11,50 \times 0,11) + (24 \times 0,037) + (2,31 \times 0,427) + (2,31 \times 0,427) = 4,09;$$

$$IU = |4,09 - 4| / (4 - 1) = 0,03; BU = 0,03 / 0,9 = 0,032 \leq 0,1.$$

За критерієм Збій поставок найвищим пріоритетом мають 2 постачальники: виробник товару та посередник 3.

Таблиця 5.9 – Терміни постачання

Терміни поставки	Посередник 1	Посередник 2	Виробник	Посередник 3	4	Вектор пріоритетів
Посередник 1	1	5	7	1	2,432	0,424
Посередник 2	1/5	1	3	1/5	0,589	0,103
Виробник	1/7	1/3	1	1/7	0,287	0,050
Посередник 3	1	5	7	1	2,432	0,424
Разом	2,34	11,33	18,00	2,34	5,740	1,00

Оцінка узгодженості думок експерта:  $\lambda \max$

$$= (2,34 \times 0,424) + (11,33 \times 0,103) + (18,00 \times 0,050) + (2,34 \times 0,424) = 4,051; \text{ "}\nabla$$

$$= | 4,051 - 4 | / (4 - 1) = 0,017;$$

$$OC = 0,017 / 0,9 = 0,019 \leq 0,1.$$

За критерієм Терміни поставки найбільш високим пріоритетом мають 2 постачальники: посередник 1 і посередник 3.

Таблиця 5.10 – Транспортні витрати

Транспортні витрати	Посередник 1	Посередник 2	Виробник	Посередник 3	$\sqrt[4]{}$	Вектор пріоритетів
Посередник 1	1	1/5	3	1/7	0,541	0,085
Посередник 2	5	1	7	1/3	1,848	0,29
Виробник	1/3	1/7	1	1/9	0,270	0,042
Посередник 3	7	3	9	1	3,708	0,582
Разом	13,33	4,34	20,00	1,59	6,367	1,00

Оцінка узгодженості думок експертів:

$$\lambda \max = (13,33 \times 0,085) + (4,34 \times 0,290) + (20,00 \times 0,042) + (1,59 \times 0,582) = 4,157;$$

$$IU = | 4,157 - 4 | / (4 - 1) = 0,052; \text{ ВУ} = 0,052 / 0,9 = 0,058 \leq 0,1.$$

За критерієм Транспортні витрати найвищий пріоритет має посередник 3.

### 5.5.5 Етап 5. Розрахунок пріоритетів для всієї ієрархії в сукупності.

Тепер звернемося безпосередньо до принципу синтезу пріоритетів.

Локальні пріоритети альтернатив множаться на пріоритети відповідних критеріїв рівня та сумуються по кожному елементу у відповідності до критеріїв. Через результат обчислень визначаються глобальні пріоритети альтернатив з урахуванням пріоритетів критеріїв. Найвищий рейтинг відповідатиме альтернативі з найбільшим значенням глобального пріоритету.

Розрахунок вектора глобальних пріоритетів наведено у таблиці 5.11. Червоним виділено пріоритети критеріїв, обчислені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.11 – Розрахунок глобального пріоритету

	Вектори пріоритетів						Глобальний пріоритет (ГП)
	Ціна товару	Обсяг партії	Місце розташування постачальника	Збій постачання	Терміни поставки	Транспортні витрати	
Посередник 1	0,444	0,027	0,100	0,049	0,152	0,228	0,259
Посередник 2	0,355	0,143	0,085	0,11	0,424	0,085	0,144
Виробник	0,067	0,046	0,291	0,037	0,103	0,29	0,297
Посередник 3	0,534	0,669	0,042	0,427	0,050	0,042	0,3
Сума	0,044	0,143	0,582	0,427	0,424	0,582	1,00

$$ГП(1) = (0,444 \times 0,355) + (0,027 \times 0,143) + (0,100 \times 0,085) + (0,049 \times 0,109) + (0,15 + (0,228 \times 0,085)) = 0,259;$$

$$ГП(2) = (0,444 \times 0,067) + (0,027 \times 0,046) + (0,100 \times 0,291) + (0,049 \times 0,037) + (0,15 + (0,228 \times 0,290)) = 0,144;$$

$$ГП(вир) = (0,444 \times 0,534) + (0,027 \times 0,669) + (0,100 \times 0,042) + (0,049 \times 0,427) + (0,15 + (0,228 \times 0,042)) = 0,297;$$

$$ГП(3) = (0,444 \times 0,044) + (0,027 \times 0,143) + (0,100 \times 0,582) + (0,049 \times 0,427) + (0,15 + (0,228 \times 0,582)) = 0,3;$$

Порівнюючи набуті значення глобальних пріоритетів, визначаємо рейтинги всіх постачальників. У наведеному прикладі найбільший пріоритет 0,3 виявився у посередника 3. Згідно з проведеним оцінюванням за МАІ перевагу слід віддати саме цьому постачальнику.



## **6 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **6.1 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Цивільна оборона являє собою систему загальнодержавних заходів, які здійснюються у мирний та воєнний час для захисту населення і народного господарства від зброї масового знищення та інших засобів ураження, наслідків аварій, катастроф, пожеж, а також для проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт в осередках ураження та в районах стихійних лих (повені, землетрусів, зсувів ґрунту та ін.).

#### **6.1.1 Основні вражаючі фактори ядерних вибухів, їхні параметри і наслідки впливу на людей**

Основними вражаючими факторами ядерного вибуху є: повітряна ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне зараження та електромагнітний імпульс. Всі ці вражаючі фактори можуть в різній мірі впливати на функціонування об'єкта.

При ядерному вибуху можуть виникати вторинні вражаючі фактори: пожежі, вибухи, зараження отруйними і сильно діючими отруйними речовинами (СДОР) місцевості, атмосфери та водойм, катастрофічне затоплення в зонах, розміщених нижче дамб гідровузлів, і т. п. Вторинні вражаючі фактори ядерного вибуху в ряді випадків можуть здійснити значний вплив на роботу об'єкта.

Ударна хвиля – основний вражаючий фактор ядерного вибуху. При вибуху в атмосфері на долю ударної хвилі припадає 50 % енергії вибуху. Ударна хвиля представляє собою область сильно стиснутого повітря, що розповсюджується у всі сторони від центра вибуху із надзвуковою швидкістю.

Ударна хвиля має фазу стискування і фазу розрідження. Найбільший тиск повітря спостерігається на зовнішній межі фази стискування – у фронті хвилі.

Ударна хвиля уражає людей, руйнує або пошкоджує будинки, споруди, обладнання, техніку та майно. Ударна хвиля уражає незахищених людей в результаті безпосереднього (прямого), а також непрямого впливу, спричиняючи травми різного ступеня.

При безпосередньому впливі ударної хвилі причиною ураження є надлишковий тиск. При непрямому впливі – люди уражаються шматками зруйнованих будинків, уламками скла та іншими предметами, що переміщуються під дією швидкісного напору.

Світлове випромінювання ядерного вибуху представляє собою електромагнітне випромінювання в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектру.

На долю світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання володіє великим радіусом дії порівняно з ударною хвилею і проникаючою радіацією.

Вражаюча дія світлового випромінювання визначається поглинутою частиною енергії світлового імпульсу, яка, перетворюючись в теплову, нагріває опромінюваний об'єкт. Світлове випромінювання, впливаючи на незахищених людей, викликає опіки відкритих ділянок тіла і уражає очі.

В результаті впливу світлового випромінювання на матеріали може відбутися їх короблення, розтріскування, плавлення, обвуглювання або загоряння.

Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу та інших факторів.

Вплив світлового випромінювання ядерного вибуху на будинки та споруди об'єктів народного господарства проявляється у виникненні загорянь та пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних

цінностей, в ряді випадків переважаючи за масштабами руйнування від ударної хвилі.

Вторинними вражаючими факторами ядерного вибуху є вибухи, пожежі, затоплення, зараження атмосфери та місцевості, падіння пошкоджених конструкцій будівель, виникаючі в результаті руйнувань та пожеж, викликаних ядерним вибухом.

Ядерний вибух супроводжуються сильними радіоактивними випромінюваннями. Радіоактивними називаються випромінювання, що виникають при радіоактивному розпаді ядер атомів.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію ядерних випромінювань, є поглинена доза радіації (доза опромінення).

Доза радіації – це кількість енергії радіоактивних випромінювань, поглинена одиницею маси опромінюваної речовини.

Другою характеристикою ступені впливу випромінювань є потужність дози (рівень радіації) – доза, приведена до одиниці часу (доза, що накопичується протягом одиниці часу).

Радіоактивне випромінювання, яке утворюється безпосередньо при ядерному вибуху, називається проникаючою радіацією.

Ядерні випромінювання, іонізуючи молекули живих тканин, здійснюють шкідливу біологічну дію на людину, що приводить до порушення життєвих функцій окремих органів та систем і до розвитку променевої хвороби.

Радіоактивне зараження – це зараження поверхні землі, атмосфери, водойм і різних предметів радіоактивними речовинами, що випали з хмари ядерного вибуху.

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним випромінюванням у вигляді потужного короткого імпульсу, вражаючого головним чином електричну та електронну апаратуру.

Основні параметри електромагнітного імпульсу (ЕМІ).

Основними параметрами ЕМІ, визначаючими вражаючу дію, є характер зміни напруженості електричного та магнітного полів в часі (форма імпульсу) і максимальна напруженість поля (амплітуда імпульсу).

Вражаюча дія ЕМІ.

На утворення ЕМІ витрачається невелика частина ядерної енергії, проте він здатний викликати високі імпульси струмів та напруг в дротах і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, керування, електропередачі, в антенах радіостанцій і т. п.

Дія ЕМІ може спричинити згоряння чутливих електронних та електричних елементів, зв'язаних з великими антенами або відкритими проводами (електромережа), а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без безповоротних змін. Отже, вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних і електронних систем. Для найбільш важливих пристроїв потрібно застосовувати засоби захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Особливістю ЕМІ як вражаючого фактора є його здатність розповсюджуватись на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі по різноманітних комунікаціях (мережах електро- та водопостачання, провідного зв'язку і т. п.). Тому ЕМІ може здійснити вплив на об'єкти там де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як вражаючі фактори.

### **6.1.2 Методи захисту та безпека підприємств промисловості, відновлення інженерно-технічного комплексу цеху (заводу)**

Підвищення надійності об'єкту по суті досягається шляхом підсилення найбільш слабких елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному об'єкті заздалегідь на основі досліджень планується і проводиться великий об'єм робіт, який включає в себе виконання організаційних і інженерно технічних заходів. Особливо важливе значення має проведення інженерно технічних заходів. Досягнення сучасної науки і техніки дозволяють впроваджувати такі

рішення, при яких підприємство буде надійно до дії на нього навіть великих тисків. Але це пов'язано з великими затратами, які можуть бути оправдані тільки гострою необхідністю охорони унікальних, особливо важливих елементів об'єкту.

Для відпрацювання заходів підприємства по підвищенню надійності потрібно підходити обдуманно, всесторонньо оцінюючи їх технічну і економічні сторони. Заходи будуть економічно обґрунтовані в тому випадку, якщо вони максимально пов'язані з задачами, які вирішуються в мирний час з ціллю забезпечення безаварійної роботи об'єкту поліпшення умов праці, удосконаленні виробничого процесу. Приміром таких рішень можуть служити використання сховищ для охоронних цілей і обслуговування населення, будівництво підземних ємностей для горючих, отруйних і агресивних рідин і газів. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, так як при новому будівництві, так як в процесі проектування в багатьох випадках можна досягнути логічного поєднання загальних інженерних рішень з охоронними заходами ГО, що знизить затрати на їх реалізацію. На діючих об'єктах заходи по підвищенню стійкості їх роботи потрібно проводити в процесі реконструкції або виконанні других ремонтно-будівних робіт.

### **6.1.3 ВИСНОВКИ РОЗДІЛУ**

Основні заходи для рішення задач підвищення безпеки роботи підприємств:

- захист робочих і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення надійності важливих елементів об'єктів і вдосконалення технологічного процесу;
- підвищення стійкості матеріально технічного поставок;
- підвищення стійкості управління об'єктом;
- розробка заходів по зменшенню виникнення вторинних факторів враження і наслідків після них;

– підготовка до відновлення виробництва після ураження об'єкту.

Розробка і впровадження заходів по підвищенню стійкості роботи об'єкта в більшості випадків проводиться в мирний час.

Підвищення стійкості технологічного процесу

Насичення сучасних технологічних ліній засобами автоматики, телемеханіки, електронної і напівпровідникової техніки в значній мірі сприяє вдосконаленню технологічних процесів, але в цей час робить ці процеси більш вразливі до вражаючих факторів ядерного вибуху.

Необхідні вимоги надійності технологічного процесу – стійкість системи управління і безперерйне забезпечення всіма видами енергозабезпечення.

Санітарні профілактичні заходи

Санітарна обробка – це комплекс заходів по ліквідації зараження робітників, населення радіоактивними, отруйними речовинами або бактеріальними засобами – складова частина спеціальної обробки. Своєчасне і якісне проведення санітарної обробки: знезаражування поверхні тіла і поверхневих слизистих оболонок, одягу і взуття значно знижують можливість ураження людей, які знаходились в зонах ураження, і в цілому попереджують розповсюдження інфекції за межі зони бактеріологічного зараження. Поділяються вони на частинну і повну.

Під частинною санітарною обробкою розуміється механічна очистка і обробка відкритих ділянок тіла, зовнішніх поверхонь одягу, взуття, засобів індивідуальної безпеки або протирання за допомогою індивідуальних протихімічних пакетів. Вона проводиться в епіцентрі ураження в ході проведення ШАВР, і носить характер недовготривалої і переслідує ціль попередити небезпеку вторинного інфекціонування людей.

Повна санітарна обробка – знезаражування тіла людини дезінфікуючою рецептурою, обмивка людини зі зміною білизни і одягу, дезінфекція (дезінсекція) знятого одягу. Ціль обробки – повне знезаражування від радіоактивних, отруйних речовин одягу, взуття, засобів індивідуального

захисту, поверхнею тіла і слизових оболонок. Повною санітарною обробкою підлягають робочі, службовці і евакуйоване населення після виходу з вогнищ ураження. Усі обмивочні пункти потрібно розміщувати по єдиній схемі, відповідно до якої будуть ставитися інші приміщення : регулювальний пост, площадка зрошення верхнього одягу і взуття, роздягальня, обмивочна, гардероб, а також допоміжні приміщення для складування мішків з зараженим одягом, обмінний фонд одягу і взуття, медичний пункт, кімната матері і дитини, кімната працівників обмивочного пункту, комірка, туалет. Приміщення повинні розділятися на “брудну” і “чисту” половини.

Знезараження одягу, взуття і засобів індивідуального захисту в залежності від ситуації і можливостей проводиться: камерним методом; газовим способом в пристосуваннях камерах, ємностях, приміщеннях; замочуваннях в розчинах дезинфектантів; під час прання в пральних машинах. Можливо також знезараження одягу парами формальдегіду в поліетиленових мішках при кімнатній температурі. Найбільш реальний метод знезараження документів – газовий : дією суміші окису етилену і бромистого метилу в поліетиленових мішках при дозуванні 2 мкл препарату на 1 л об’єму при температурі 35 градусів на протязі 1 години.

## **6.1 ОХОРОНА ПРАЦІ**

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму становить одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, зведення до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання й виробничий травматизм.

Даний розділ дипломного проекту присвячений розгляду наступних питань:

- визначення оптимальних умов праці оператора системи;
- розрахунок вентиляції;

### **6.2.1 Визначення оптимальних умов праці інженера-оператора системи мікроклімату**

Проектування робочих місць, обладнаних відеотерміналами, відносять до числа найважливіших проблем ергономічного проектування в галузі обчислювальної техніки.

Робоче місце й взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця оператора повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи й переміщення;



- необхідно природне й штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати припустимого значення.
- достатня вентиляція робочого місця;

Ергономічними аспектами проектування відеотермінальних робочих місць, зокрема, є: висота робочої поверхні, розміри простору для ніг, вимоги до розташування документів на робочому місці ( наявність і розміри підставки для документів, можливість різного розміщення документів, відстань від очей користувача до екрана, документа, клавіатури й т.д.), характеристики робочого крісла, вимоги до поверхні робочого стола, регульованість робочого місця і його елементів.

Головними елементами робочого місця оператора є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці й документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору. Моторне поле - простір робочого місця, у якому можуть здійснюватися рухові дії людини.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона - частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в крапці ліктя й з відносно нерухливим плечем.

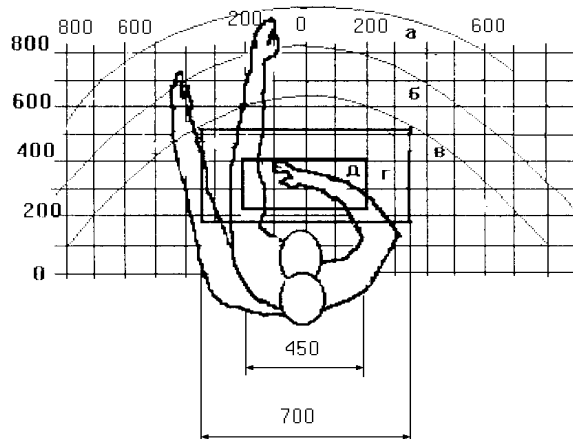


Рисунок 6.1 – Зони досяжності рук у горизонтальній площині.

- а - зона максимальної досяжності;
- б - зона досяжності пальців при витягнутій руці;
- в - зона легкої досяжності долоні;
- г - оптимальний простір для грубої ручної роботи;
- д - оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

Розглянемо оптимальне розміщення предметів праці й документації в зонах досяжності рук:

ДИСПЛЕЙ розміщується в зоні а (у центрі);

КЛАВІАТУРА - у зоні г/д;

СИСТЕМНИЙ БЛОК розміщується в зоні б (ліворуч);

ПРИНТЕР перебуває в зоні а (праворуч);

ДОКУМЕНТАЦІЯ

- 1) у зоні легкої досяжності долоні - в (ліворуч) - література й документація, необхідна при роботі;
- 2) у висувних ящиках стола - література, не використовується постійно.

При проектуванні робочого стола варто враховувати наступне:

- висота стола повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності опираючись на підлокітники;
- нижня частина стола повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, не був змушений підтискати ноги;

- поверхня стола повинна мати властивості, що виключають появу відблисків у полі зору оператора;
- конструкція стола повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менш 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярських засобів, особистих речей).

Висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760 мм. Висота робочої поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути 650 мм. Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, рекомендується висота сидіння над рівнем підлоги повинна бути в межах 420-550 мм. Поверхня сидіння рекомендується робити м'якою, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованою.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеотерміналу, між монітором і клавіатурою й т.п. Крім того, у випадках, коли відеотермінал має низьку якість зображення, відстань від очей до екрана роблять більше (близько 700 мм), відстань від ока до документа (300-450 мм). Взагалі при високій якості зображення на відеотерміналі відстань від очей користувача до екрана, документа й клавіатури можуть бути рівним.

Положення екрана визначається:

- відстанню зчитування (0.60 + 0.10 м);
- кутом зчитування, напрямком погляду на 20 нижче горизонталі до центра екрана, причому екран перпендикулярний цьому напрямку.

Повинна передбачатися можливість регулювання екрана:

- по висоті +3 см;
- по нахилу від 10 до 20 щодо вертикалі;
- у лівому і правому напрямках.

Зоровий комфорт підкоряється двом основним вимогам:

- чіткості на екрані, клавіатурі й у документах;
- освітленості й рівномірності яскравості між навколишніми об'єктами й різними ділянками робочого місця;

Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. При незручній робочій позі можуть з'явитися болі в м'язах, суглобах і сухожиллях. Вимоги до робочої пози користувача відеотермінала наступні: шия не повинна бути нахилена більш ніж на  $20^\circ$  (між віссю " голова-шия" і віссю тулуба), плечі повинні бути розслаблені, лікті - перебувати під кутом  $80^\circ - 100^\circ$ , передпліччя й кисті рук - у горизонтальному положенні.

Характеристики використовуваного робочого місця:

- висота робочої поверхні стола 750 мм;
- висота простору для ніг 650 мм;
- висота сидіння над рівнем підлоги 450 мм;
- поверхня сидіння м'яка із закругленим переднім краєм;
- передбачена можливість розміщення документів праворуч і ліворуч;
- відстань від ока до екрана 700 мм;
- відстань від ока до клавіатури 400 мм;
- відстань від ока до документів 500 мм;
- можливе регулювання екрана по висоті, по нахилу, у лівому і в правому напрямках;

Створення сприятливих умов праці й правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, що позитивно впливає на продуктивність праці. При розробці оптимальних умов праці оператора необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

### **6.2.2 Розрахунок освітленості робочого місця**

Раціональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці оператора повинне бути таким, щоб працівник міг без напруги зору

виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрямок світла.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого.

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу й розміщення. Процес роботи оператора в таких умовах, коли природне освітлення недостатнє або відсутнє. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Штучне освітлення забезпечується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп накаливання й люмінесцентних ламп. Будемо використовувати люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами накаливання мають істотні переваги:

- по спектральному составі світла вони близькі до денного, природного освітлення;
- володіють більше високим ККД (в 1.5-2 рази вище, ніж ККД ламп накаливання);
- мають підвищену світловіддачу (в 3-4 рази вище, ніж у ламп накаливання);
- більше тривалий термін служби.

Розрахунок освітлення виробляється для кімнати площею  $36 \text{ м}^2$ , ширина якої 4.9 м, висота - 4.2 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Для визначення кількості світильників визначимо світловий потік, що падає на поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \text{ де}$$

F - світловий потік, що розраховується, Лм;

E - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається по таблиці).  
Роботу оператора, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде  $E = 300$  Лк при газорозрядних лампах;

S - площа освітлюваного приміщення ( у нашім випадку  $S = 36 \text{ м}^2$  );

Z - відношення середньої освітленості до мінімального (звичайно приймається рівною 1.1-1.2 , нехай  $Z = 1.1$ );

K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення визначається по таблиці коефіцієнтів запасу для різних приміщень і в нашім випадку  $K = 1.5$ );

n - коефіцієнт використання, виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, колір стін і стелі, характеризованих коефіцієнтами відбиття від стін ( $R_c$ ) і стелі ( $R_p$ ), значення коефіцієнтів  $R_c$  і  $R_p$  визначимо по таблиці залежностей коефіцієнтів відбиття від характеру поверхні:  $R_c=30\%$ ,  $R_p=50\%$ . Значення n визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \text{ де}$$

S - площа приміщення,  $S = 36 \text{ м}^2$ ;

h - розрахункова висота підвісу,  $h = 3.39 \text{ м}$ ;

A - ширина приміщення,  $A = 4.9 \text{ м}$ ;

У - довжина приміщення,  $B = 6.35 \text{ м}$ .

Підставивши значення одержимо:

$$I = \frac{3.6}{3.39(4.9+7.35)} = 0.8$$

Знаючи індекс приміщення I, Pс і Pп, по таблиці знаходимо n = 0.28

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку

F:

$$F = \frac{300 \cdot 1.5 \cdot 36 \cdot 1.1}{0.28} = 63642.857 \text{ Лм}$$

Для освітлення вибираємо люмінесцентні лампи типу ЛБ40-1, світловий потік яких F = 4320 Лк.

Розрахуємо необхідну кількість ламп за формулою:

$$N = \frac{F}{F_l}, \text{ де}$$

N - обумовлене число ламп;

F - світловий потік, F = 63642,857 Лм;

F<sub>л</sub>- світловий потік лампи, F<sub>л</sub> = 4320 Лм.

$$N = \frac{63642.857}{4320} = 15 \text{ шт.}$$

При виборі освітлювальних приладів використовуємо світильники типу ОД. Кожний світильник комплектується двома лампами. Розміщаються світильники двома рядами, по чотирьох у кожному ряді.

## ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня магістр проведено дослідження методів та алгоритмів прийняття оптимальних рішень у системах підтримки прийняття рішень з використанням методу аналізу ієрархій (MAI).

Задачу прийняття рішення розглядають наступним чином.

Вихідними даними для ухвалення рішення є:

- 1 – кілька типових альтернативних об'єктів, дій і т.д.),
- 2 – головна мета, критерій порівняння альтернативних рішень,
- 3 – виділення та групування по однотипних факторах, складових частинах дій, критеріїв, об'єктів та т.п., які мають вплив на відбір альтернативних рішень.

Кожному альтернативному рішення присвоюється відповідний пріоритет виражений числовими значеннями. Відповідно отримують рейтингову оцінку альтернативних рішень. Чим краще альтернативне рішення за обраним критерієм, тим вищий його пріоритет.

Ухвалення рішень обґрунтовується величиною пріоритетів.

MAI - методологічна є основою для рішення задач прийняття рішень у різних галузях при виборі їх альтернатив з використанням багатокритеріального рейтингового оцінювання.

MAI застосовується для підтримки прийняття рішень через ієрархічну композицію задач та проведення рейтингового оцінювання знайдених альтернативних рішень.

З допомогою MAI, або методу Сааті, в кваліфікаційній роботі виконано наступні задачі.

- Проведено багатокритеріальний аналіз проблеми.
- Виконано збір даних по проблемі.
- Проведена оцінка суперечливості вихідних даних та її мінімізація.



- Виконано синтез проблеми прийняття та ухвалення рішень.
- Викладено загальні задачі для організації обговорення проблеми для досягнення загального консенсусу.
- Проведено оцінювання вагових коефіцієнтів врахування рішень і проведено оцінювання важливості прийняття кожного фактору, досліджено вплив цих факторів на пріоритети у прийнятті рішень.
- Проведено оцінювання стійкості прийнятого рішення.

Прийняте за допомогою МАІ рішення вважають правильним і обґрунтованим при виконанні умови для неточних даних або неточної структури ситуаційної моделі ухвалені рішення істотно не впливають на рейтинги згенерованих альтернативних рішень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Alter S.L. Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge. Reading, MA: Addison-Wesley, 1980.
2. Antoniou G., Harmelen F. Web Ontology Language: OWL // Handbook on Ontologies. Berlin: Springer Verlag, 2004. pp. 67–92.
3. Apache Jena. A free and open source Java framework for building Semantic Web and Linked Data applications. URL: <https://jena.apache.org/index.html>.
4. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton University Press, 1976.
5. Baader F. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, Applications / F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider. Cambridge, 2003. 574 P.
6. Bacon Jono. Reviews: Qt. A multi-platform graphical toolkit. 2004. URL: <http://preserve.mactech.com/articles/mactech/Vol.20/20.03/QtReview/index.html>.
7. Belshe M., Peon R., Thomson M. Hypertext Transfer Protocol version 2. 2015. URL: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-httpbis-http2-17>
8. Blomqvist E., Hammar K., Presutti V. Engineering Ontologies with Patterns: The eXtreme Design Methodology, In Ontology Engineering with Ontology Design Patterns. Studies on the Semantic Web, Eds., Hitzler, P., and A. Gangemi, K. Janowicz, A. Krisnadhi, V. Presutti, IOS Press, pp: 23-50, 2016.
9. Buzan T. The Mind Map Handbook: The Ultimate Thinking Tool. - HarperCollins Publishers, 2005, -464с.
10. Casanovas P., Casellas N., Vallbe J.-J. An Ontology-Based Decision Support System for Judges. In Proceeding of the 2009 conference on Law, Ontologies and the Semantic Web: Channelling the Legal Information Flood. Amsterdam: IOS Press, 2009. – P. 165–175
11. CORBA. Официальный сайт. URL: <https://www.corba.org/index.html>
12. Chinnici R., Moreau J.-J., Ryman A., Weerawarana S. Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language. URL:

<http://www.w3.org/TR/wsdl20/>

13. CLAVIRE – облачные решения. <http://clavire.com/>
14. Crockford D. The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON) — Internet Engineering Task Force, 2006. — 10 p.
15. De Nicola A., Missikoff M., Navigli R.A. Proposal for a Unified Process for Ontology Building: UPON. In: Database and Expert Systems Applications, Eds., Andersen, K.V., J. Debenham, R. Wagner DEXA 2005 // Lecture Notes in Computer Science, 2005. v. 3588. pp. 655–664.
16. EasyRDF. A PHP library designed to make it easy to consume and produce RDF. URL: <http://www.easyrdf.org/docs>
17. Edwards M.P., Lippeveld T., Khatri U., Kunaka D., Mwebaze M., Tohourri R. Building a Web-Based Decision Support System //MEASURE Evaluation, 2018. URL: <https://www.measureevaluation.org/resources/publications/fs-18-288/>
18. Erl T. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 2005. 792 p
19. Erl Thomas, Carlyle Benjamin, Pautasso Cesare, Balasubramanian Raj. 5.1 // SOA with REST. — Prentice Hall, 2013.
20. Fielding Roy. Dissertation: Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. CHAPTER 5: Representational State Transfer (REST). [www.ics.uci.edu](http://www.ics.uci.edu). .
21. Gangemi A., Presutti V. Ontology Design Patterns // Handbook on Ontologies. Berlin: Springer, 2009. pp. 221–243.
22. Fielding R. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. URL: <http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
23. Forgy Ch. Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem // Artificial Intelligence, 19, pp. 17—37, 1982.
24. FreeMind – free mind mapping software – URL:

[http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main\\_Page](http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page) .

25. Fuseki: serving RDF data over HTTP. – URL: [http://jena.apache.org/documentation/serving\\_data/](http://jena.apache.org/documentation/serving_data/)
26. Garaibeh N.K. DSS Development and Agile Methods: Towards a newFramework for Software Development Methodology // International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 2, No. 4, August 2012 URL: [https://www.researchgate.net/publication/267625331\\_Survey\\_of\\_DSS\\_Development\\_Methodologies](https://www.researchgate.net/publication/267625331_Survey_of_DSS_Development_Methodologies).
27. Garaibeh N. K., Al-Raddadi A. Survey of DSS Development Methodologies // Encyclopedia of Business Analytics and Optimization. Publisher: IGI GlobalEditor: John Wang, 2014.
28. Gensym G2. The World's Leading Software Platform for Real-Time Expert System Applications. URL: <http://www.gensym.com/wp-content/uploads/Gensym-1-G2.pdf>.
29. Gruber T. R., Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. International Journal Human-Computer Studies, 43(5-6):907-928, 1995.
30. Guarino N. Formal Ontology in Information Systems//Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. - Amsterdam: IOS Press, 1998. -P. 3-15
31. Gudgin M., Hadley M., Mendelsohn N., Moreau J.-J., Nielsen H.F., Karmarkar A., Lafon Y. SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition). URL:
32. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. — S. 189—208.
33. Hitzler P., Krötzsch V., Rudolph S. Foundations of Semantic Web Technologies. Chapman & Hall/CRC, 2009. 455 p.
34. ИММС SmartTools – свободно распространяемый инструментарий для построения концептуальных карт знаний – URL: URL:

<http://cmap.ihmc.us/>

35. jColibri: CBR Framework jColibri 2.1 Tutorial. URL: <http://gaia.fdi.ucm.es/research/colibri/>
36. C. M. MacKenzie, K. Laskey, F. McCabe, P. F. Brown, R. Metz. Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. Committee Specification 1, 2 August 2006. URL: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>
37. Map-it is a tool for participatory and conversation. URL: <http://map-it.be>
38. Novak Joseph D., Cañas Alberto J. The Theory Underlying Concept Maps and How To Construct and Use Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01. Institute for Human and Machine Cognition. URL: <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps.php> .
39. OASIS. Reference Model for Service Oriented Architecture V 1.0. Committee Specification 1, 2 August 2006 URL: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>
40. OWL API is a Java API and reference implementation for creating, manipulating and serialising OWL Ontologies. URL: <http://ontologydesignpatterns.org> .
41. Power D. J. What is a DSS? DSSStar, vol. 1, no. 3, October 21, 1997. URL: <http://dssresources.com/papers/whatisadss> .
42. Power D J., Decision Support Systems Hyperbook. Cedar Falls, IA: DSSResources.COM, HTML version, 2000. URL: <http://dssresources.com/subscriber/password/dssbook> .
43. Power D. J. Decision support systems: Concepts and resources for managers. NY: Greenwood Publishing Group, 2002.
44. Power D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, version 4.0, March 10, 2007, URL: <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html> .
45. Protégé. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. URL: <http://protege.stanford.edu/>.

46. Protocol Buffers. Developer Guide — // Google Developers, April 2, 2012.  
URL: <https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/overview>
47. Saha C., Aqlan F., Lam S. S., Boldrin W. A decision support system for real-time order management in a heterogeneous production environment. *Expert Systems with Applications*, 60:16–26, 2016
48. Saremi A., Esmaili M., Habibi J., Ghaffari A. 2008. O2dss: A framework for ontologybased decision support systems in pervasive computing environment. In: *Proceedings of the 2008 Second Asia International Conference on Modeling & Simulation (AMS)*
49. Simon H.A. *The New Science of Management Decision* / H.A. Simon – N. Y.: Harper and Row Publishers, 1960.
50. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. W3C Member Submission 21 May 2004. URL: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>
51. Tagliaferri Lisa. An Introduction to JSON, 2016 URL: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/an-introduction-to-json>
52. Taverna Workflow Management System. URL: <http://www.taverna.org.uk/>.
53. Telerman V.V., Ushakov D.M. Subdefinite Models as a Variety of Constraint Programming // *Proc. of the Intern. Conf. Tools of Artificial Intelligence (ICTAI'96)*, Toulouse, 1996.
54. Turban E. *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*. 4th Edition, Macmillan Publishing Company, New York (1995)
55. Visual Mind – Mind Technologies. Support human performance. URL: [www.visual-mind.com](http://www.visual-mind.com).
56. Zulkafli Z., Perez K., Vitolo C., Buytaert W., Karpouzoglou T., Dewulf A., Bievre B. D., Clark J., Hannah D.M., Shaheed S. User-driven design of decision support systems for polycentric environmental resources management // *Environmental Modelling & Software*. 2017. Vol. 88. P. 58–73.
57. Артемьева И.Л. Метод построения многоуровневых онтологий сложно

- структурированных предметных областей // Всероссийская конф. с межд. Участием «Знания-Онтологии-Теории». Новосибирск, 14-16 сентября 2007. Новосибирск: Институт математики. –Т.1. С.132-137.
58. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001. 384 с.
  59. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях. М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 304 с.
  60. Джарратано Джозеф, Райли Гари. «Юкспертные системы: принципы разработки и программирование» = Expert Systems: Principles and Programming. — М.: «Вильямс», 2007. — 1152 с. — ISBN 978-5-8459-1156-8.
  61. Загорюлько Ю.А., Попов И.Г.. Представление знаний в интегрированной технологической среде Semp-ТАО. // Проблемы представления и обработки не
  62. Загорюлько Ю.А. Современные средства формализации семантики областей знаний на основе онтологий // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 3 (11). С. 27-36.
  63. Лапшин В. А. Онтологии в компьютерных системах. М.: Научный мир, 2010. 224 с.
  64. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений / О. И. Ларичев – М.: Наука, 1979. – 200 с.
  65. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в Волшебных странах / О. И. Ларичев // Учебник. - М.: Логос, 2000. - 296 с.
  66. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. - Москва, 2002.
  67. Петровский А.Б., Стернин М.Ю., Моргоев В.К. Системы поддержки принятия решений. Препринт. М. ВНИИСИ, 1987, 42 с
  68. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в

диалоге с ЭВМ. –М.: Наука. 1987. – 288 с.

69. Поспелов Д.А. Представление знаний //Искусственный интеллект. В 3-х кн. Кн.2. Модели и методы: Справочник/Под. Ред. Д.А. Поспелова. -М.: Радио и связь, 1990. -С. 7-13
70. Радченко Г.И. Распределенные вычислительные системы: учебное пособие / Г.И. Радченко. – Челябинск: Фотохудожник, 2012. – 184 с.
71. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
72. Трахтенгерц Э.А, Степин Ю. П., Андреев А. Ф. Компьютерные методы поддержки принятия управленческих решений в нефтегазовой промышленности. – М.: СИНТЕГ, 2005, 592 стр.
73. Тыугу Э.Х. Концептуальное программирование. М.: Наука, 1984. 256 с.
74. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – Финансы и статистика, 2004.-320 с.