

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет телекомунікацій
Навчально-науковий інститут захисту інформації

**В.Л. БУРЯЧОК, С.В. ТОЛЮПА, А.О. АНОСОВ,
В.А. КОЗАЧОК, Н.В. ЛУКОВА-ЧУЙКО**

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ

П і д р у ч н и к

Київ 2015

БКК 65.050.2_я73

Б 91

УДК 005.53.004](075.8)

Бурячок В.Л., Толюпа С.В., Аносов А.О., Козачок В.А., Лукова-Чуйко Н.В.

Б 91 Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці: підручник. / В.Л. Бурячок, С.В.Толюпа, А.О. Аносов, В.А.Козачок, Н.В. Лукова-Чуйко / – К.:ДУТ, 2015. – 345 с.
ISBN № 978–966–2970–81–4

У підручнику розкриваються методологічні аспекти обґрунтування та прийняття раціональних рішень в сфері управлінської діяльності. Приводяться приклади практичної реалізації цих процесів у складних соціотехнічних системах інформаційної безпеки. Розглядаються питання щодо оптимізації отриманих рішень за рахунок автоматизованої обробки вихідної інформації евристичного походження.

Підручник орієнтований на широке коло наукових та науково-педагогічних працівників, які займаються питаннями розроблення і застосування систем підтримки прийняття рішень, а також фахівців, які працюють у галузях управління, планування та прогнозування, створюють перспективні або модернізують існуючі АС, ведуть дослідження за напрямом розпізнавання образів.

Викладений матеріал призначений для аспірантів та магістрантів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю “Безпека інформаційно-комунікаційних систем” в галузі знань “Інформаційна безпека”.

БКК 65.050.2_я73

УДК 005.53.004](075.8)

*Рекомендовано вченою радою Навчально-наукового інституту захисту інформації
Державного університету телекомунікацій
до друку та використання в навчальному процесі
(протокол № 7 від 26.02.2015 року)*

Рецензенти:

Хорошко В.О.

– доктор технічних наук, професор,

Субач І.Ю.

– доктор технічних наук, доцент

© В.Л. Бурячок, 2015

© С.В. Толюпа, 2015

© А.О. Аносов, 2015

© В.А. Козачок, 2015

© Н.В. Лукова-Чуйко, 2015

ISBN № 978–966–2970–81–4

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ПЕРЕДМОВА	6
ГЛАВА 1 ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ, КРИТЕРІЇВ І ФАКТОРІВ	7
1.1 Сутність, функції і завдання теорії прийняття рішення	12
1.2 Задача та основні моделі прийняття рішення. Методи і інструменти її вирішення	13
1.3 Концепції вироблення рішень. Класифікація критеріїв і факторів, що впливають на ефективність прийнятих рішень	29
1.4 Поняття системи та її властивостей. Основні принципи та інструменти створення і багатокритеріального оцінювання складних соціотехнічних систем	54
Запитання для самоконтролю	69
ГЛАВА 2 МЕТОДИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У СКЛАДНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ	71
2.1 Методи прийняття управлінських рішень в умовах повної визначеності	74
2.2 Постановка задачі та методи прийняття управлінських рішень в умовах активної, пасивної і компромісної невизначеності	110
2.3 Статистичний і аналітичний методи оцінювання ризику при прийнятті управлінських рішень	125
2.4 Методи комплексного оцінювання результатів прийнятих управлінських рішень	132
Запитання для самоконтролю	136
ГЛАВА 3 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	138
3.1 Формування задачі експертного оцінювання. Головні етапи її реалізації	141
3.2 Процедура формування експертної групи та методи оцінювання компетентності її представників	144
3.3 Методи індивідуального і колективного одержання вихідної інформації евристичного походження. Їх основні переваги та недоліки	153
3.4 Математичні методи опрацювання вихідної інформації евристичного походження	168
3.5 Аналіз матеріалів експертного оцінювання. Визначення ступеня	

	погодженості суджень групи експертів та їх статистичної достовірності	181
3.6	Парето-аналіз множини альтернатив	189
	Запитання для самоконтролю	191
ГЛАВА 4 ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ...		193
4.1	Поняття про автоматизацію та автоматизовані системи. Послідовність створення АС	195
4.2	Склад і функціональна структура перспективної АС	201
4.3	Головні фази життєвого циклу документів в АС	208
4.4	Якість АС, як узагальнена властивість їх відповідності цільовому призначенню	211
4.5	Технологія оцінювання рівня якості програмних засобів АС та супутньої ним програмної (програмно-технологічної) документації	216
4.6	Технологія оцінювання ступеня конкурентноспроможності технічних засобів АС. Вибір раціонального варіанта побудови систем автоматизації та АРМ (РСт) автоматизованої інформаційної системи	251
4.7	Апробація технології оцінювання рівня якості та ступеня конкурентноспроможності програмно-технічних засобів АС на прикладі сучасних систем електронного документообігу	274
	Запитання для самоконтролю	297
ГЛАВА 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ НОВИХ (УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ) ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ		299
5.1	Визначення трудомісткості робіт зі створення програмного засобу на окремих стадіях його розробки	300
5.2	Розрахунок і побудова мережевого плану-графіка виконання розробки програмного засобу	302
5.3	Визначення витрат на створення програмного засобу	308
5.4	Визначення економічної ефективності програмного засобу	315
5.5	Вартість комплексу засобів систем автоматизації та проведення експертизи автоматизованих соціотехнічних систем	322
	Запитання для самоконтролю	327
	ПІСЛЯМОВА	328
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	331

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРМ	–	автоматизоване робоче місце
АС	–	автоматизована система
АІС	–	автоматизована інформаційна система
АСУ	–	автоматизована система управління
БД (БнД)	–	база даних (банк даних)
ДЗ	–	державне замовлення
ДКР	–	дослідно-конструкторська робота
ЕОТ	–	електронна обчислювальна техніка
ЗПЗ	–	загальне програмне забезпечення
ІКТ	–	інформаційно-комунікаційна технологія
ІР	–	інформаційний ресурс
ІТС	–	інформаційно-телекомунікаційна система
ЛОМ	–	локальна обчислювальна мережа
МАІ	–	метод аналізу ієрархій
НДР	–	науково-дослідна робота
ОВТ	–	озброєння та військова техніка
ОПР	–	особа, уповноважена приймати рішення
ОС	–	операційна система
ПАК	–	програмно-апаратний комплекс
ПЕОМ	–	персональна електронна обчислювальна машина
ПЗ	–	програмний засіб (програмне забезпечення)
ППП	–	пакет прикладних програм
ПШТД	–	програмна (програмно-технологічна) документація
СЕДО	–	система електронного документообігу
ССТС	–	складна соціотехнічна система
СУБД	–	система управління базами даних
РСт	–	робоча станція
ТЗ	–	технічний засіб
ТПК	–	типовий програмний комплекс
ТПР	–	теорія прийняття рішення
ТТВ	–	тактико-технічні вимоги
ТТХ	–	тактико-технічні характеристики

ПЕРЕДМОВА

Входження України, як незалежної і самодостатньої держави у світовий економічний простір безпосередньо залежить і визначається темпами науково-технічного прогресу. У зв'язку з цим суттєво зростає роль наукових досліджень, пов'язаних з визначенням можливих шляхів створення нової або удосконалювання існуючої техніки, впровадженням у процеси повсякденної діяльності нових інформаційних технологій та реструктуризацією виробництва. Для підвищення ефективності вирішення цих проблем велику увагу останнім часом приділяють обґрунтуванню і прийняттю раціональних управлінських рішень. Це завдання нині є актуальним передусім з таких причин:

сучасні системи управління поступово стають більш складними, масштабними і дорожчими ;

з року в рік зростає кількість задач, що вирішуються у процесі управління та обсяг інформації, що обробляється при цьому;

скорочується припустимий термін прийняття рішень.

У зв'язку з цим, а також враховуючи поступове ускладнення організаційних і функціональних структур управління завдання з обґрунтування і прийняття раціональних управлінських рішень набуває останнім часом найбільшої гостроти та потребує проведення фундаментальних досліджень в обраній галузі знань. Розгляду його теоретичних аспектів нині присвячений такий науковий напрямок, як теорія прийняття рішень (ТПР). Вивчаючи сутність і методологію формування раціональних управлінських рішень ТПР розглядає певні закономірності з урахуванням яких вони розробляються, приймаються та реалізуються, організаційні форми і технології діяльності керівників і персоналу управління, які уповноважені приймати такі рішення, а також принципи управління, сутність та зміст рішень, що приймаються. Наряду з основними теоретичними постулатами у монографії розглядаються певні практичні аспекти обґрунтування і прийняття раціональних управлінських рішень у складних соціотехнічних системах, а також питання щодо їх оптимізації за рахунок автоматизованої обробки вихідної інформації передусім евристичного походження.

Автори висловлюють щирю подяку професору Хорошко В.Б. (Національний авіаційний університет) та доценту Субачу І.Ю. (Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ), зауваження і поради яких дали можливість суттєво покращити роботу та уникнути ряду помилок.

ГЛАВА 1

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ, КРИТЕРІЇВ І ФАКТОРІВ

Рішення – це вибір альтернативи. Прийняття рішень – сполучний процес, необхідний для виконання будь-якої управлінської функції в умовах:

повної визначеності апріорної вихідної інформації, коли керівник точно знає результат, який має бути отриманий на виході;

ризиків (імовірної визначеності апріорної вихідної інформації), коли керівник приймає рішення, як правило, з певною вірогідністю;

невизначеності апріорної вихідної інформації, коли керівник встановлює ймовірність можливих наслідків здебільшого на основі власного досвіду.

В науковій літературі процес прийняття рішень розглядається, як правило, у двох аспектах – широкому та вузькому [1–7]. У широкому розумінні прийняття рішень ототожнюється з усім процесом управління – ходом його виконання і контролю результатів. У вузькому воно трактується, як вибір найкращого рішення з багатьох можливих альтернатив. Враховуючи таке, поняття “прийняття рішень” може бути визначено як процес, який починається з виникнення проблемної ситуації і закінчується вибором рішення, тобто вибором дій з її усунення. Місце такої діяльності у загальному процесі управління можна представити блок-схемою, поданою на рис. 1.1.

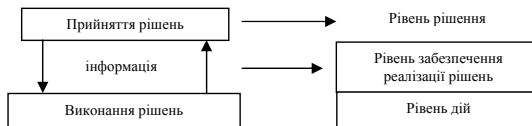


Рис. 1.1. Місце прийняття рішень в процесі управління

Кінцевим результатом прийняття рішення є саме рішення, яке постає як первісний, базовий елемент процесу управління, що забезпечує функціонування будь-якої організації (установи, фірми, підприємства, акціонерного товариства, певного підрозділу тощо) за рахунок взаємозв'язку формальних і неформальних, інтелектуальних та організаційно-практичних управлінських аспектів. Фактично воно є важливою ланкою формування і реалізації відношень управління в організації, а також інструментом впливу на певний об'єкт та його окремі підсистеми. При цьому, як інструмент впливу, будь-яке рішення:

формується на основі аналізу стану об'єкта управління за критеріями цілей, ресурсів та ефективності;

прописується у межах встановлених організаційно-практичних норм та регламентів, які існують в організації.

є виразом вольового впливу суб'єкта на об'єкт управління.

При формуванні та обґрунтуванні рішення, що має бути прийняте уповноваженою на це особою, доволі часто постає питання – як зробити цей процес більш комфортним, технологічним, а саме головне, ефективним.

У цей час існує безліч інформаційних технологій, що дають можливість суттєво полегшити життя та допомогти у рішенні проблем, пов'язаних з процесами прийняття рішень у різних предметних (прикладних) галузях. Найбільш простою серед них є *інтуїтивна технологія прийняття рішень*. Вона передбачає, що рішення визначається досвідом, накопиченим суб'єктом управління у подібних ситуаціях. Основним критерієм при цьому є забезпечення найменших збитків для досягнення певної мети. Тобто, якщо раніше аналогічні рішення не приймалися – вірогідність прийняття помилкового рішення суттєво зростає. Головними етапами інтуїтивної технології є: реєстрація змін; селекція рішень, що знаходяться у пам'яті суб'єкта управління та прийняття рішення. Її перевага полягає у швидкості прийняття рішень, недолік – у великій вірогідності помилки.

Більш складною порівняно з інтуїтивною є *раціональна технологія прийняття рішень* (рис. 1.2), фактична кількість етапів (кроків), операцій і процедур якої визначається складністю і типом розв'язуваної проблеми.

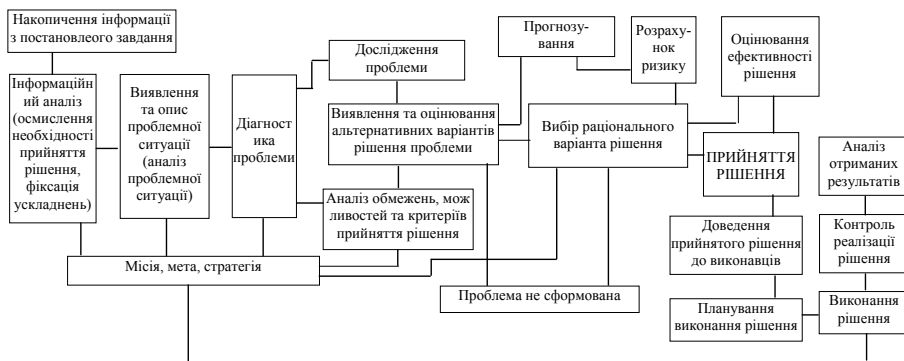


Рис. 1.2. Етапи прийняття раціонального рішення

При цьому першим і безумовно головним етапом на шляху рішення проблеми є накопичення інформації. Етап включає збір і обробку різних інформаційних матеріалів, відомостей, даних та знань (далі – інформації), що мають відношення до проблемної ситуації, яка розглядається. Слід підкреслити його особливу важливість,

оскільки якість рішення проблеми залежить від якості апріорної інформації про неї. Серед основних критеріїв оцінювання якості інформації слід зазначити:

актуальність (відповідність інформації об'єктивним потребам);

об'єктивність (повнота, точність, переконаність та несуперечність інформації);

лаконічність (стислість та чіткість викладення інформації);

наочність (очевидність, заснована на висвітленні інформації);

комунікабельність (здібність інформації бути зрозумілою);

своєчасність (здатність задовольнити потребу в інформації у прийнятій для виконання термін) тощо.

Основне завдання цього етапу, розв'язуваного аналітиками – своєчасне виявлення сигналів ускладнень у функціонуванні певного об'єкта; попереднє визначення причин, що цьому сприяють; оповіщення про виявлені ускладнення осіб, які уповноважені приймати рішення (ОПР).

Другим етапом є опис та аналіз проблемної ситуації. Його метою є визначення проблемного характеру ситуації, що виявився як наслідок впливу системи зовнішніх факторів, неврахованих прогнозом або суб'єктивною діяльністю персоналу управління та яку можна скорегувати. При цьому відбирається релевантна інформація.

Третім етапом є діагноз проблеми. Він включає такі підетапи:

виявлення та опис проблемної ситуації (усвідомлення і вираження у будь-якій формі протиріччя між змінним характером впливу зовнішнього та (або) внутрішнього середовища на організацію, а також можливостями організації забезпечити досягнення в цих умовах своєї мети);

формулювання мети вирішення проблемної ситуації (визначення бажаного кінцевого результату вирішення проблемної ситуації);

ідентифікація критеріїв прийняття рішення (визначення ознак, на базі яких проводитиметься оцінювання можливості вирішення проблемної ситуації і упорядкування їх за ступенем важливості).

На основі вхідної як зовнішньої, так і внутрішньої інформації фіксуються симптоми ускладнень та оцінюються причини виникнення проблемної ситуації. Для оптимізації робіт і засобів на цьому етапі ОПР намагається не допускати надлишку інформації й здійснює збір тільки тієї інформації, яка відповідає даному стану (релевантної).

Четвертим етапом є формування множини альтернативних варіантів вирішення проблемної ситуації. Етап передбачає розробку, опис та складання переліку усіх можливих варіантів дій, що забезпечують вирішення проблемної ситуації. При цьому в процесі формування множини припустимих альтернатив

з метою обмеження їх кількості необхідно враховувати такі вимоги до них:

взаємовиключність (вибір можливий лише у випадку, коли альтернативи взаємно виключають одна одну);

забезпечення однакових умов опису альтернатив (ресурсних, часових та інших).

Для цього визначається діапазон (інтервал) у межах якого має прийматися рішення та визначаються стандарти (критерії його ухвалення), що дозволять оцінити альтернативні варіанти вибору. Головними серед таких є:

критерій задовільності (враховує можливості організації);

критерій реалістичності (враховує навколишні обставини, незалежні від самої організації);

критерій прийнятності наслідків реалізації.

На п'ятому етапі оцінюються альтернативні варіанти. Етап полягає у підборі та перевірці припустимих альтернатив з урахуванням відповідних обмежень на підставі проведених прогнозів, а також визначенні можливого ризику та імовірності реалізації кожної. Кінцевим результатом роботи є з'ясування системними аналітиками головних переваг порівнюваних альтернатив за певною проблемою та подання їх ОПР. У цьому випадку існує небезпека, що частина кращих альтернатив може бути упущена.

При цьому на процес прийняття рішення здебільшого впливають:

особисті оцінки ОПР, що обумовлюються його інтуїцією та досвідом;

рівень ризику;

час і оточення особи, яка приймає рішення;

можливість негативних наслідків;

взаємозалежність рішень на різних рівнях ієрархії.

Шостий етап полягає у прийнятті рішення, тобто порівнянні альтернатив та виборі кращої з них на підставі критеріїв, ідентифікованих на четвертому етапі формування рішення. При цьому використовуються результати аналітичних розрахунків різних варіантів, можливих або припустимих ризиків, а також особистий досвід ОПР та його інтуїція. На цьому етапі формується судження ОПР про переваги альтернативних варіантів досягнення певної мети. При сумніві у виборі найкращої альтернативи ОПР проводить експериментальну перевірку отриманих результатів.

При цьому під раціональним рішенням розуміють таке допустиме рішення, за якого цільова функція $W = F[x_1, x_2, \dots, x_n]$ за обмежень $G_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, \quad i = \overline{1, m}$ приймає максимального або мінімального значення. Для рішення цієї задачі застосовують такі відомі методи, як методи оптимізації цільової функції та методи оптимізації цільового функціонала, класифікація яких являє собою надто складну задачу, носить умовний характер й тому, істотно, має явні недоліки. Так,

наприклад, в класичних методах оптимізації серед обмежень відсутні нерівності, відсутні умови не позитивності та дискретності змінних, а цільова функція $F[x_1, x_2, \dots, x_n]$ та функції обмеження $G_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0$, ($i = \overline{1, m}$) безперервні й мають часткові похідні як мінімум другого порядку. Враховуючи таке класична задача оптимізації може бути сформульована таким чином:

знайти \max (або \min) $W = F[x_1, x_2, \dots, x_n]$ при $G_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$, ($i = \overline{1, m}$), $m < n$.

Для знаходження оптимуму в ній може бути використаний, наприклад, метод множників Лагранжа [8]. Крім цього існують й інші методи (метод умовного градієнта, метод допустимих напрямків, метод по координатного пошуку, комбіновані методи) для яких наявність рівнянь-обмежень є необов'язковим.

В класичних задачах на безумовний екстремум обмеження взагалі відсутні, й тому вони можуть вирішуватись методами, що базуються на використанні диференційного обчислення. В цьому випадку використовуються градієнтні методи, узагальнений метод Ньютона, випадковий пошук тощо.

Задачі оптимізації функцій, відмінні від класичних задач, належать до області математичного програмування. Серед них виділяють задачі лінійного, нелінійного, опуклого, стохастичного та евристичного програмування.

Сьомим етапом є доведення рішень до виконавців. Він полягає у передаванні змісту рішення виконавцям згідно з їх посадовими обов'язками, перевірка розуміння виконавцями одержаної інформації та за необхідності – зміна їх повноважень. Структура, зміст рішення та особливості його наступної реалізації визначається рівнем управлінської ієрархії, де воно прийнято, культурою ухвалення рішення та управління в цілому.

Восьмий етап передбачає спільне організаційне планування виконання рішення, погодженості та взаємодії виконавців, тобто розробку планів-графіків виконання робіт, визначених для виконавців із залученням останніх. Дев'ятий етап – етап виконання рішення, передбачає здійснення дій, приписаних виконавцям, виконання розроблених оперативних та організаційних планів із застосуванням систем стимулювання. На Десятому етапі – етапі контролю, за рахунок розробки ефективного механізму проміжного і фінального контролю, керівники забезпечуються необхідною інформацією про хід виконання рішення. На останньому, одинадцятomu етапі шляхом співставлення цілей, сформульованих в прийнятому рішенні аналізуються отримані результати, причини успіху (невдачі) та здійснюються заходи з оцінювання його ефективності.

1.1 Сутність, функції і завдання теорії прийняття рішення

Теорія – філософська категорія для позначення розвитку системи знань, що вірогідно та адекватно відбивають сутність і закономірності явищ певної області об'єктивної дійсності й виступають як керівництво для практичної діяльності [9, 10]. За аналогією з цим визначенням *під теорією прийняття рішень (ТПР) треба, імовірно, розуміти* систему знань, що відбивають сутність понять “рішення” і “закономірність”, з урахуванням яких вони (рішення) розробляються, приймаються і реалізуються на практиці, а також принципах, організаційних формах, методах і технологіях функціонування системи прийняття рішень в організації. Основними рисами ТПР повинні бути “об'єктивна істина, логічна цілісність, формальна несуперечність, здатність розвитку, відносна самостійність, активний вплив на практику” [10].

Теорія прийняття рішень досліджує свій предмет з різних сторін, що становлять окремі, але взаємозалежні аспекти. До основних з них можна віднести методологічні, організаційні, економічні, технологічні, соціально-психологічні та правові. При цьому:

методологічний аспект відбиває єдність і цілісність наукових знань для теорії прийняття рішень;

організаційні аспекти відбивають стан і перспективи розвитку організаційної і функціональної структури органів управління, порядок функціонування ОПР у системі управління на різних ієрархічних рівнях. Вони включають також визначення шляхів удосконалювання організації прийняття рішень і методів дослідження проблем, що виникають при цьому;

економічні аспекти відбивають вплив економічних факторів на: ефективність існуючих і нових систем прийняття рішень, ефективність підготовки управлінського персоналу, вдосконалювання організаційних форм і методів прийняття рішень на новій технічній базі;

технологічні аспекти відбивають рівень використовуваних і перспективних технологій прийняття рішень в управлінні, перспективи розвитку автоматизованих людино-машинних систем прийняття рішень;

соціально-психологічні аспекти відбивають різні сторони діяльності людей у процесі прийняття рішень. До них належать питання вдосконалювання структури колективних зв'язків, вивчення поведінки особистості в колективі та взаємин між членами колективу в процесі прийняття рішень;

правові аспекти відбивають відносини між різними ієрархічними рівнями системи управління та окремими посадовими особами в процесі підготовки

прийняття рішень.

Як і будь-яка інша наукова теорія, теорія прийняття рішень виконує пізнавальну і прогнозуючу функції. *Пізнавальна функція* проявляється в розкритті сутності процесів прийняття рішень, закономірностей і принципів, яким вона підкоряється, виникненні та розвитку ТПР на різних історичних етапах, поясненні основних властивостей і взаємозв'язків предмета дослідження, обґрунтуванні технології та системи прийняття рішення. *Прогнозуюча функція* ТПР полягає у визначенні тенденцій подальшого розвитку процесів і системи прийняття рішення, організаційних форм і методів діяльності персоналу управління в процесі прийняття рішення.

При цьому основними завданнями теорії прийняття рішення є:

вивчення і узагальнення досвіду прийняття рішень в умовах визначеності, невизначеності та ризику;

виявлення і дослідження об'єктивних закономірностей, що властиві процесам прийняття рішень, а також формування на їхній основі принципів організації діяльності ОПР, організаційних форм і методів, технологій розробки, прийняття і реалізації рішень;

формування практичних рекомендацій з роботи управлінського апарата при прийнятті рішень у реальних умовах складної обстановки шляхом застосування програмно-технічних засобів систем автоматизації;

розроблення методів дослідження проблем розвитку системи прийняття рішень, принципів і методів оцінювання їх ефективності, а також заходів щодо вдосконалювання процесу діяльності ОПР.

1.2 Задача та основні моделі прийняття рішення. Методи і інструменти її вирішення

Процеси прийняття рішень у різних сферах діяльності багато в чому аналогічні. Тому переважна більшість керівного складу зацікавлена в тому, щоб мати універсальний метод їх формування та підтримки реалізації, який відповідав би природному ходу людського мислення. З цією метою процес підготовки прийняття рішення на всіх його етапах супроводжується кількісним вираженням таких категорій як “перевага”, “важливість”, “бажаність” тощо. Сукупність категорій становить певну структуру понять, у якій одні категорії, відбиваючи найбільш узагальнені поняття і зв'язки, є вузловими, опорними, інші є частиною більш загальної категорії. Представлений на рисунку 1.3 взаємозв'язок категорій дає можливість виділити мету управління, структуру управління й власне управлінські рішення.



Рис. 1.3. Взаємозв'язок основних категорій теорії управління й теорії прийняття рішень

Мета, будучи важливою категорією процесу прийняття рішень, визначає функції і методи, а також хід формування, прийняття, реалізації та оцінювання рішень (рис. 1.4) й тому багато в чому впливає на ефективність останніх.

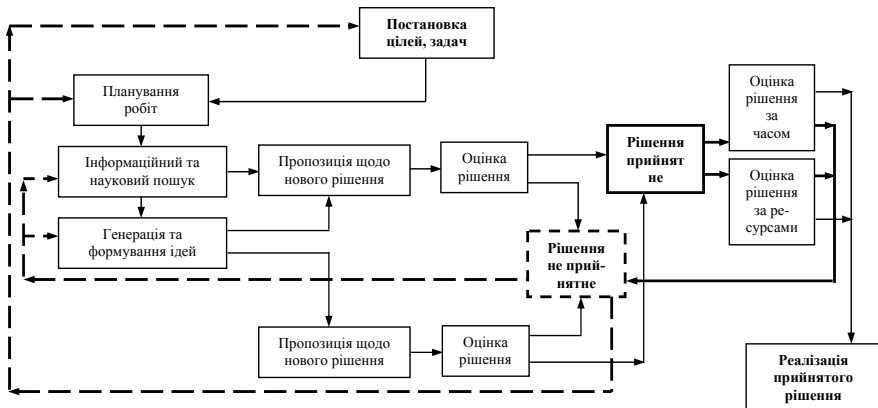


Рис. 1.4. Процес прийняття рішень та його оцінювання

Власне хід формування, прийняття, реалізації та оцінювання рішень передбачає проведення заходів з:

- оцінювання показників об'єктів дослідження за кількісною шкалою;
- віднесення конкретного об'єкта дослідження до конкретної категорії за порядковою шкалою;
- групового оцінювання деякої множини об'єктів дослідження;
- виділення підмножини найкращих об'єктів з множини можливих.

Перша і друга задачі є типовими для оцінювання альтернатив і прийняття рішень. Вони, як правило, полягають у виборі або відхиленні декількох варіантів з

множини можливих. Третя задача безпосередньо відповідає типовому завданню прийняття рішення – упорядкованому розподілу альтернатив (кожний із розглядуваних варіантів урахується в цьому випадку відповідно до його пріоритету). Четверта задача в деяких випадках розглядається як частковий випадок третього. При цьому кожна з наведених вище задач може бути розглянута в такий спосіб. Припустимо, що:

- 1) існує декілька однотипних альтернатив (об'єктів, дій і т.п.);
- 2) визначений головний критерій порівняння альтернатив;

3) обрано декілька груп однотипних факторів (часткових критеріїв), що відомим чином впливають на відбір альтернатив.

Кожній альтернативі необхідно поставити у відповідність пріоритет (число), тобто сформувати рейтинг альтернатив. Причому чим більш кращою є альтернатива за обраним критерієм, тим вищим буде її пріоритет. На підтвердження цієї догми приведемо простий приклад. Припустимо, що керівнику організації (установи) потрібно вирішити, яку програму для забезпечення електронного діловодства (СЕДО) серед пропонованих на ринку програм: “Directum”, “Бос-референт”, “DocsVision”, “LanDocs”, “OPTiMA-WorkFlow”, “ДІЛО” та “Свфрат-Документообіг” варто придбати. Головна мета – вибір найкращої програми з множини можливих [11]. Фактори, що визначають вибір, – параметри програми: функціональність (табл. 1.1), вартість, захищеність інформації, гнучкість налаштування, розширюваність, невимогливість до ресурсів тощо.

Таблиця 1.1

Функції систем електронного документообігу

Система ----- Функція	Бос- Референт	Діло	Свфрат- документ о обіг	Directum	DocsVisio n	LanDocs	Optima- Workflow	Час виконанн я функції
АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ КАНЦЕЛЯРІЇ								
Створення документів	1	1	1	1	1	1	1	
Ведення реєстраційної картки	1	1	1	1	1	1	1	
Ведення номенклатури справ	1	1	1	1	1	1	1	
Сканування документів	0,5 ^{1,2}	0,5 ^{1,5}	1	0,5	0,5	1	0,5 ¹	
Сумісність з ПЗ, що забезпечує розпізнавання образів документу	0,5 ^{1,2}	0,5 ^{1,5}	0,5	0,5	0,5 ¹	0,5 ¹	0,5 ¹	
Реєстрація документів з електронної пошти	1	1	1	1	1	1	1	
Реєстрація на основі існуючого документа	0	0,5	1	0	0	0	0	
Супроводження паперових та електронних документів	1	1	1	1	0,5	1	0,5	
Контроль заповнення обов'язкових полів в РК	1	1	1	1	1	1	1	
Перевірка на дублювання при реєстрації	0	1	1	0	0	0	0	
Використання довідників	1	1	1	1	1	1	1	
Додавання нових довідників	1	0,5	1	1	1	1	1	
Підтримка ієрархічних довідників	1	1	1	1	1	1	1	
Наявність шаблонів створюваних документів	1	1	1	1	1	1	1	

Система ----- Функція	Бос- Референт	Діло	Сфрат- документ о обліг	Directum	Does Visio n	LanDocs	Optima- Workflow	Час виконанн я функції
Обробка документів, що мають перехресні посилання	1	1	1	1	1	1	1	
Ведення історії роботи з документами	1	1	1	1	1	1	1	
Наявність засобів реплікації	1	0	0	1	0	0	1	
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,74	0,74	0,82	0,74	0,66	0,71	0,71	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ та КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ								
Підтримка послідовної і паралельної маршрутизації документів і задач	1	1	1	1	1	1	1	
Робота з типовими маршрутами	1	1	1	1	1	1	1	
Робота з вільними маршрутами	1	0,5	1	1	1	1	1	
Можливість зміни маршрутів руху	1	0,5	1	1	1	1	1	
Автоматичне блокування документу, що взятий на редагування	0,5	1	1	1	1	0	1	
Повідомлення співробітників про надходження на їх адресу документів і задач	1	1	1	1	1	1	1	
Автоматизація процесу приймання/відмови доручень до виконання	0	0,5	0,5	0	1	0	0	
Контроль за розглядом документів	1	1	1	1	1	1	1	
Контроль за виконанням документів	1	1	1	1	1	0	1	
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,83	0,83	0,94	0,88	1,00	0,66	0,88	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАХОДІВ з АНАЛІТИКИ та УПРАВЛІННЯ								
Пошук по атрибутах РК	1	1	1	1	1	1	1	
Логічний пошук	1	0,5	1	1	1	0	1	
Повнотекстовий пошук	1	1	1	1	1	0,5	1	
Підтримка морфології російської мови	0	1	1	1	0,5	1	0,5	
Наявність шаблонів пошуку з ієрархічним зберіганням	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	
Оперативна модифікація шаблонів пошуку	1	1	1	1	1	1	1	
Наявність в системі генератора звітів	0,5 ³	0,5	1	1	0,5	1	0,5 ⁴	
Отримання довідок з виконавчої дисципліни	1	1	1	1	1	1	1	
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,81	0,88	0,94	1,00	0,81	0,75	0,81	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕДУР ВЕДЕННЯ АРХІВУ								
Списання до архіву	1	1	1	1	1	1	1	
Ведення архівів електронних документів	0,5	0,5 ⁶	0,5 ⁷	0,5	0,5	0,5 ⁸	0,5	
Пошук по архіву	1	1	1	1	1	1	1	
Ведення архівних сховищ електронних образів документів	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	
Ведення окремої архівної бази документів	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	
Забезпечення обліку та контролю руху і термінів зберігання справ та документів в архіві	0	0,5	1	0,5	0	0	0,5	
Забезпечення оптимізації зберігання даних	1	1	0,5	1	1	1	1	
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,64	0,71	0,79	0,71	0,71	0,71	0,78	
ЗАГАЛОМ	3,02	3,16	3,49	3,33	3,18	2,83	3,18	

Примітка:

- 1 - із застосуванням зовнішніх OCR
- 3 - за допомогою Report'sMen
- 5 - опціонально «потокове сканування»
- 7 - опціонально модуль «Архівариус»

- 2 - інтеграція з CuneForm
- 4 - за допомогою Crystal Reports
- 6 - опціонально підсистема «Архівна справа»
- 8 - опціонально система LanDocs: Архів

Як видно з таблиці 1.1 (де 0 – можливість не реалізована; 0,5 – неповна реалізація можливості; 1 – можливість реалізована), всі представлені системи намагаються йти в ногу з часом і тому мають майже однакові функціональні можливості. Тим не менш високофункціональними СЕДО визнані системи: “Євфрат-Документообіг”, “Directum”, “DocsVision” і “Optima-Workflow”. Найбільш розвинену функціональність за результатами дослідження показала система “Євфрат-Документообіг”, що, на відміну від інших лідерів, стабільно набирала велику кількість балів по кожному з напрямків робіт з документами. У групу середньофункціональних систем увійшли системи “ДЛО”, “Бос-Референт” та “LanDocs”. Ці системи показали значний результат по деяких напрямках, представлених в огляді, але у стандартній комплектації збалансованим функціоналом не володіють. Лідером по кількості реалізованих проектів є система “Євфрат-Документообіг” (табл. 1.2). За наявними оцінками, нині вона займає біля 34% від світового ринку впроваджень зазначених систем. Це пояснюється універсальністю даної СЕДО та гнучкою ціновою політикою. Крім цього, значимі позиції на ринку займають й інші СЕДО з високим і середнім функціоналом, у тому числі “ДЛО”, “Directum” та “DocsVision”. Так, наприклад, система “ДЛО” на сьогоднішній день за наявними оцінками займає приблизно 16% від світового ринку впроваджень. Найбільш популярною вона є в державних установах. Це перш за все пояснюється орієнтуванням даної системи на автоматизацію процедур традиційного діловодства. Виключенням є система “Optima-Workflow”, розроблювачі якої споконвічно не розглядали її як масове рішення для середнього та малого бізнесу.

Таблиця 1.2

Оцінка функціональності							
СЕДО	Бос-Референт	ДЛО	Євфрат-документообіг	Directum	DocsVision	LanDocs	Optima-Workflow
Середній бал	4,71	4,56	5,43	4,77	5	4,65	4,86
Відсоток	78,5%	76,0%	90,5%	79,5%	83,3%	77,5%	81,0%

Тобто, як видно з табл. 1.2, чим ближче оцінка системи до 100%, тим більш збалансований її функціонал і тим імовірніше ця система відноситься до “ідеальних” СЕДО у рамках даного підходу до порівняння.

За аналогією з викладеним вище до найбільш типових задач прийняття рішення можна віднести задачі:

рейтингу клієнтів (наприклад: який із клієнтів частіше купує певні товари, хто з потенційних клієнтів є найбільш перспективним тощо);

аналізу ризиків (наприклад: вкладення в який з розглянутих керівництвом організації проектів є найменш ризикованим);

розподілу ресурсів (наприклад: який відсоток від наявних ресурсів (сировини, грошей тощо) треба вкласти в певний проект);

планування від досягнутого (наприклад: виходячи з наявних основних фондів, кадрів, сировини, інфраструктури, партнерів, конкурентів, кон'юнктури, впливу держави, наявної фінансової підтримки тощо складається рейтинг можливих положень підприємства через рік і приймаються заходи щодо підтримки позитивних і придушення негативних тенденцій);

планування бажаного майбутнього (наприклад: рейтинг найбільш перспективних сценаріїв розвитку регіону відомий. Керівництвом складається рейтинг дій, які треба здійснити, щоб найбільш перспективні сценарії здійснилися);

комбінованого планування (наприклад: для визначення пріоритетів діяльності, що дозволяє зблизити результати планування від досягнутого й планування бажаного майбутнього);

вибору оптимальної стратегії (наприклад: для вирішення комплексу задач з планування, аналізу ризиків, розподілу ресурсів і т.д.);

аналізу за критерієм “ефективність-вартість” (наприклад: при дослідженні можливостей розробки корисних копалин регіону отримані рейтинги: а) за головним критерієм “ефективність (висока) видобутку”: вугілля – 0,45; залізна руда – 0,3; фосфорити – 0,15; вапняк – 0,1; б) за головним критерієм “вартість (низька) видобутку”: фосфорити – 0,5; залізна руда – 0,3; вапняк – 0,1; вугілля – 0,1. Тоді, знаходячи відносини відносної оцінки ефективності до вартості, одержимо рейтинг за критерієм “ефективність-вартість”: вугілля – 4,5; залізна руда – 1; вапняк – 1; фосфорити – 0,3. Ухвалено рішення розробляти вугілля й руду, не розробляти вапняк і фосфорити);

прийняття кадрових рішень (наприклад: с за критерієм “корисність за останній місяць” та факторами компетентності, комунікабельності, участі у проектах, що принесли прибуток тощо складається рейтинг співробітників);

розв'язання конфліктів (наприклад: члени керівництва по-різному оцінюють ситуацію, схиляються до реалізації різних проектів і не можуть домовитися. Директор не хоче приймати авторитарне рішення. З урахуванням специфіки діяльності установи в ході ділової гри спільними зусиллями ними складається рейтинг проектів, за результатами якого обирається раціональний);

пошуку суттєвих факторів (наприклад: за результатами складеного рейтингу відкидаються деякі фактори. Якщо рейтинг у принципі не змінився, то відкинуті фактори, як наслідок, є несуттєвими);

побудови залежностей одних показників від інших тощо.

Задачі такого роду можуть вирішуватись в умовах повної визначеності, ризику або невизначеності. При цьому вони, як правило, розрізняються за:

точністю використовуваної інформації;

ступенем деталізації інформації;

часовим горизонтом необхідної інформації;
 частотою використання;
 джерелом використовуваної інформації (внутрішнім або зовнішнім);
 широтою охоплення інформації;
 змістом інформації (кількісна або якісна);
 оперативністю інформації.

При виборі метода рішення конкретної задачі (рис. 1.5) враховуються, як правило, такі основні фактори:

відповідність обираемого методу об'єктивним характеристикам вирішуваної задачі (варіант постановки задачі, умови та множина альтернативних рішень, кількість критеріїв та їх взаємозв'язок тощо);
 урахування об'єктивних (часових, обчислювальних) та суб'єктивних (кваліфікація) чинників.

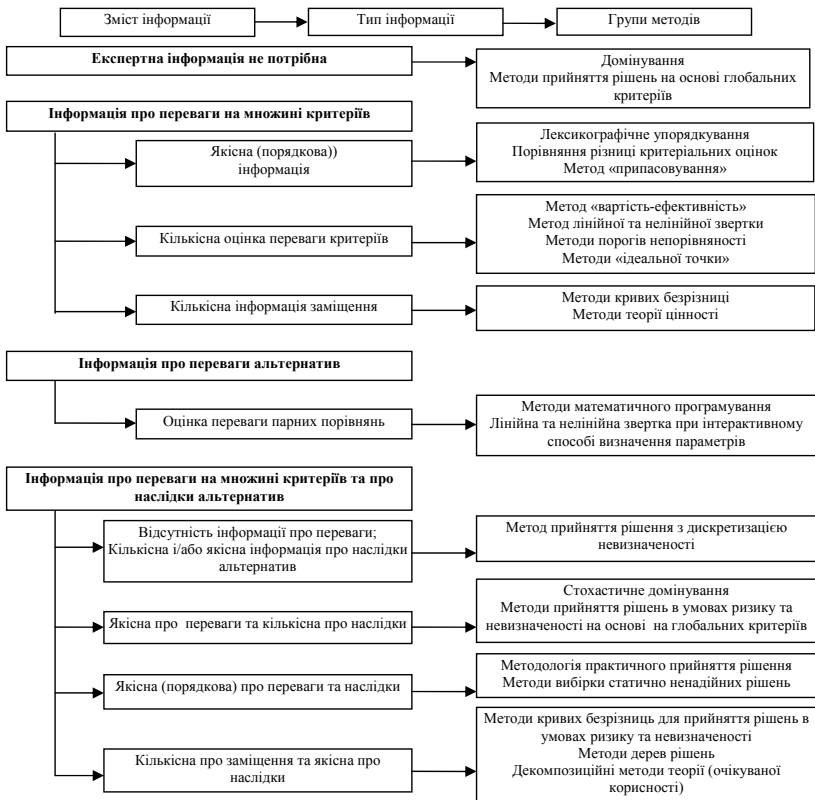


Рис. 1.5. Класифікація методів прийняття рішень

Вважають, що рішення приймається в умовах повної визначеності, якщо ОПР має у своєму розпорядженні повні і точні дані про ефективність кожного з можливих варіантів дії. Проблема для ОПР може бути тільки у великій кількості можливих варіантів та відсутності зайвого часу на їхній аналіз (наприклад, шахова гра). Такі задачі формуються як оптимізаційні і вирішуються методами лінійного, нелінійного, динамічного і дискретного програмування.

Класифікацію методів прийняття рішень в умовах визначеності, виходячи з даних наведених у роботах [12–14], можна представити таким чином:

методи на основі глобальних критеріїв домінування (експертна інформація не потрібна);

методи лексикографічного впорядкування шляхом порівняння різниць критеріальних оцінок (використовується якісна впорядкована інформація про перевагу критеріїв);

метод “ефективність-вартість”, лінійна та нелінійна згортки, методи порогів непорівнянності та “ідеальної точки” (використовується якісна (впорядкована) інформація про перевагу критеріїв);

методи кривих безрізниці та методи теорії цінності (використовується якісна впорядкована інформація про заміщення при визначенні переваги критеріїв);

людино-машинні процедури на базі математичного програмування, а саме лінійна та нелінійна зворотки при інтерактивному способі визначення параметрів (використовується оцінка переваги парних порівнянь при визначенні переваги критеріїв).

Рішення приймається в умовах ризику, якщо ОПР у момент ухвалення рішення не знає в яких саме умовах буде функціонувати об’єкт, однак він знає імовірності появи тих або інших умов. Імовірності появи умов (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) можна знайти статистичними методами на підставі тривалих спостережень або досліджень. Наприклад, природні умови (паводок, перепад температур, імовірність і рівень сейсмічних поштовхів).

Рішення приймається в умовах невизначеності, якщо ОПР знає ефективність варіантів побудови або функціонування досліджуваного проекту, але не має інформації про поведінку зовнішнього середовища. При описі складних систем, наприклад, розрізняють невизначеності цільової функції, невизначеності середовища та невизначеності системи. Невизначеність цільової функції $W = F[x_1, x_2, \dots, x_n]$ проявляється у випадку неможливості подання мети системи у вигляді скалярної цільової функції. Невизначеності середовища та системи викликані неповною інформацією про їхні стани.

Таким чином *сутність задачі прийняття рішень* полягає у виборі деякої

підмножини з безлічі альтернатив (альтернативних рішень) або в їхньому упорядкуванні. При цьому *рішенням* називають обрану підмножину або упорядковану множину альтернатив, *раціональним рішенням* – рішення, що за певним критерієм (критеріями) дає можливість вирішити поставлене завдання, *ухваленням рішення* – акт вибору або упорядкування, а *відповідну процедуру* – процедурою прийняття рішень.

Інструменти реалізації методів обґрунтування і прийняття рішень

Конкретними інструментами реалізації методів обґрунтування рішень, що широко використовуються на практиці є: прогнозування, платіжна матриця та “дерево рішень”.

Під прогнозом розуміється науково обґрунтоване твердження про можливий стан об’єкта у майбутньому, а також про альтернативні шляхи та терміни його існування. Прогнозування є одним з основних етапів управлінського процесу й тісно пов’язано з плануванням, програмуванням і проектуванням. Воно, по-перше, розкриває потенціальні можливості розвитку проблемних ситуацій і відповідних технологій та відбиває, як правило, світовий рівень їх майбутнього стану; по-друге, розкриває можливості використання потужностей промисловості на підставі групового та індивідуального аналізу випереджаючих джерел інформації (патентів, даних НДДКР, випереджаючих стандартів, нових ідей, що опубліковані в монографіях, статтях, рефератах, дисертаціях тощо); по-третє, оцінює всі основні види параметричної та непараметричної інформації в кількісній формі шляхом визначення оціночних критеріїв (коефіцієнта повноти для патентів, рівня технічної конкурентоспроможності для ДКР, сили локальних стратегій для інших джерел інформації тощо); по-четверте, дозволяє передбачити можливі наслідки рішень, що прийматимуться. В процесі розробки, прийняття та реалізації рішення прогнозування виконується, як правило, багаторазово.

В науковій літературі наводяться різні класифікації методів прогнозування. Як первинну ознаку щодо вибору серед них найбільш раціональних для рішення конкретних задач використовують джерело початкової інформації. Залежно від характеру джерела інформації методи прогнозування розподіляються на два класи: евристичні та фактографічні. Структурна схема класифікації методів прогнозування подана на рис. 1.6.

Зважаючи на те, що метод прогнозування повинен задовольняти розробника прогнозу щодо обґрунтованості висновків, достовірності і точності даних, що прогножуються, – його вибір має залежати окрім усього від:

цілей прогнозу та його завдань;
 періоду, на який формується прогноз;
 специфіки об'єкта прогнозування;
 обмежуючих факторів прогнозування (ресурсів, алгоритмів, програм);
 вірогідності і повноти вихідної інформації тощо.

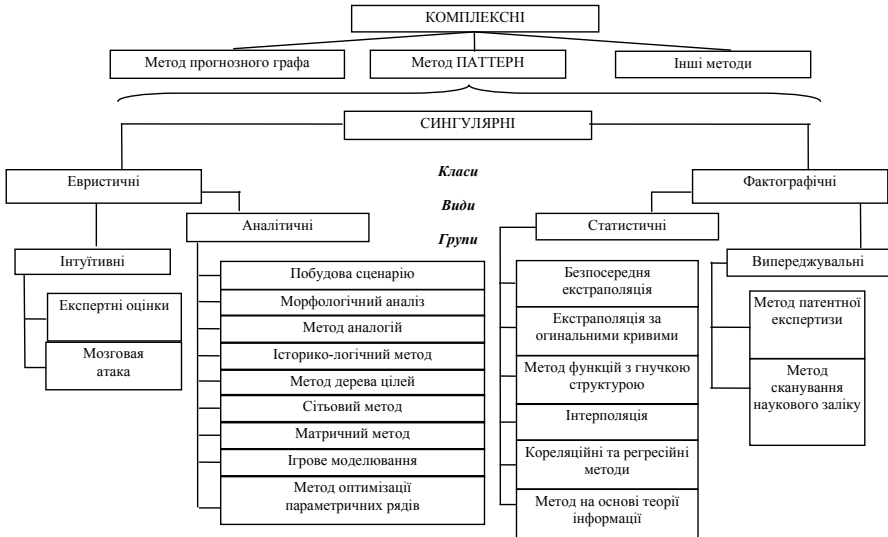


Рис. 1.6. Класифікація методів прогнозування

ПРИКЛАД 1.1 [15].

Розглянемо можливості методу прогнозування на прикладі визначення імовірного відсотку виконання державного замовлення (далі ДЗ) при незмінному з року в рік дефіциті бюджету. Для цього побудуємо прогнозну функцію виду $x(t) = a_0 + a_1 \cdot t$ з використанням поліноміального методу та методу найменших квадратів. Маючи дані про відсоток виконання НДДКР з ДЗ 2002-2006 років зробимо прогноз на 2007 рік.

x	20.2	26.6	22	25.9	21.6
t	2002	2003	2004	2005	2006

Рішення.

1) Для розв'язання задачі скористаємося поліноміальним методом.

Зважаючи на те, що вид прогнозної функції лінійний, то достатнім буде взяти лише два останніх спостереження. На підставі цього складемо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot t_1 = x_1 \\ a_0 + a_1 \cdot t_2 = x_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_0 + a_1 \cdot 1 = 25.9 \\ a_0 + a_1 \cdot 2 = 21.6 \end{cases}$$

Вирішивши цю систему, отримаємо: $a_0 = 30.2$, $a_1 = -4.3$.

Прогнозна функція таким чином матиме вид: $x(t) = 30.2 + (-4.3) \cdot t$.

$x(2007) = 30.2 + (-4.3) \cdot 3 = 17.3$ – імовірний відсоток виконання ДЗ у 2007 році.

2) Для розв'язання задачі скористаємося методом найменших квадратів.

Для зручності обчислень складемо допоміжну таблицю:

	t	x	t^2	$x \cdot t$
	1	20.2	1	20.2
	2	26.6	4	53.2
	3	22	9	66
	4	25.9	16	103.6
	5	21.6	25	108
Σ	15	116.3	55	351

На її підставі складемо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} a_0 \cdot \sum_{i=1}^n t_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot t_i) \\ a_0 \cdot n + a_1 \cdot \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n x_i \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_0 \cdot 15 + a_1 \cdot 55 = 351 \\ a_0 \cdot 5 + a_1 \cdot 15 = 116.3 \end{cases}$$

Вирішивши її, отримаємо: $a_0 = 22.63$, $a_1 = 0.21$.

Прогнозна функція таким чином матиме вид: $x(t) = 22.3 + 0.21 \cdot t$.

$x(2007) = 22.3 + 0.21 \cdot 6 = 23.89$ – імовірний відсоток виконання ДЗ у 2007 році. Відповідь:

поліноміальний метод - $x(t) = 30.2 + (-4.3) \cdot t$; $x(2007) = 17.3$;

метод найменших квадратів - $x(t) = 22.3 + 0.21 \cdot t$; $x(2007) = 23.89$.

Висновок: прогноз, отриманий за допомогою методом найменших квадратів відрізняється більшою адекватністю і достовірністю.

Тобто, як видно, практичне застосування тих чи інших методів прогнозування визначається такими факторами, як об'єкт прогнозу, його точність, наявність вихідної інформації.

Метод платіжної матриці дає можливість сформулювати оцінку для кожної альтернативи, як функції різних можливих результатів реалізації цієї альтернативи. Для його використання необхідно мати:

декілька альтернатив вирішення проблеми;

декілька ситуацій, які можуть мати місце при реалізації кожної альтернативи;

можливість кількісного вимірювання наслідків реалізації альтернатив.

Ключовим поняттям методу є "очікуваний ефект" під яким розуміють суму можливих результатів ситуацій, що можуть виникнути в процесі реалізації

альтернативи, помножену на вірогідність настання кожної з них. Точна оцінка ймовірностей настання ситуацій є одним з важливих моментів у даному методі.

ПРИКЛАД 1.2 [15].

Припустимо, що установа має три альтернативи для інвестування своїх коштів, а саме вклавши їх:

- у фірму по виробництву товарів для проведення дозвілля;
- в енергетичну компанію;
- у фірму по виробництву продуктів харчування.

При реалізації кожної з альтернатив може виникнути дві ситуації – високі та низькі темпи інфляції, вірогідності виникнення яких складають відповідно 0,3 та 0,7.

	Високий рівень інфляції p=0,3	Низький рівень інфляції p=0,7
1 альтернатива	-10000	+50000
2 альтернатива	+90000	-15000
3 альтернатива	+30000	+25000

Рішення.

Розрахуємо очікувані ефекти від реалізації кожної альтернативи:

$$EV1=0,3(-10000) + 0,7(+50000) =32000$$

$$EV2=0,3(+90000) + 0,7(-15000) =16500$$

$$EV3=0,3(+30000) + 0,7(+25000) =26500.$$

Висновок: перша альтернатива має найбільший очікуваний ефект, тому при прийнятті рішення про інвестування коштів, має бути обрана саме вона.

Ідея *методу “дерева рішень”* вперше була запропонована У.Черчменом у зв’язку з проблемами прийняття рішень в промисловості. Він запропонував ввести в обіг термін “дерево цілей”, який став використовуватися як засіб прийняття рішень для повністю узгоджених деревовидних ієрархічних структур, так і у випадку “слабких” ієрархій. Синонімом цього терміну є термін “прогнозний граф”, що був запропонований В. М. Глушковым та який також дає можливість представити проблему як у вигляді деревоподібної ієрархічної структури, так і у формі структури з “слабкими” зв’язками. В процесі своєї трансформації термін отримав безліч тлумачень. Так, наприклад: при застосуванні дерева цілей для виявлення і уточнення функцій управління говорять про “дерево цілей і функцій”, при структуризації тематики науково-дослідної організації зручніше скористатися терміном “дерево проблем”, а при розробці прогнозів – терміном “дерево напрямків розвитку (чи прогнозування

розвитку)” або згаданим вище терміном “прогнознний граф”. Більш детальніше розглянемо перший з них.

Метод “дерева цілей і функцій” орієнтований на одержання повної і відносно стійкої структури цілей, проблем, функцій, напрямків, тобто такої структури, яка мало змінюватиметься протягом певного періоду часу при неминучих змінах, що відбуваються в будь-якій системі, яка розвивається. Для досягнення цього при побудові варіантів структури варто враховувати закономірності цілеутворення і використовувати принципи та методики формування ієрархічних структур цілей і функцій. Цілі впливають з об’єктивних потреб і мають ієрархічний характер. Цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, поки не досягнуті цілі найближчого нижнього рівня. В міру переміщення вниз рівнями ієрархії цілі конкретизуються.

У процесі побудови та використання дерева цілей необхідно прагнути чіткого і конкретного формулювання цілей, забезпечити можливість кількісної чи порядкової оцінки ступеня їхнього досягнення. Цілі діяльності системи необхідно конкретизувати за часом і виконавцями, тобто загальний остаточний результат, якого прагне система, треба піддати декомпозиції на окремі задачі, що розв’язуватимуться в найкоротші терміни. Крім того ціль, якої прагне досягти, наприклад, установа загалом, конкретизується для окремих підрозділів і ланок апарату управління. При цьому необхідно, щоб колектив кожного підрозділу чітко знав загальну (генеральну) мету і свою роль у її досягненні. Це дасть можливість деталізувати цілі і шляхи їхнього досягнення, виявити існуючі між ними взаємозв’язки, забезпечити визначену логіку розв’язання проблеми та, навіть при проведенні чисто якісного аналізу одержати нові ідеї, розкрити нові можливості рішення досліджуваної проблеми на різних рівнях управління.

У більшості випадків “дерева цілей і функцій” будується поетапно, згори донизу, шляхом послідовного переходу від вищого рівня до нижчого суміжного рівня, хоча існують методи побудови дерева одночасно “згори” – від розробників та керівництва, та “знизу” – починаючи від користувачів-виконавців, з наступною координацією отримуваних структур. При цьому конкретизація цілей згори донизу повинна зростати. Тобто, чим нижче рівень, тим в докладнішій формі формулюється мета – в деяких випадках вдається дістатися кількісної форми критеріїв.

Метод передбачає графічну побудову різних варіантів дій (рис. 1.7), які можуть бути застосовані для вирішення вихідної проблеми.

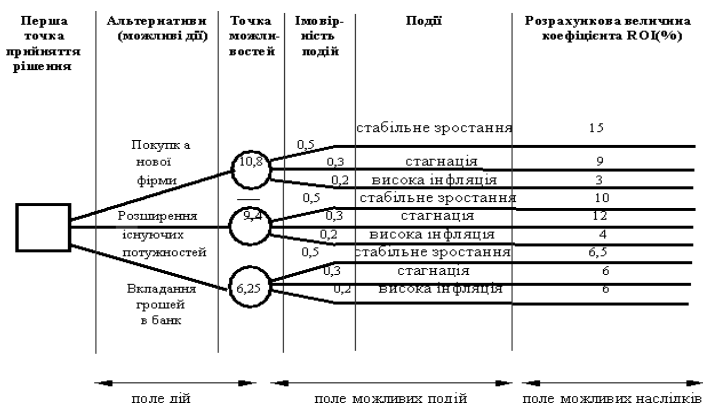


Рис. 1.7. Графік "дерева цілей і функцій" в задачі інвестування коштів установи

На графіку умовно зображено:

по-перше, три поля, які повторюються залежно від складності самої задачі:

поле дій (поле усіх можливих альтернатив дій з вирішення проблеми);

поле можливих подій (поле ймовірностей подій – можливих ситуацій щодо реалізації кожної альтернативи з ймовірностями щодо їх виникнення;

поле можливих наслідків (поле очікуваних результатів, які можуть мати місце в кожній ситуації);

по-друге, три компонента:

точку прийняття рішення (чотирикутник, що вказує на місце де повинно бути прийнято остаточне рішення);

точку можливостей (коло, що характеризує очікувані результати можливих подій);

гілку дерева (лінії від першої точки прийняття рішення до результатів реалізації кожної альтернативи).

Ідея метода полягає у тому, щоб прямуючи від верхівки дерева до першої точки прийняття рішення спочатку розраховується очікуваний виграш по кожній "гілці дерева", а в подальшому за допомогою порівняння цих варіантів робиться остаточний вибір на рахунок тієї чи іншої "гілки". При цьому в кожному вузлі дерева рішень експерт здійснює найпростіший логічний вибір ("так" або "ні"). Залежно від прийнятого вибору, пошук рішення просувається правою або лівою гілками дерева й зрештою приходиться до термінальної гілки, що відповідає конкретному остаточному рішення. На практиці метод використовується для прийняття рішень у складних ситуаціях, коли результати одного рішення впливають на наступні рішення, наприклад, при прогнозуванні

того, які послідовності подій будуть мати заданий результат. Одним з його різновидів є алгоритм дерев класифікації та регресії, що пропонує набір правил для дихотомічної класифікації сукупності вихідних даних.

ПРИКЛАД 1.3 [15].

Припустимо, що певна установа має кошти для розширення своєї діяльності і повинна вирішити, як ці кошти використати найбільш ефективно. Після аналізу відібрано три альтернативи дій, що спрямовані на:

вкладення коштів у придбання нової фірми;

вкладення коштів для покращення використання діючих виробничих потужностей;

внесення грошей на депозитний рахунок у банк.

Для вирішення питання, яка з цих альтернатив є найкращою, установа збрала необхідну інформацію і побудувала дерево рішень, як це показано на рис. 1.7. В процесі реалізації кожної альтернативи можливі такі ситуації: стабільний ріст; стагнація або високі темпи інфляції. Вірогідність настання кожної ситуації складає відповідно: $p_1=0.5$; $p_2=0.3$; $p_3=0.2$. Результатом інвестування коштів установи є окупність інвестицій, подана за допомогою коефіцієнту окупності інвестицій ROI (RETURN ON INVESTMENT) у відсотках. Величина коефіцієнта ROI розрахована установою (див. рис. 1.7).

Рішення.

Аналіз графіку починаємо просуваючись справа наліво. Визначаємо очікуване значення окупності інвестицій для першої альтернативи шляхом множення розрахункової величини ROI на вірогідність подій. У нашому випадку очікуване значення окупності інвестицій складає:

$$(15,0 * 0,5) + (9,0 * 0,3) + (3,0 * 0,2) = 7,5 + 2,7 + 0,6 = 10,8.$$

Те ж саме визначаємо для другої та третьої альтернатив:

$$(10,0 * 0,5) + (12,0 * 0,3) + (4,0 * 0,2) = 5,0 + 3,6 + 0,8 = 9,4;$$

$$(6,5 * 0,5) + (5 * 0,3) + (6 * 0,2) = 3,25 + 1,80 + 1,20 = 6,25.$$

Порівнюємо між собою здобуті значення очікуваного коефіцієнта інвестицій, обираючи кращий варіант.

Висновок: У нашому випадку найпривабливішим є 1-ий варіант, коефіцієнт ROI якого дорівнює 10,8.

Основні моделі прийняття рішень

В теорії управління існують три основні моделі прийняття рішень:

класична модель;
поведінкова модель;
іраціональна модель.

Класична модель спирається на поняття “раціональності” у прийнятті рішень. Передбачається, що особа, яка приймає рішення повинна бути об’єктивною і логічною, мати чітку ціль, а усі її дії в процесі прийняття рішень мають бути спрямовані на вибір найкращої альтернативи.

Отже, основні характеристики класичної моделі є такими:

ОПР має чітку ціль щодо прийняття рішення;

ОПР має повну інформацію відносно ситуації, що склалася;

ОПР має повну інформацію відносно можливих альтернатив і наслідків їх реалізації;

ОПР має раціональну систему впорядкування переваг в ієрархії важливості;

мета ОПР завжди полягає у тому, щоб здійснити такий вибір, який надав би організації (установі) максимальний економічний ефект.

Діяти згідно з поданою моделлю можна в умовах наявності повного масиву інформації, що є достатньо проблематичним на практиці. Крім того, значний вплив на прийняття рішень можуть спричинити суб’єктивні фактори, які в повному обсязі враховуються у поведінковій моделі.

Поведінковій моделі притаманні у свою чергу такі основні характеристики:

ОПР має неповну інформацію відносно ситуації прийняття рішення;

ОПР має неповну інформацію відносно можливих альтернатив;

ОПР не має можливості передбачити наслідки реалізації кожної можливої альтернативи.

Виходячи з цих характеристик Г. Саймон визначив два ключових поняття поведінкової моделі, які відіграють важливу роль у процесі прийняття рішень:

“обмеженої раціональності”, що означає здатність людей тільки намагатися приймати раціональні рішення, проте їх раціональність завжди буде обмеженою;

“досягнення задоволеності”, тобто керівники різних рівнів ієрархії прагнуть, щоб їх вибір при прийнятті рішення був оптимальним, пересилуючи можливий ризик.

Іраціональна модель базується на припущенні, що особа яка уповноважена приймати рішення в більшості іраціональна у цьому процесі. Цей підхід орієнтований на те, що рішення приймається задовго до того, як досліджуються альтернативи. Використовується така модель частіш за все у випадках, які стосуються принципово нових, складно вирішуваних і надзвичайних рішень, а також тоді, коли керівник (менеджер або група менеджерів) для прийняття рішення має достатньо влади. Іраціональними частіше всього є політичні рішення.

1.3 Концепції вироблення рішень. Класифікація критеріїв і факторів, що впливають на ефективність прийнятих рішень

Прийняття того чи іншого рішення здійснюється, як відомо, в інтересах тих, кому воно потрібно. Наскільки прийняте рішення виявиться ефективним залежить від кваліфікації організаторів його виконання та притаманних ходу прийняття рішення обставин. Зважаючи, що помилки у прийнятті рішення сьогодні можуть обходитись занадто дорого, нагальним завданням є пошук нових шляхів для оцінювання ефективності останніх.

Термін ефективність, як відомо, походить від поняття “ефект”. *Ефект – це результат деякої дії, а ефективність – це властивість дії давати ефект.* Виходячи з такого цей термін некоректно приписувати лише технічним виробам. Його можна віднести майже до всіх галузей інтелектуальної діяльності людини – конструкторської, бюджетної, змовницької тощо, а також застосовувати при оцінюванні діяльності окремих посадових осіб або їх груп .

Підставою для такого ствердження є те, що:

а) оцінювання ефективності пов’язано не стільки з властивостями виробів, наприклад, зразків озброєння та військової техніки (далі ОВТ) поданими у табл. 1.3, скільки з властивостями результату його застосування за призначенням та ресурсами, які витрачаються на досягнення такого результату;

Таблиця 1.3

Основні властивості озброєння та військової техніки

№ з/п	Властивість	Визначення
1	Бойова ефективність	Властивість, що характеризує можливість ОВТ виконувати бойові функції
2	Стійкість	Стійкість ОВТ до виконання функцій під час впливу (та після його закінчення) з боку супротивника, суміжних та інших об’єктів, особового складу та навколишньої середовища
3	Живучість	Здатність ОВТ протистояти бойовим та аварійним uszkodженням, відновлювати та підтримувати при цьому свої бойові функції
4	Мобільність	Здатність ОВТ до своєчасного розгортання, згорання та переміщення
5	Маневровість	Здатність ОВТ до зміни швидкості та напрямків руху зі збереженням бойової готовності (бойова готовність - стан ОВТ, який характеризує можливість їх бойового застосування у визначений момент часу)
6	Маскування	Пристосованість ОВТ до приховання місця знаходження
7	Скритність	Здатність ОВТ протистояти виявленню, встановленню місця їх знаходження, характеристик та бойової приналежності усіма видами розвідки
8	Транспортабельність	Пристосованість ОВТ до перевезення різними видами транспорту й типами транспортних засобів
9	Надійність	Властивість ОВТ зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування
10	Безвідмовність	Властивість ОВТ безперервно зберігати працездатність на протязі деякого часу або деякого напруження
11	Довгостроковість	Властивість ОВТ зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі ТО та ремонту
12	Ремонтпридатність	Властивість ОВТ, яка полягає у пристосованості ОВТ до попередження та виявлення

№ з/п	Властивість	Визначення
	ість	причин виникнення відмов, ушкоджень та підтримання й відновлення працездатного стану шляхом проведення ТО і ремонтів
13	Зберігаємість	Властивість ОВТ зберігати значення показників безвідмовності, довгостроковості та ремонтопридатності на протязі та після зберігання й (або) транспортування
14	Безпека при експлуатації	Властивість ОВТ, яка проявляється у відсутності ризику нанесення шкоди здоров'ю особового складу, суміжним та іншим об'єктам, а також природному середовищу в усіх режимах експлуатації
15	Узгодженість з суміжними об'єктами	Здатність ОВТ взаємодіяти з суміжними об'єктами у встановлених межах експлуатації зі збереженням заданих характеристик без введення додаткових узгоджувачих пристроїв
16	Універсальність	Придатність ОВТ до виконання декількох функцій
17	Ергономічність	Властивість, що характеризує пристосованість ОВТ до взаємодії з людиною
18	Населеність	Властивість ОВТ, що характеризується умовами життєдіяльності, які забезпечують збереження здоров'я, працездатності особового складу та заданої ефективності експлуатації

б) ефективність застосування виробів, тих же зразків ОВТ, визначається не тільки їх характеристиками, ієрархічне дерево яких стосовно найбільш важливого і стійкого фактора – цільового призначення наведено на рис. 1.8, а й способами та умовами їх застосування.

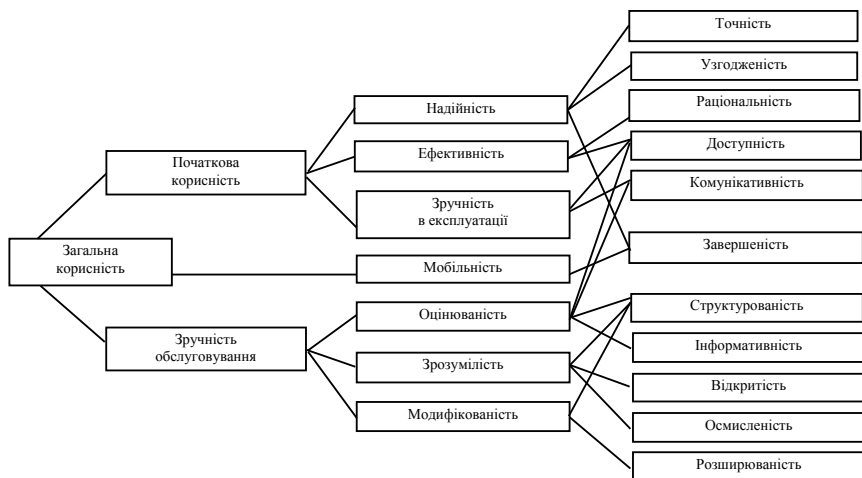


Рис. 1.8. Ієрархічне дерево якісних характеристик ОВТ

Враховуючи місце “ефекту” в системі оцінювання тих або інших рішень та роль у досягненні конкретних результатів, його різновиди можуть бути поєднані в п’ять груп, а саме [7, 16, 17]:

а) науково-технічний ефект, який розглядається як деякий потенціал, що рано чи пізно, безпосередньо або через економічний ефект перетвориться в кінцеві соціальні (економічні) результати. Носіями науково-технічного ефекту можуть служити тактико-технічні характеристики зразків техніки, що досліджуються;

б) економічні результати – характеризують економію виробничих ресурсів й виражаються, головним чином, у вартісній формі, яка, в свою чергу, відображає усі види витрат виробничих ресурсів, потрібних або витрачених для реалізації оцінюваних заходів;

в) соціальний ефект – означає покращення умов праці та побуту людей;

г) екологічний ефект – виражається в результатах рішення проблем відносно збереження флори, фауни, ландшафту тощо;

д) взаємозв'язок існуючих ефектів.

У загальному ж випадку, кажучи про “ефект”, розуміють ефективність певної операції, яка представлена у вигляді впорядкованої сукупності взаємопов'язаних дій, що у свою чергу спрямовані на досягнення заданої мети. Так, наприклад, під ефективністю системи розуміється ступінь пристосованості її до виконання завдання, що стоїть перед нею, в заданих умовах [17].

Таким чином можна констатувати, що *ефективність – це об'єктивна комплексна властивість цілеспрямованого процесу підготовки певного рішення із застосування виробів за призначенням, яка характеризує пристосованість цього процесу до рішення задач, що стоять перед виробом у відповідності до його цільового призначення*. Вона повинна характеризувати результативність, дієвість досліджуваного процесу, а також його здатність виконувати певні завдання. Рішення поставленого завдання у встановлений термін є, наприклад, обов'язковою умовою ефективності управління, його високої якості. Порушення визначених термінів свідчить про неефективність управління.

Щоб бути ефективним, управлінське рішення повинне реалізовуватися відповідно до пред'явлених до нього вимог, з урахуванням законів властивих процесу управління. Однак у повсякденній діяльності й особливо реалізуючи довгострокові цілі, важко оцінити ступінь ефективності прийнятого рішення щодо досягнення кінцевих результатів, ефективність функціонування ОПР та його апарата. Тому, спостерігаючи за цими процедурами *А. Маккензі казав: “Нет ничего более легкого, чем быть занятым, и нет ничего более трудного, чем быть результативным”*. На цей час існує два основних методи аналізу та оцінювання ефективності управлінських рішень:

1) з погляду рівня або термінів виконання поставленого завдання, що характеризує якість і ефективність дій певного органа управління (окремого керівника);

2) шляхом зіставлення отриманих корисних результатів з ресурсним потенціалом об'єкта управління, виявлення ступеня реалізації можливостей певного колективу та використання ресурсів.

Виходячи з цього в єдиному понятті ефективності доцільно виділяти лише дві сторони – цільову та економічну, й говорити лише про цільову та економічну ефективність. Цільова ефективність характеризується величиною отриманого корисного ефекту, зрівняного з витраченими на його отримання ресурсами, а економічна – величиною отриманого економічного результату, зрівняного з витратами ресурсів, необхідними для її забезпечення.

Мірою ефективності (однієї властивості, характеристики системи) виступають показники ефективності. *Показник ефективності* – це комплексний показник якості цілеспрямованої системи дій, який визначається багатьма факторами. Для того щоб оцінка ефективності не залежала від випадкового сполучення діючих факторів, в якості показників ефективності вибирають імовірності настання деяких характерних подій або середні значення відповідних випадкових величин. Показник ефективності завжди має кількісний зміст, тобто є результатом вимірювання деякої властивості. З цієї причини використання деякого показника ефективності передбачає наявність способу вимірювання (оцінювання) значення цього показника, а за показники оцінювання ефективності систем можуть обиратися, наприклад, показники продуктивності, вартості, надійності, масо-габаритні характеристики тощо.

За показники оцінювання ефективності прийнятого рішення, що характеризують основні грані управлінської діяльності та які дають підставу зробити висновки про ступінь досягнення поставлених цілей і вирішених завдань можуть застосовуватися:

- витрати часу на цикл реалізації управлінського рішення;
- працевитрати ОПР і персоналу управління на розробку, прийняття та реалізацію рішення;
- ступінь організованості функціонування;
- кількісне співвідношення ОПР і персоналу, що входить в апарат управління;
- рентабельність та собівартість ухваленого рішення;
- ступінь залежності прийнятого рішення від прогнозованих економічних, екологічних, соціально-політичних та інших наслідків.

На практиці показник ефективності вибирають так, щоб він був критичним до тих факторів, вплив яких на систему найбільш суттєвий у розглядуваній конкретній ситуації. Наприклад, для обчислювальних систем, які є ланкою контуру управління, ефективність визначається швидкістю, характеристиками вхідних і вихідних сигналів, які забезпечують узгодження з датчиками і виконуючими органами, надійністю, оскільки невиконання системою функцій, покладених на неї, може привести до серйозних наслідків.

Показники ефективності можуть мати різну природу. Ними можуть бути, зокрема, і показники надійності. Наприклад, підвищення точності досягається збільшенням апаратних затрат, що приводить до зростання вартості, габаритів, споживної потужності, а інколи до зниження надійності. Часткові показники ефективності бувають суперечливими, так як покращення одного з них може викликати погіршення інших, а це приведе до зниження ефективності системи.

Умови, яким повинні задовольняти значення показників ефективності та які відображають бажану якість цілеспрямованої системи дій (цілеспрямованого функціонування виробів), називають *критеріями ефективності*. Тобто інакше, це правила, які дозволяють співвідносити стратегії (системи), що характеризуються різноманітною ефективністю та здійснити направлений вибір стратегій (систем) з багатьох допустимих. Вони визначають цілі операції або управлінського рішення (цілі застосування виробів) й у відповідності з ними придатність, оптимальність або перевагу прийнятого рішення (цілеспрямованого процесу функціонування виробу, операції тощо), а також допомагають обґрунтувати найбільш доцільні рішення стосовно вибору кращих стратегій (дій). Так, наприклад, при проведенні експертизи для конкурсного відбору проектів (науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт) в ході формування певної науково-технічної програми, оцінювання ефективності кожного з них може здійснюватися з метою визначення: обсягу необхідних для цього бюджетних асигнувань; відповідності пропонуваніх у проекті наукових, технічних та інших рішень сучасним тенденціям розвитку науки, техніки і суспільства; очікуваних результатів; масштабності сфери застосування; перспективи комерційної реалізації результатів проекту та реальності його виконання тощо (табл. 1.4) [15]. Експерт, оцінюючи заявку по кожному критерію, відмічає у таблиці (табл. 1.4) одну з позицій.

Таблиця 1.4

Оцінні бали та відносні ваги критеріїв оцінювання проектів

№ з/п	Найменування груп критеріїв і критеріїв	Оцінний бал	Відносна вага
1	<i>Стадія завершення проекту</i>		1,0
1.1	Матеріальне втілення результату		1,0
	- дослідно-промисловий зразок (пробна партія)	4	
	- дослідний зразок (дослідна партія)	3	
	- лабораторний зразок	2	
	- макетний зразок	1	
	- відсутній	0	
1.2	Документація		0,8
	- робочий проект	4	
	- технічний проект	3	
	- ескізний проект	2	
	- науково-технічний звіт	1	
	- відсутній	0	
2	Загальний обсяг додаткових позабюджетних джерел фінансування		1,0

№ з/п	Найменування груп критеріїв і критеріїв	Оцінний бал	Відносна вага
	- достатній	2	
	- недостатній	1	
	- відсутній	0	
3	Відповідність запропонованих у проєкті наукових, технічних й інших рішень сучасним тенденціям розвитку науки, техніки й суспільства		1,0
3.1.	Актуальність проєкту		1,0
	- можливе одержання принципово нових результатів у розглянутій галузі науки й техніки, які можуть привести до якісних змін у галузі	3	
	- можливі істотні зміни в розглянутій галузі науки й техніки, які приведуть до одержання більш ефективних рішень	2	
	- передбачається розвиток досліджень у розглянутій галузі науки й техніки в руслі традиційних підходів, що поліпшують відомі рішення в даній галузі	1	
	- жоден з перерахованих	0	
3.2.	Наукова значимість результатів		0,9
	- фундаментальний характер	1	
	- міждисциплінарний або системний характер	2	
	- прикладний характер	2	
	- відсутній	0	
3.3.	Новизна, оригінальність (технологічна прогресивність)		0,9
	- не має аналогів	4	
	- немає аналогів у країні, є за рубежом	3	
	- немає аналогів за рубежом, є в країні	2	
	- є відомості про вітчизняні й закордонні аналоги	1	
3.4.	Практична (прикладна) значимість		0,5
	- висока	3	
	- середня	2	
	- низька	1	
	- відсутній	0	
3.5.	Методи й способи досягнення цілей проєкту		0,5
	- нові	4	
	- сучасні	3	
	- традиційні	2	
	- застарілі	1	
	- неадекватні	0	
3.6.	Чи є угоди (договори, контракти) про спільне співробітництво з вітчизняними організаціями по темі проєкту?		0,8
	- так	1	
	- немає	0	
3.7.	Чи є угоди (договори, контракти) про спільне співробітництво із закордонними організаціями по темі проєкту?		1,0
	- так	2	
	- немає	0	
4.	Очікувані результати		1,0
4.1.	Наукові й науково-технічні результати		1,0
	- матеріали	1	
	- продукти, у тому числі програмні	1	
	- технології	1	
	- результати розрахунків, експериментів	1	
	- пристрої	1	
	- системи	1	
	- методи	1	
	- послуги	1	
	- довідкові, науково-технічні, технологічні, конструкторські документи	1	
4.2.	Навчальні й учбово-методичні результати		1,0
	- учбово-лабораторне встаткування, лабораторна робота	1	
	- підручник або навчальний посібник, дидактичні матеріали	1	
	- робоча програма навчальної дисципліни (навчальний курс)	1	

№ з/п	Найменування груп критеріїв і критеріїв	Оцінний бал	Відносна вага
	- підготовка дисертацій (докторських і кандидатських)	1	
	- участь докторантів й аспірантів у проєкті	1	
	- участь студентів у проєкті	1	
5	Масштабність сфери застосування		0,6
	- можливий міжгалузевий перенос результатів	3	
	- можливий перенос результатів усередині однієї галузі	2	
	- можливий перенос результатів усередині групи підприємств	1	
	- результати можуть бути використані тільки для рішення поставленої мети	0	
6	Перспективи (реальність) комерційної реалізації результатів проєкту		0,8
6.1	Платоспроможний попит (тільки для інноваційних проєктів)		0
	- високий	-	
	- низький	-	
	- відсутній	-	
6.2	Наявність й/або можливість правової охорони		0,8
	- використання власних патентів	2	
	- права не захищені, але є ознаки патентування	1	
	- ознак патентування немає	0	
	- використання придбаних патентів або своїх переуступлених	-1	
6.3	Готовність результатів проєкту для передачі в промислову експлуатацію		0,9
	- так	1	
	- немає	0	
7	Реальність виконання проєкту		1,0
7.1	Строки проєкту		0,8
	- реальний	2	
	- завищений	1	
	- занижений	0	
7.2	Обсяги фінансування проєкту		0,9
	- прийнятний	2	
	- завищений	1	
	- занижений	0	
7.3	Кваліфікація й досвід виконавців		1,0
	- достатні	2	
	- недостатні	1	
	- відсутні	0	
7.4	Науково-технічний заділ		1,0
	- достатній	2	
	- недостатній	1	
	- відсутній	0	
7.5	Необхідна матеріально-технічна база		1,0
	- достатня	2	
	- недостатня	1	
	- відсутній	0	

Дані, що приведені у табл. 1.4, необхідні для розрахунку підсумкової оцінки, яка виконується за формулою:

$$R = \sum_{i=1}^N a_i \sum_{j=1}^M (b_{ij} \cdot c_{ij}), \quad (1.1)$$

де $i = \overline{1, N}$ – номер групи критеріїв, $N = 7$; $j = \overline{1, M}$ – номер критерію в групі;

a_i – ваговий коефіцієнт групи критеріїв; c_{ij} – ваговий коефіцієнт критерію;

b_{ij} – середня величина оцінки за критерієм (розраховується як середнє арифметичне значення оцінок, даних двома або більше незалежними експертами).

Мета і принципи оцінювання ефективності прийнятих рішень

Зважаючи на викладене вище оцінювання ефективності прийнятих рішень має:
визначити рівень готовності персоналу організації до рішення поставлених завдань і скорегувати заходи на його перепідготовку;

показати можливість виконання цього рішення з використанням наявної системи управління, а також умов, що сформувались у суспільстві, в організації та оточуючому середовищі;

відповісти на питання про наявність ресурсів в організації для реалізації прийнятих рішень, оцінити їх та спрогнозувати розвиток ситуації;

вказати на цілісну систему факторів, що підвищують ефективність прийнятих рішень та їх цілеспрямоване урахування в стратегічній і тактичній ланках управління.

В основу оцінювання ефективності прийнятих рішень у цей час покладений *системний підхід*, як найбільш розроблений і апробований на практиці. При цьому, зважаючи на його основні принципи, у процесі оцінювання ефективності бажано враховувати як абсолютну, так і відносну складові. Під абсолютною ефективністю прийнятого рішення в цьому випадку слід розуміти досягнутий кінцевий результат, отриманий організацією. Зважаючи на певні труднощі, що виникають при визначенні кількісного значення абсолютної ефективності, для оцінювання результативності прийнятого рішення більшою мірою користуються відносною ефективністю.

При оцінюванні ефективності доцільно дотримуватись таких вимог:

реалізації стратегії і тактики, цілей і завдань системи управління;

сумісності, зосередження, концентрації, актуалізації функцій і нейтралізації дисфункцій системи;

забезпечення цілісності розвитку системи за рахунок власної стійкості, самоорганізації, адаптації та гнучкості;

оптимальності конкурентних, економічних, організаційних, процесних і функціональних параметрів, раціональності ієрархічної оргструктури;

надійності системи та здатності адекватно відбивати конкурентну, організаційну, управлінську, соціальну, психологічну й інші складові системи управління;

економічності системи і необхідності оперативного прийняття оптимального ефективного рішення та його своєчасної реалізації [18, 19].

Оцінювання ефективності прийнятого рішення може проводитись:

ретроспективно (шляхом дослідження результатів вже отриманих у минулому); прогнозуванням (коли визначається заздалегідь необхідний результат).

Особливість оцінювання ефективності прийнятого рішення полягає в обов'язковому аналізі та розрахунку його як внутрішньої, так і зовнішньої складової при пріоритеті останніх. Показники внутрішньої ефективності дозволяють оцінити прийняте рішення з точки зору інструменту управління, системи діяльності персоналу управління. Показники зовнішньої ефективності – відбивають її вплив на організацію кінцевого результату, мету управління. Найбільш ефективними методами рішення цього завдання є математичне моделювання, метод побудови та розрахунку сіткових графіків робіт (дозволяє оцінити взаємозв'язок між дійсним і необхідним часом рішення різних завдань ОПП), а також експертні методи.

Концепції вироблення рішень та оцінювання їх ефективності

В теорії управління та теорії прийняття рішень розрізняють три головні концепції вироблення рішень, а саме:

- концепцію придатності;
- концепцію оптимізації;
- концепцію адаптивності.

Згідно *концепції придатності* раціональним є будь-яке рішення “ u ”, при якому обраний показник ефективності приймає значення не нижче деякого прийнятого рівня \mathcal{E}_0 , тобто

$$\mathcal{E}(u) \geq \mathcal{E}_0, \quad u \in U, \quad (1.2)$$

де U – кількість припустимих рішень.

Легко бачити, що приведені відношення поділяє велику кількість припустимих рішень на дві підмножини, що перетинаються U_{np} – підмножина припустимих рішень і $U_{нпр}$ – підмножина неприпустимих рішень. Тобто у відповідності з цим правилом всі припустимі рішення $u \in U_{np}$ рівноцінні (однаково задовільні), як і всі неприйнятні рішення з підмножини $U_{нпр}$ однаково незадовільні. Подібна концепція призводить до негнучкої та нецілеспрямованої системи дій, тому що усі $u \in U_{np}$ ($u \in U_{нпр}$) в загальному випадку не можуть бути рівно ефективними.

Оптимізація зводиться до визначення рішень $u^* \in U$, що екстремізують обраний показник ефективності при фіксованих обмеженнях (обмеження задаються системою рівнянь), тобто

$$\begin{cases} \exists (u^*) = \text{extr} \exists (u) \\ G(u^*) \geq G_0 \end{cases}, u \in U \quad (1.3)$$

де G_0 – фіксовані обмеження.

В межах концепції придатності вибір рішення проводиться, як правило, у відповідності з такими критеріями, як:

1) критерій прийнятного середнього результату. Для визначеності в якості показника ефективності виберемо математичне очікування (МОЧ) кількості знищених цілей $\overline{M_{zn}}$. Наслідком застосування критерію прийнятного результату буде вибір тих рішень u^* з множини припустимих, які забезпечують виконання умови

$$u^* : \overline{M_{zn}}(u) \geq M_{zn0}; \quad (1.4)$$

2) критерій припустимої гарантії. У цьому випадку в якості показника ефективності використовуються показники типу імовірності досягнення мети. Прийmemo для визначеності в якості показника ефективності імовірність $P(H_{zб} \geq H^*)$. Результатом застосування такого критерію буде прийняття рішень u^{**} з множини припустимих, які забезпечують виконання умов

$$u^{**} : P(H_{zб} \geq H^*) \geq P_n, \quad (1.5)$$

де P_n – прийнятний рівень імовірності виконання умови $H_{zб} \geq H^*$.

Застосування *концепції оптимізації* виправдано у тих випадках, коли умови функціонування системи суворо фіксовані, а показник ефективності не змінюється в часі. Ця концепція призводить до цілеспрямованої, але не гнучкої системи дій, тобто не враховується поточна інформація щодо змін, які проходять в системі і у зовнішньому середовищі при реалізації рішень u^* .

Залежно від обраного показника ефективності можна виділити такі критерії оптимальності:

1) критерій максимального середнього результату. Якщо показником ефективності служить $\overline{M_{zn}}$, то застосування критерію максимуму МОЧ кількості знищених цілей приведе до вибору такого рішення u^* , для якого

$$u^* : \max_{u \in U} \overline{M_{zn}}(u) \quad (1.6)$$

в межах прийнятих обмежень;

2) критерій максимальної гарантії. Критерій ґрунтується на показнику

ефективності в формі імовірності того, що реальний результат прийме значення не нижче потрібного. Якщо в якості показника ефективності використовується імовірність $P(H_{\text{зб}} \geq H^*)$, то результатом використання критерію максимальної гарантії буде вибір рішення u^{**} , для якого

$$u^{**} : \max_{u \in U} P(H_{\text{зб}} \geq H^*) \quad (1.7)$$

в межах прийняття обмежень.

Суть *концепції адаптивності* полягає в зміні параметрів, структури і алгоритмів функціонування системи на основі не тільки апіорної, але і поточної інформації та інформації, що прогнозується, з метою досягнення або збереження визначеної ефективності системи при змінних умовах функціонування останньої. Адаптивність передбачає при цьому можливість оперативного реагування в процесі функціонування системи на поточну інформацію, що поступає щодо змін умов її функціонування.

Велика кількість припустимих рішень може змінюватися в процесі отримання поточної інформації. Згідно концепції адаптивності раціональним слід вважати рішення $u^*(t)$ з множини $U(t)$, яка, наприклад, забезпечує виконання умови

$$\begin{cases} \mathcal{E}_i(u^*(t), \tau) = \text{extr} \mathcal{E}_i(u(t), \tau) \\ G_i(u^*(t), \tau) \geq G_0 \end{cases}, u(t) \in U(t), \quad (1.8)$$

де t – час; τ – упередження прогнозу.

$\mathcal{E}_i(*)$ означає в цьому випадку, що на різних етапах процесу функціонування системи можуть використовуватися різні показники ефективності і різні системи обмежень які дають, як правило, оптимальні рішення, що відрізняються.

В межах концепції адаптивності, яка передбачає можливість перегляду, коригування раніш прийнятого рішення на основі поточної та прогнозової інформації можуть використовуватися різні критерії оптимальності. Практичні задачі з їх застосуванням можна умовно розділити на три типи [20]. Сутність задач першого типу полягає в необхідності вибору найкращого варіанта дій, які забезпечують досягнення сповна визначеного, тобто заданого результату при мінімальній витраті ресурсів. У задачах другого типу обсяг ресурсів, що маємо, фіксований. Виходячи з цього необхідно знайти найкращий варіант їх використання для отримання максимального результату. Задачі, у яких пошук найкращого варіанту здійснюється за відсутності жорстких обмежень як за обсягом ресурсів, що використовуються, так і за кінцевим результатом, відносяться до третього типу.

Класифікація критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності і ризику

З метою дослідження статистичних моделей в умовах ризику і невизначеності виходять, як правило, із схеми, яка передбачає [21-24]:

по-перше, наявність у суб'єкта керування множини взаємно виключних рішень $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, одне з яких йому необхідно прийняти;

по-друге, наявність множини взаємно виключних станів середовища (при цьому суб'єктові керування невідомо, у якому стані середовище буде знаходитись);

по-третє, наявність у суб'єкта керування функціоналу оцінювання $F = \{f_{ij}\}$, що характеризує “виграш” або “програш” під час вибору рішення x_i з X , якщо середовище знаходиться (буде знаходитися) у стані Q_j .

При цьому вважають, що стан, в якому знаходиться середовище, визначається однією з шести можливих інформаційних ситуацій:

$J1$ – характеризується заданим розподілом апіорних ймовірностей на елементах множини Q ;

$J2$ – характеризується заданим розподілом ймовірностей з невідомими параметрами;

$J3$ – характеризується заданою системою лінійних співвідношень на компонентах апіорного розподілу станів середовища;

$J4$ – характеризується невідомим розподілом ймовірностей на елементах множини Q ;

$J5$ – характеризуються антагоністичними інтересами середовища у процесі прийняття рішень;

$J6$ – характеризуються як проміжні між $J1$ та $J5$ при виборі середовища своїх станів.

Функціонал оцінювання F має позитивний інгредієнт, якщо намагається досягнути $\max_{x_i \in X} \{f_{ij}\}$. Для таких випадків записують $F = F^+ = \{f_{ij}^+\}$. Для негативного інгредієнта, якщо намагаються досягнути $\min_{x_i \in X} \{f_{ij}\}$ відповідно записують $F = F^- = \{f_{ij}^-\}$. Визначення функціоналу оцінювання у формі $F = F^+$, як правило, використовується для оптимізації категорії корисності, виграшу, ефективності, ймовірності досягнення цільових подій тощо. У формі $F = F^-$ – використовують для оптимізації збитків, ризику, тощо. Так звана функція ризику визначається як лінійне перетворення позитивно чи негативно заданого інгредієнта функціоналу оцінювання до відносних одиниць вимірювання. Таке перетворення встановлює початок відліку функціоналу оцінювання для кожного стану економічного середовища Q_j :

для $F = F^+$, коли мають зафіксований стан середовища Q_j , знаходять:
 $L_j = \max_{x_i \in X} \{f_{ij}^+\}$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$. Функція ризику визначається у виді $r_{ij} = r_j(x_i) = L_j - f$;
 для $F = F^-$, при фіксованих Q_j знаходять $L_j = \min_{x_i \in X} \{f_{ij}^-\}$, $i = \overline{1, m}$,
 $j = \overline{1, n}$. Функція ризику визначається у вигляді $r_{ij} = r_j(x_i) = f - L_j$.

Формальна складова процесу прийняття рішення за умов невизначеності та ризику полягає у знаходженні за існуючими алгоритмами показників ефективності, що входять у визначення функціоналу оцінювання $F = \{f_{ij}\}$, та проведенні аналізу отриманої матриці ефективності $\Xi = (\xi_{ij})$ за допомогою певного правила (критерію), яке відбиває ступінь впевненості ОНР в очікуваних результатах своїх дій. При цьому прийняття рішень, наприклад, в умовах ризику може бути засноване на використанні критеріїв очікуваного значення, очікуваного значення і дисперсії, відомого граничного рівня та найбільш імовірного результату (події) в майбутньому.

Критерій очікуваного значення.

Використання критерію очікуваного значення обумовлено прагненням максимізувати очікуваний прибуток (або мінімізувати очікувані витрати). Використання очікуваних величин припускає можливість багаторазового рішення одного й того ж завдання, поки не будуть отримані досить точні розрахункові формули. Математично це виглядає так: нехай X – випадкова величина з математичним очікуванням MX і дисперсією DX . Якщо x_1, x_2, \dots, x_n – значення випадкової величини (в.в.) X , то середнє арифметичне їх (вибіркове середнє) значень $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ має дисперсію $\frac{DX}{n}$. Таким чином, якщо $n \rightarrow \infty$, то $\frac{DX}{n} \rightarrow 0$ і $\bar{x} \rightarrow MX$. Іншими словами при досить великому обсязі вибірки різниця між середнім арифметичним і математичним очікуванням прагне до нуля (так звана гранична теорема теорії імовірності). Отже, використання критерію очікуваного значення справедливо тільки у випадку, коли одне й теж рішення доводиться застосовувати досить велику кількість разів. Вірно й зворотнє: орієнтація на очікування для рішень, які доводиться приймати невелике число раз, буде приводити до невірних результатів.

ПРИКЛАД 1.4 [15].

Визначимо доцільний час проведення профілактичного ремонту ПЕОМ, щоб мінімізувати втрати через можливу несправність. У випадку, якщо ремонт

буде проводитись занадто часто, витрати на обслуговування будуть достатньо великими при малих втратах через випадкові поломки. Зважаючи на це та враховуючи, що заздалегідь сформулювати прогноз про час виникнення несправності неможливо, необхідно знайти ймовірність того, коли ПЕОМ вийде з ладу в період часу t . Саме у цьому й полягає елемент ризику.

Рішення. Відомо, що ПЕОМ ремонтується індивідуально за умови непередбачуваної поломки. Через T інтервалів часу в установі здійснюється профілактичний ремонт всіх n ПЕОМ. Необхідно визначити оптимальне значення T , при якому мінімізуються загальні витрати на ремонт несправних ПЕОМ і проведення профілактичного ремонту розраховуючи на один інтервал часу. Нехай p_t – імовірність виходу з ладу однієї ПЕОМ у момент t , а n_t – випадкова величина, що дорівнює числу всіх ПЕОМ, які вийшли з ладу у той же момент. Нехай далі C_1 – витрати на ремонт несправної ПЕОМ і C_2 – витрати на профілактичний ремонт однієї машини. Застосування критерію очікуваного значення в цьому випадку виправдано, якщо ПЕОМ працюють протягом великого періоду часу.

При цьому очікувані витрати на один інтервал складуть

$$OZ = \frac{C_1 \sum_{t=1}^{T-1} (n_t) + C_2 n}{T} = \frac{n \cdot \left(C_1 \sum_{t=1}^{T-1} (p_t) + C_2 \right)}{T},$$

де $M(n_t)$ – МОЧ кількості ПЕОМ, що вийшли з ладу у момент t : $M(n_t) = n \cdot p_t$; (n, p_t) – параметри біноміального розподілу МОЧ.

Необхідні умови оптимальності T^* мають при цьому такий вид:

$$OZ(T^* - 1) \geq OZ(T^*) \quad OZ(T^* + 1) \geq OZ(T^*).$$

Отже, починаючи з малого значення T , обчислюють $OZ(T)$, поки не будуть задоволені необхідні умови оптимальності.

Нехай $C_1 = 100$; $C_2 = 10$; $n = 50$. Значення p_t мають вигляд:

T	p_t	$\sum_{t=1}^{T-1} p_t$	$OZ(T)$
1	0.05	0	$\frac{50(100 \cdot 0 + 10)}{1} = 500$
2	0.07	0.05	375
3	0.10	0.12	366.7
4	0.13	0.22	400
5	0.18	0.35	450

$$T^* \rightarrow 3, OZ(T^*) \rightarrow 366.7.$$

Отже профремонт необхідно робити через $T^* = 3$ інтервали часу.

Критерій “очікуване значення – дисперсія”.

Застосування цього критерію математично може бути викладено так: нехай x – випадкова величина з дисперсією Dx . Тоді середнє арифметичне \bar{x} має дисперсію Dx/n , де n – кількість доданків у \bar{x} . Отже, якщо Dx зменшується, то ймовірність того, що \bar{x} близько до Mx , збільшується. Отже, доцільно ввести критерій, у якому максимізація очікуваного значення прибутку сполучається з мінімізацією її дисперсії.

ПРИКЛАД 1.5 [15].

Застосуємо критерій “очікуване значення – дисперсія” для попереднього прикладу. Для цього знайдемо дисперсію витрат за один інтервал часу[^]

$$Z_T = \frac{C_1 \sum_{t=1}^{T-1} n_t + C_2 n}{T}$$

Так як $n_t, t = \overline{1, T-1}$ – випадкові величини, то Z_T також випадкова величина. Випадкова величина n_t має біноміальний розподіл з $M(n_t) = n \cdot p_t$ і $D(n_t) = n \cdot p_t(1 - p_t)$. Отже,

$$\begin{aligned} D(Z_T) &= D\left(\frac{C_1 \sum_{t=1}^{T-1} n_t + C_2 n}{T}\right) = \left(\frac{C_1}{T}\right)^2 \cdot D\left(\sum_{t=1}^{T-1} n_t\right) = \left(\frac{C_1}{T}\right)^2 \cdot \left(\sum_{t=1}^{T-1} Dn_t\right) = \left(\frac{C_1}{T}\right)^2 \cdot \left(\sum_{t=1}^{T-1} n \cdot p_t(1 - p_t)\right) = \\ &= \left(\frac{C_1}{T}\right)^2 \cdot \left[\left(\sum_{t=1}^{T-1} p_t\right) - \left(\sum_{t=1}^{T-1} p_t^2\right)\right] \end{aligned}$$

де $C_{2n} = const$. З попереднього прикладу виходить, що $M(Z_T) = M(Z(T))$.

Таким чином шуканим критерієм буде мінімум виразу $M(Z(T)) + k \cdot D(Z_T)$.

Зауваження. Константу “ k ” у цьому випадку можна розглядати як рівень не схильності до ризику. Вона визначає “ступінь можливості” дисперсії $D(Z_T)$ стосовно МОЧ. Наприклад, якщо керівник певного рівня, гостро реагує на великі негативні відхилення прибутку униз від $M(Z(T))$, то він може вибрати “ k ” багато більше 1. Це надає більшу вагу дисперсії й приводить до рішення, яке зменшує ймовірність втрат прибутку. При $k=1$ одержуємо завдання

$$M(Z(\dot{O})) + k \cdot D(Z_{\dot{O}}) = n \left\{ \left(\frac{C_1}{T} + \frac{C_1^2}{T^2} \right) \sum_{t=1}^{T-1} p_t - \left(\frac{C_1}{T} \right)^2 \sum_{t=1}^{T-1} p_t^2 + \frac{C_2^2}{T} \right\}$$

За даними з попереднього прикладу можна скласти таблицю, з якої видно, що профілактичний ремонт необхідно робити протягом кожного інтервалу $T^* = 1$.

T	p_t	p_t^2	$\sum_{t=1}^{T-1} p_t$	$\sum_{t=1}^{T-1} p_t^2$	$M(Z(T))+k \cdot D(Z_T)$
1	0.05	0.0025	0	0	500.00
2	0.07	0.0049	0.05	0.0025	6312.50
3	0.10	0.0100	0.12	0.0074	6622.22
4	0.13	0.0169	0.22	0.0174	6731.25
5	0.18	0.0324	0.35	0.0343	6764.00

Критерій граничного рівня.

Критерій граничного рівня не дає оптимального рішення, що максимізує, наприклад, прибуток або мінімізує витрати. Скоріше він відповідає визначенню прийняттого способу дій.

ПРИКЛАД 1.6 [15].

Припустимо, що величина попиту x в одиницю часу (інтенсивність попиту) на деякий товар задається безперервною функцією розподілу $f(x)$. Якщо запаси в початковий момент невеликі, надалі можливий дефіцит товару. У протилежному випадку до кінця розглянутого періоду запаси нерезалізованого товару можуть виявитися дуже великими. В обох випадках можливі втрати.

Так як визначити втрати від дефіциту дуже важко, особа що приймає рішення може встановити необхідний рівень запасів таким чином, щоб величина очікуваного дефіциту не перевищувала A_1 одиниць, а величина очікуваних надлишків не перевищувала A_2 одиниць. Іншими словами, нехай I – шуканий рівень запасів. Тоді

$$\text{сподіваний дефіцит} = \int_I^{\infty} (x - I) f(x) dx \leq A_1,$$

$$\text{очікувані надлишки} = \int_0^I (I - x) f(x) dx \leq A_2.$$

При довільному виборі A_1 і A_2 зазначені умови можуть виявитися суперечливими. У цьому випадку необхідно послабити одне з обмежень, щоб забезпечити допустимість.

$$\text{Нехай, наприклад, } f(x) = \begin{cases} \frac{20}{x^2}, & \text{якщо } 10 \leq x \leq 20 \\ 0, & \text{якщо } x < 10 \text{ або } x > 20 \end{cases}.$$

$$\begin{aligned} \text{Тоді} \quad \int_I^{20} (x - I) f(x) dx &= \int_I^{20} (x - I) \frac{20}{x^2} dx = 20 \left(\ln \frac{20}{I} + \frac{I}{20} - 1 \right), \\ \int_{10}^I (I - x) f(x) dx &= \int_{10}^I (I - x) \frac{20}{x^2} dx = 20 \left(\ln \frac{10}{I} + \frac{I}{10} - 1 \right). \end{aligned}$$

Застосування критерію граничного рівня призводить до нерівностей:

$$\ln I - \frac{I}{20} \geq \ln 20 - \frac{A_1}{20} - 1 = 1.996 - \frac{A_1}{20}, \quad \ln I - \frac{I}{10} \geq \ln 10 - \frac{A_2}{20} - 1 = 1.302 - \frac{A_2}{20}.$$

Граничні значення A_1 і A_2 повинні бути обрані таким чином, щоб обидві нерівності виконувалися хоча б для одного значення I . Наприклад, якщо $A_1 = 2$ і $A_2 = 4$, нерівності приймають вид:

$$\ln I - \frac{I}{20} \geq 1.896 \quad \text{та} \quad \ln I - \frac{I}{10} \geq 1.102.$$

Значення I повинне перебувати між 10 і 20, тому що саме в цих межах змінюється попит. З таблиці видно, що обидві умови виконуються для I , з інтервалу (13,17)

I	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\ln I - \frac{I}{20}$	1.8	1.84	1.88	1.91	1.94	1.96	1.97	1.98	1.99	1.99	1.99
$\ln I - \frac{I}{10}$	1.3	1.29	1.28	1.26	1.24	1.21	1.17	1.13	1.09	1.04	0.99

Кожне із цих значень задовольняє умовам завдання.

Критерій найбільш імовірного результату.

Цей критерій припускає заміну випадкової ситуації детермінованою шляхом заміни випадкової величини прибутку (або витрат) єдиним значенням, що має найбільшу ймовірність реалізації. Використання критерію, як і в попередніх випадках значною мірою спирається на досвід та інтуїцію ОПР. При цьому необхідно враховувати дві обставини, що ускладнюють або взагалі унеможливають його застосування:

коли декілька значень ймовірностей можливого результату дорівнюють один одному;

коли найбільша ймовірність події неприпустимо мала;

Класифікація критеріїв вибору рішень в умовах невизначеності приведена на рис. 1.9 [25, 26]. Максимінний критерій, критерій Байєса-Лапласа та критерій Свіджа є класичними критеріями прийняття рішень в умовах невизначеності.

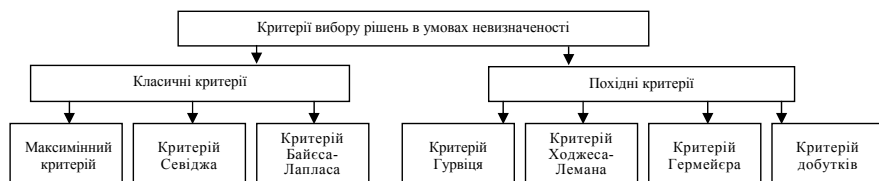


Рис. 1.9. Класифікація критеріїв вибору та прийняття рішень в умовах невизначеності

Максимінний критерій або критерій Уолда (Вальда) відповідає стратегії крайньої обережності і є критерієм песимізму. Ґрунтується на максимінному принципі для $F = F^+$, що полягає у прийнятті такого рішення, яке задовольняє умові
$$\tilde{f}_{\text{опт}}^+ = \max_{x_i \in X} \{f_{ij}^+\} = \max_{x_i \in X} \min_{Q_j \in Q} \{f_{ij}^+\}. \quad \text{Є}$$
 характерним для п'ятої інформаційної ситуації (J5).

Алгоритм: у кожному стовпці матриці береться мінімальний елемент, а потім з цих мінімальних елементів вибирається максимальний. Параметри об'єкта, що відповідають варіанту, при якому отриманий цей елемент матриці і будуть оптимальними.

Фізичний зміст! Шукаємо максимум серед самих гірших умов у надії на те, що при кращих умовах ефективність буде не гірше: $\max_i \left(\min_j R_{ij} \right)$.

Застосування такого “обережного” критерію виправдано в тому випадку, коли рішення приймається “один раз і на все життя”. Він недовикористовує можливості “а раптом гірших умов не буде”.

Критерій Байєса-Лапласа виходить з ідеї усереднення можливих втрат по всій безлічі умов функціонування проекту. Даний критерій розрахований на те, що умови можуть бути “погані” і “гарні”, а треба розраховувати на середні значення виходячи з їх впливу на ефективність. Тому доволі часто його називають критерієм середніх (сподіваних) затрат (критерієм ризику при $F = F^-$).

Суть критерію – максимізація математичного сподівання функціоналу оцінювання. Він тісно пов'язаний з аксіомами теорії корисності (аксіома Неймана та Моргенштерна), де сумарна сподівана корисність визначається як математичне сподівання корисностей окремих результатів. Даний критерій є характерним для першої інформаційної ситуації (J1).

Критерієм Байєса-Лапласа доцільно користуватися за таких обставин:

коли відома імовірність появи стану проекту F_j та вона не залежить від часу;

коли рішення реалізується достатньо велику кількість разів (не менше 50), або при його реалізації допускається деякий ризик.

Алгоритм: по кожному стовпчику шукаємо МОЧ (середнє значення) його елементів. Усього цих МОЧ буде цілий рядок. З отриманих МОЧ вибираємо максимальне. Номер цього стовпця і визначає оптимальний варіант.

Фізичний зміст! Розрахунок на імовірність появи середніх умов.

Критерій Байєса-Лапласа вигідно застосовувати, коли рішення реалізується багато разів, а імовірність появи умов не залежить від часу.

Для повної сукупності незалежних станів проекту (n) сума імовірностей дорівнює 1: $\sum_{j=1}^n P_j = 1$. Тобто, у випадку коли імовірність P_j появи того, чи іншого стану проекту F_j не визначена, для застосування критерію Байєса-Лапласа припускається, що вони однакові. Якщо максимум досягається на декількох рішеннях, то такі рішення називають еквівалентними.

Математично критерій Байєса-Лапласа має такий вигляд (МОЧ): $\max_i \left(\sum_{j=1}^n (P_j \cdot R_{ij}) \right)$.

Критерій Севіджа або критерій жалю (був запропонований у 1951 році і на даний час є одним із основних критеріїв, що задовольняє принципові мінімаксу) спирається на поняття штрафу, що приходится платити ОПР за відхилення показника ефективності \mathcal{E} від іншого значення. Матриця штрафу (матриця втрат) обчислюється за формулою:

$$b_{ij} = R_{ij} - \left(\min_i R_{ij} \right), \quad (1.9)$$

тобто в кожному стовпці треба спочатку знайти свій мінімальний елемент, а потім відняти його від кожного елемента даного стовпця.

У критерії Севіджа функціонал оцінюється вираженням у формі ризику $F = F^-$. Згідно з цим критерієм оптимальним рішенням є таке, що задовольняє умові $\tilde{f}_{i_{opt}}^- = \min_{x_i \in X} \{f_{ij}^-\} = \min_{x_i \in X} \max_{Q_j \in Q} \{f_{ij}^-\}$.

Алгоритм:

1) одержати матрицю штрафів, як показано вище, тобто в кожному стовпці треба спочатку знайти свій мінімальний елемент, а потім відняти його від кожного елемента даного стовпця;

2) у кожному рядку матриці штрафів знайти максимальний елемент, тобто сформувати рядок максимальних штрафів;

3) у рядку максимальних штрафів знайти мінімальний: $\min_j \left(\max_i b_{ij} \right)$, що й визначить оптимальний варіант.

Фізичний зміст! Це більш оптимістичний критерій, чим мінімаксий. За основу тепер беруться не мінімальні, а максимальні елементи матриці ефективності і відшукується такий варіант, що при найбільш несприятливих умовах мінімізує штраф. Тобто, менеджер мінімізує потенційну помилку від прийняття невірною рішення шляхом обрання стратегії, яка мінімізує максимальні втрати.

Критерії Вальда, Байєса-Лапласа та Севіджа є песимістичними в тому розумінні,

що з кожним рішенням вони поєднують стан середовища, що призводить до гарантованих (безризикових) наслідків для прийнятого суб'єктом управління рішення. Взагалі ж, вони приводять до різних рішень одного й того ж самого питання. При цьому обґрунтованість остаточного рішення підвищується, якщо той самий варіант виявляється кращий відразу по декількох критеріях.

Критерій Гурвіця є самим гнучким критерієм. З його допомогою можна врахувати всі ступені оптимізму ОПР: від крайнього песимізму до азарту під час так названого “везіння”. Особливістю цього критерію є те, що він передбачає не повний антагонізм середовища, а лише частковий. Сутність критерію Гурвіця полягає в знаходженні оптимального рішення $x_{i_{opt}}$ (або множини таких рішень X), для якого виконується умова:

$$\lambda \cdot \min_{Q_j \in Q} f_{i_{opt}}^{1+} + (1 - \lambda) \cdot \max_{Q_j \in Q} f_{i_{opt}}^{2+} = \max_{x_i \in X} \left\{ \lambda \cdot \min_{Q_j \in Q} f_{ij}^+ + (1 - \lambda) \cdot \max_{Q_j \in Q} f_{ij}^+ \right\} \text{ при } 0 \leq \lambda \leq 1. \quad (1.10)$$

Якщо позначити $f_i^1 = \min_{Q_j \in Q} f_{ij}^+$, а $f_i^2 = \max_{Q_j \in Q} f_{ij}^+$, то для фіксованого $\lambda \in [0,1]$ з кожним рішенням $x_i \in X$ можна поєднати показник $f_{\lambda i} = \lambda \cdot f_i^1 + (1 - \lambda) \cdot f_i^2$, який будемо називати показником Гурвіця λ рішення $x_i \in X$.

Алгоритм:

- 1) вибрати значення коефіцієнта λ в межах від 0 до 1;
- 2) у кожному стовпчику взяти мінімальний і максимальний елементи й обчислити показник за формулою: $\mathcal{E}_j = \lambda \cdot \min_i \mathcal{E}_{ij} + (1 - \lambda) \cdot \max_i \mathcal{E}_{ij}$. З показників \mathcal{E}_j утворити додатковий рядок матриці;
- 3) у цьому рядку знайти максимальний елемент, що і визначає оптимальний варіант.

Фізичний зміст! Дозволяє вибрати варіанти з будь-яким ступенем ризику: при $\lambda = 0$ - азарт, при $\lambda = 1$ - повний песимізм, що видно з формули.

Критерій Гурвіця може застосовуватися, коли про імовірності появи умов нічого невідомо, і приходиться вважатися з кожним з них. Він припускає можливість невеликого ризику і не орієнтований на багаторазове використання в тих самих умовах.

Критерій Ходжеса-Лемана комбінує максимінний критерій і критерій Байєса-Лапласа. Він дозволяє використати можливу інформацію, яку має суб'єкт керування, але в той самий час забезпечує заданий рівень гарантії у випадку, коли ця інформація неточна.

Алгоритм:

- 1) ОПР вибирає коефіцієнт B у межах від 0 до 1;
- 2) у кожному стовпці обчислюється МОЧ (середнє значення) і відшукується мінімальний елемент;

3) для кожного стовпця розраховується показник ефективності за формулою:

$$\mathcal{E}_j = B \cdot \min_i \mathcal{E}_{ij} + (1 - B) \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{ij}; \quad (1.11)$$

4) з отриманого рядка вибирається максимальний елемент, що і відповідає оптимальному варіанту.

Фізичний зміст! Цей критерій виключає стратегію гравця. При $B=1$ - це максимінний критерій, а при $B=0$ - це критерій Байеса-Лапласа.

Критерій Гермейсра у відмінності від всіх інших виходить не з ефективності, а з витрат, зв'язаних з реалізацією варіантів побудови проекту. У народному господарстві це гроші, а у військовій справі: витрата ракет і боеприпасів, утрати своїх військ і т.д..

Формується матриця витрат або втрат: $Z = (Z_{i,j})$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$. Тоді $E_{opt} = \min_j \max_i Z_{ij} \cdot Q_i$, де Q_i - імовірність появи умов F_i .

Алгоритм:

- 1) у кожному стовпці відшукується мінімум витрат;
- 2) з отриманих мінімумів шукається максимум і цей варіант приймається за оптимальний.

Фізичний зміст! Забезпечує мінімальні втрати для найбільш ймовірних умов. Критерій вигідний, коли імовірності появи умов відомі, а рішення реалізується багаторазово. Дуже гарний для "бізнесу".

Критерій добутків.

В його основі лежить припущення про монотонність впливу кожної умови на ефективність.

Алгоритм:

1) перемножуються всі елементи кожного стовпця і виходить рядок добутків \mathcal{E}_j -х;

2) у цьому рядку вибирається максимальний елемент. Цей варіант береться за оптимальний.

ПРИКЛАД 1.7 [15].

Припустимо, що існує три можливих варіанта для вибору сільськогоспода-

рської культури, яку слід вирощувати (A1, A2, A3), яка в різних погодних умовах (S1, S2, S3) має різну урожайність. Необхідно визначити, яку культуру слід сіяти в умовах повної відсутності інформації про майбутній стан погоди за умови, що ОНР на 60% – песиміст і на 40% – оптиміст.

	S1	S2	S3
A1	23	35	12
A2	15	30	25
A3	40	20	10

Рішення.

Застосуємо розглянуті вище критерії для обрання оптимальної стратегії.

1. *Максимінний критерій або критерій Волда (Вальда).*

	S1	S2	S3	minR _{ij}
A1	23	35	12	12
A2	15	30	25	15
A3	40	20	10	10

$$\max_i \left(\min_j R_{ij} \right) = 15.$$

Перевагу слід віддати культурі A2.

2. *Критерій оптимізму (надзвичайного оптимізму).*

	S1	S2	S3	maxR _{ij}
A1	23	35	12	35
A2	15	30	25	30
A3	40	20	10	40

$$\max_i \left(\max_j R_{ij} \right) = 40.$$

Перевагу слід віддати культурі A3.

3. *Критерій Гурвіця.*

$$\begin{aligned} A1: & 12 * 0,6 + 35 * 0,4 = 21,1; \\ A2: & 15 * 0,6 + 30 * 0,4 = 21,0; \\ A3: & 10 * 0,6 + 40 * 0,4 = 22,0. \end{aligned}$$

Перевагу необхідно віддати культурі A3.

4. *Критерій Байєса-Лапласа.*

Згідно з умовою задачі, немає інформації про вірогідність настання того чи іншого стану погоди. У такому випадку: $P_1 = P_2 = P_3 = \frac{1}{3}$.

$$\begin{aligned} A1: & 23 * \frac{1}{3} + 35 * \frac{1}{3} + 12 * \frac{1}{3} = 70/3; \\ A2: & 15 * \frac{1}{3} + 30 * \frac{1}{3} + 25 * \frac{1}{3} = 70/3; \\ A3: & 40 * \frac{1}{3} + 20 * \frac{1}{3} + 10 * \frac{1}{3} = 70/3. \end{aligned}$$

Стратегії за цим критерієм рівнозначні і зробити вибір найкращої неможливо.

5. *Критерій Севіджа або критерій жалю.*

Розрахуємо матрицю втрат за формулою: $b_{ij} = R_{ij} - \left(\min_i R_{ij} \right) /$

	S1	S2	S3
A1	23-15=8	35-20=15	12-10=2
A2	15-15=0	30-20=10	25-10=15
A3	40-15=25	20-20=0	10-10=0

Нова матриця втрат

	S1	S2	S3	maxB _{ij}
B1	8	15	2	15
B2	0	10	15	15
B3	25	0	0	25

Найкращою є та стратегія, яка забезпечує мінімальні втрати, тобто відповідає формулі: $\min_j(\max_i b_{ij})$. У нашій задачі це культура А1 або А2.

ПРИКЛАД 1.8 [15].

Оцінити існуючі альтернативи, характеристики яких задані таблично.

Показники					
Альтернативи	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	70	20	7	3	-2
2	60	17	6	1	-4
3	30	15	9	6	2
4	40	16	8	5	1
5	50	14	7	2	-2
6	40	12	5	4	3
Імовірність - p	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3

Рішення.

На першому етапі, застосувавши критерій Парето і відкинувши 2-гу та 5-ту альтернативи, які є домінуючими (тобто використання яких є не вигідно) отримаємо таку таблицю:

Показники					
Альтернативи	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	70	20	7	3	-2
3	30	15	9	6	2
4	40	16	8	5	1
6	40	12	5	4	3
Імовірність - p	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3

На другому етапі для обрання оптимальної стратегії застосуємо розглянуті вище критерії.

1. *Максимінний критерій або критерій Волда (Вальда):* $v = \max_i(\min_j R_{ij})$.

$v = \max(-2; 2; 1; 3) = 3$ – критерій крайнього песимізму.

Висновок: оптимальною є 6-та альтернатива.

2. *Критерій оптимізму (надзвичайного оптимізму):* $v = \max_i(\max_j R_{ij})$.

$v = \max(70; 30; 40; 40) = 70$ – критерій крайнього оптимізму.

Висновок: оптимальною є 1-а альтернатива.

3. *Критерій Гурвіця:* $v = \max_i(\lambda \cdot \min_j R_{ij} + (1 - \lambda) \cdot \max_j R_{ij})$, де λ - коефіцієнт

песимізму. Припустимо, що $\lambda = 0.3$. Тоді матимемо:

$v_1 = 0.3 \cdot (-2) + (1 - 0.3) \cdot 70 = 48.4$; $v_2 = 0.3 \cdot 2 + (1 - 0.3) \cdot 30 = 21.6$;

$v_3 = 0.3 \cdot 1 + (1 - 0.3) \cdot 40 = 28.3$; $v_4 = 0.3 \cdot 3 + (1 - 0.3) \cdot 40 = 28.9$.

$v = \max(48.4; 21.6; 28.3; 28.9) = 48.4$

Висновок: при $\lambda = 0.3$, оптимальною є 1-а альтернатива.

$$4. \text{Критерій Байєса-Лапласа: } v = \max_i \left(\sum_{j=1}^n (P_j \cdot R_{ij}) \right).$$

Згідно з умовою задачі, задана вірогідність з якою може бути обрана та чи інша характеристика кожної альтернативи: $p = (0.1; 0.2; 0.1; 0.3; 0.3)$.

Виходячи з цього:

$$\begin{aligned} v_1 &= 70 \cdot 0.1 + 20 \cdot 0.2 + 7 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.3 + (-2) \cdot 0.3 = 12; \\ v_2 &= 30 \cdot 0.1 + 15 \cdot 0.2 + 9 \cdot 0.1 + 6 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3 = 9.3; \\ v_3 &= 40 \cdot 0.1 + 16 \cdot 0.2 + 8 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.3 + 1 \cdot 0.3 = 9.8; \\ v_4 &= 40 \cdot 0.1 + 12 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.3 + 3 \cdot 0.3 = 9; \\ v &= \max(12; 9.3; 9.8; 9) = 12. \end{aligned}$$

Висновок: оптимальною є 1-а альтернатива.

$$5. \text{Критерій Севіджа або критерій жалю: } b_{ij} = R_{ij} - (\min_i R_{ij})$$

Показники Альтернативи	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	$\max B_{ij}$
1	70-30=40	20-12=8	7-5=2	3-3=0	-2-(-2)=0	40
3	30-30=0	15-12=3	9-5=4	6-3=3	2-(-2)=4	4
4	40-30=10	16-12=4	8-5=3	5-3=2	1-(-2)=3	10
6	40-30=10	12-12=0	5-5=0	4-3=1	3-(-2)=5	10

Висновок: за критерієм Севіджа найкращою є та стратегія, яка забезпечує мінімальні втрати при підвищенні рівня ТТХ (показників), тобто відповідає формулі: $\min_j (\max_i b_{ij})$. У нашій задачі це 3-тя, 4-та та 6-та альтернативи.

Фактори, що впливають на ефективність управлінського рішення

Одним з основних питань при рішенні проблеми оцінювання ефективності прийнятого рішення є виявлення факторів, що впливають на нього. Під фактором розуміється причина, рушійна сила, що проявляється при прийнятті рішень і або сприяє, або перешкоджає їх ефективності. Фактори найчастіше ділять на внутрішні та зовнішні. При системному аналізі впливу факторів на ефективність прийнятих рішень застосовують таку класифікаційну систему: людський фактор, інформаційний фактор, фактор засобів праці та групу системних факторів. Вона базується на положеннях теорії систем, тому що всі фактори взаємозалежні, взаємозалежні та взаємообумовлені.

До складових частин *людського фактора* можна віднести:

- професійні якості (рівні професійної кваліфікації, досвіду роботи, організаторських здатностей, дисципліни, творчої активності);
- духовні якості (рівні внутрішньої, правової та екологічної культури, рівень свободи особи);

– соціально-психологічні якості (інтелектуально-пізнавальний та емоційно-вольовий компоненти, індивідуально-особистісні характеристики).

Ці компоненти взаємозалежні й у комплексі проявляються при прийнятті управлінських рішень через систему цінностей, установок і т.д.

До складових частин *інформаційного фактора* можна віднести такі компоненти: структурний состав інформації й систему інформаційного забезпечення (рівень забезпечення інформацією).

Вплив інформаційного фактора проявляється, як показує аналіз, через організацію циркуляції інформації в каналах системи управління, що призводить до невідповідності якісних і кількісних характеристик інформації процесу прийняття рішень. При прийнятті управлінських рішень необхідно враховувати ризик, що характеризує рівень визначеності, з якого можна прогнозувати результати.

Під *факторною дією засобів праці* розуміються причини, що призводять до оптимізації управлінської діяльності ОПР при впровадженні нової техніки, механізації й автоматизації процесу керування. Знайомство з результатами виконаних досліджень дозволяє зробити висновки про зміни компонентів людського фактора (у першу чергу професійного), функціональної структури системи управління та форм організації праці при зміні засобів управлінської діяльності.

До складових частин *системних факторів* можна віднести такі компоненти: фактор відповідності системи, механізми управління та наукової організації управлінської діяльності. Сутність системного впливу факторів визначається положеннями теорії систем (як окремі елементи, об'єднані в систему, надають їй нові якості, так і система факторів впливає на роботу персоналу управління, привносить нові характеристики в ефективність ухвалених рішень). При цьому фактор відповідності керуючої і керованої систем та відповідність мети організації є виконанням вимог закону гармонії і необхідної розмаїтості в системі управління.

Механізм управління – сукупність мети організаційних форм структури управління, методів, важелів і стимулів управління. У це поняття входять методи управління та методи ухвалення рішення. Натурні дослідження показують, що в рамках того або іншого механізму можна застосувати відповідні йому методи і засоби. ОПР при цьому завжди перебуває в поле відносин. Він змушений дотримуватись писаних і неписаних законів організації, керованої відповідним механізмом управління. До складових частин механізму наукової організації управлінської праці, як фактора, можна віднести компоненти поділу та кооперацію

праці, організації робочих місць, умов праці, нормування та стимулювання праці.

Виходячи з викладено можна виділити найбільш важливі фактори, що впливають на процес прийняття рішення в організаціях. До них належать:

ступінь ризику – фактор, який при прийнятті рішення керівники враховують свідомо або підсвідомо, так як він пов'язаний із зростанням відповідальності;

час, що є у розпорядженні ОПР для прийняття рішення – фактор, який враховує можливість керівників виходячи з дефіциту часу проаналізувати усі можливі альтернативні варіанти рішення;

ступінь підтримки керівника колективом – фактор, який враховує ступінь порозуміння між керівником та підлеглими;

особисті здібності керівника – фактор, який враховує здібності керівника до того, щоб приймати вірні рішення;

політика організації – фактор, який при прийнятті рішення враховує статус, владу, престиж, легкість виконання, тобто усе те, що може вплинути на прийняття певного рішення.

1.4 Поняття системи та її властивостей. Основні принципи та інструменти створення і багатокритеріального оцінювання складних соціотехнічних систем

Під **системою** взагалі слід розуміти, як відомо [27–30], *цілісність взаємопов'язаних елементів та взаємозв'язків між ними, яким притаманні певні властивості, мета, цілі та функції*. Систему, як правило, характеризує структура, що відбиває взаємодію між її елементами і впливає з властивостей останніх або оточення; а також функціонал, що регламентує відношення певного елемента до системи у цілому та можливість управління нею. Якщо в системах існують не тільки однібічні причинно-наслідкові залежності, то говорять про комплексні, або інакше про складні системи. Їх основними властивостями, які визначаються як зворотними зв'язками системи, так і властивостями окремих її елементів, як правило є [31]:

інтегративність – визначає фактори, які утворюють і зберігають систему;

комунікативність – степінь зв'язку з зовнішнім середовищем;

рівновага – це здатність зберігати деякий стан при відсутності збурень;

стійкість – здатність системи повертатись до попереднього стану, після того як вона була з нього виведена;

адаптація – здатність системи до цілеспрямованого пристосування.

Серед множини діючих складних систем можна виділити нині *технічні, ергатичні, технологічні, економічні, соціальні, організаційні та управлінські* системи. Так, наприклад, еволюційний розвиток **соціальних систем** можна

зобразити схемою, поданою на рис. 1.10.

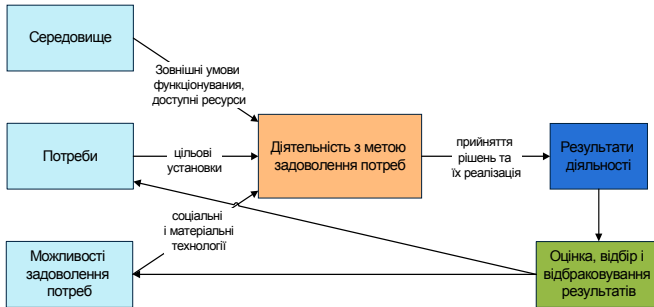


Рис. 1.10. Еволюційний розвиток соціальних систем

Вони включають ті елементи «людського фактора», які впливають: на кожного окремого індивідуума та їх групи, а також на їх відношення до роботи; на організаційну культуру; на керівництво та управління в цілому. Складні **технічні системи** являють собою *матеріальні системи, які за певними алгоритмами але без участі людини вирішують заздалегідь визначені завдання*. Вони включають такі змінні у технології роботи: коли і де повинно виконуватися завдання, як завдання повинно виконуватися, який взаємозв'язок між виконуваними завданнями. Складні **ергатичні** або інакше **соціотехнічні системи** – це системи, складовим елементом яких є людина-оператор, знання, уміння, настрої, ціннісні переваги та відношення до виконуваних обов'язків якої у взаємодії з технічним пристроєм в процесі, наприклад, виробництва матеріальних цінностей, управління певними процесами, обробки інформації тощо сприяють підвищенню ефективності вирішення визначених завдань або поліпшенню їх результативності (рис. 1.11).

Концепція соціотехнічних систем була розроблена англійськими вченими Е.Трістом та К.Бемфортом з Тевістокського інституту суспільних відношень, які займались дослідженням процесів механізації добування вугілля у Великобританії. Отримані ними результати дозволили зробити висновок про взаємозв'язок та взаємну обумовленість двох частин цілісної системи – технічної, представлені інструментами та обладнанням й соціальної, яка включає людей, відношення між ними та інституціональні установки, а також характеристики соціотехнічної системи, головними серед яких є:

1) організаційна філософія, що базується на розумінні працівниками своїх цілей і призначення підприємства, їхня постійна готовність розділити з адміністрацією всю повноту відповідальності за результати господарської діяльності;

- 2) організаційна структура управління, що забезпечує рядовим робітникам та службовцям реальні права по участі в керуванні;
- 3) новий підхід до розробки робочих місць і роль виконавця в процесі прийняття управлінських рішень;
- 4) нова схема розміщення встаткування, що відповідала б потребам перспективної форми організації праці й забезпечувала б прискорення матеріальних потоків на виробництві;
- 5) нові форми й методи підготовки й перепідготовки кадрів, більш гнучка кадрова політика, спрямована на гарантування зайнятості;
- 6) нові критерії в оцінці економічної ефективності використання сучасних технологій та здійснення капіталовкладень у розвиток виробництва.

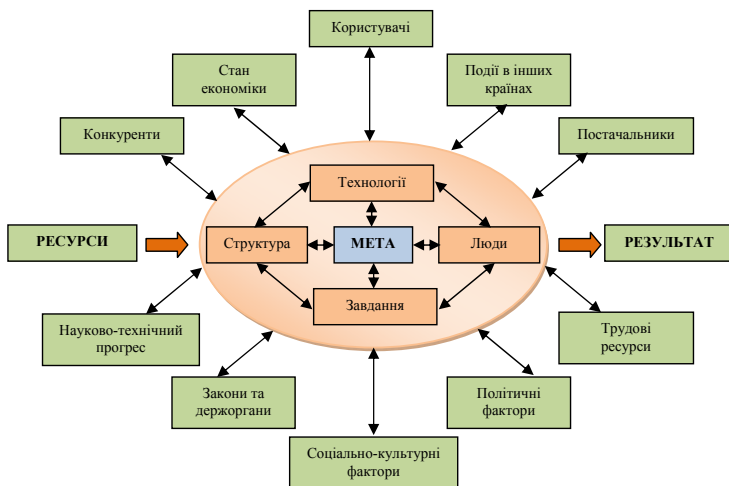


Рис.1.11. Структурно-логічна схема соціотехнічної системи

Одним із найбільш відомих загальнометодологічних принципів створення складних соціотехнічних систем є **системний підхід** [32–35] – *напрямок методології наукового пізнання, в основі якого лежить розгляд явищ (процесів, об'єктів), як систем* (рис. 1.12), основними етапами якого є формування проблеми, виділення цілі або сукупності цілей, визначення альтернативних засобів, за допомогою яких можна досягти цілі, визначення ресурсів, необхідних при використанні кожної системи, побудування математичної моделі, тобто ряду залежностей між цілями й альтернативними засобами їхнього досягнення, визначення критеріїв вибору кращої альтернативи.

Основні принципи системного підходу:

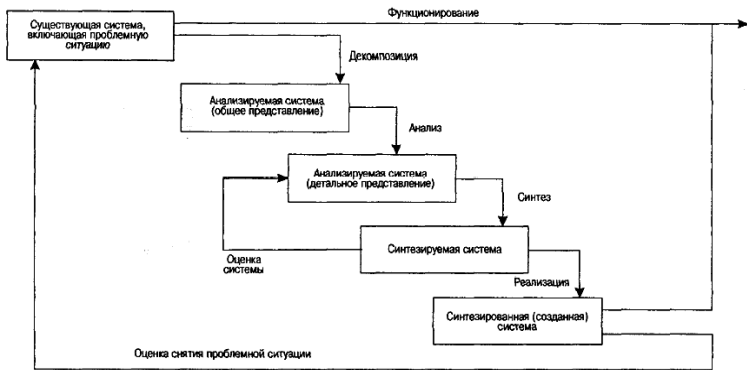


Рис. 1.12. Системний підхід до рішення проблемної ситуації

принцип системності або *єдності* (вимагає розгляду, вивчення об'єктів досліджень як систем. Передбачає сумісний розгляд системи і як цілого, і як сукупності компонентів – елементів, підсистем, системотворчих відношень);

принцип кінцевої мети (зводиться до абсолютного пріоритету кінцевої або глобальної мети – основної функції, основного призначення тощо);

принцип зв'язності (довільна компонента системи розглядається сумісно з її зв'язками з оточенням);

принцип модульності (у багатьох випадках в системі доцільно реалізувати декомпозицію на складові різного ступеня загальності та розглядати її як сукупність певних модулів і зв'язків між ними);

принцип ієрархічності пізнання (в більшості випадків в системі доцільно реалізувати ієрархічну побудову та/або впорядкування її складових за важливістю). Принцип вимагає трірівневого вивчення об'єкту, а саме: вивчення самого об'єкту ("власний" рівень); вивчення цього ж об'єкту як елементу більш складної системи ("зовнішній" рівень); вивчення цього об'єкту у відповідності з його складовими ("нижчий" рівень);

принцип функціональності (вимагає спільного розгляду структури і функцій об'єкту з пріоритетом функцій над структурою. На практиці принцип функціональності зокрема означає, що у випадку надання системі нових функцій корисно переглянути її структуру, а не намагатися втілити нову функцію в стару схему реалізації системи);

принцип розвитку (повинен закладатися при побудові штучних систем як здатність до вдосконалення, розвитку системи за умови збереження якісних особливостей. Межі розширення функцій та модернізації повинні бути чітко усвідомленими творцями штучної системи, тому що існують доцільні межі її

універсальності. Можливості для розвитку закладаються шляхом надання системі властивостей до самонавчання, самоорганізації, штучного інтелекту);

принцип децентралізації (в управлінні системою співвідношення між централізацією та децентралізацією визначається призначенням та метою системи. Загальним у цьому випадку має бути таке: ступінь централізації повинен бути мінімальним, що забезпечить досягнення остаточної мети);

принцип невизначеності (стверджує, що в багатьох випадках ми працюємо з системою, про яку або не все знаємо, або не все розуміємо у її поведінці. Тому невизначеності та випадковості повинні братися до уваги при визначенні стратегії та тактики розвитку системи);

принцип формалізації (підкреслює, що системний підхід націлений на отримання кількісних характеристик, створення методів, що звужують неоднозначність понять, визначень, оцінок тощо);

принцип інтеграції (відображає спрямованість системного підходу на вивчення інтегративних властивостей та закономірностей системи, розкриття базисних механізмів інтеграції цілого).

Сукупність означених методологічних принципів і теоретичних положень системного підходу дозволяють розглядати об'єкт дослідження як цілісну систему, відносно відокремлену від зовнішнього середовища і разом з тим пов'язану з ним, тобто у тісному зв'язку й взаємодії з іншими об'єктами, простежувати зміни, що відбуваються у системі, вивчати специфічні системні якості, робити обґрунтовані висновки щодо закономірностей розвитку системи й визначати оптимальний режим її функціонування. Основними інструментами системного підходу є **системний аналіз** та **синтез**. Аналіз і синтез – загальнонаукові методи, без яких не може обійтися жоден акт наукового дослідження, є протилежно спрямованими (аналіз – від цілого до частини, синтез – від частин до цілого) і разом з тим нерозривно зв'язаними способами пізнання [32, 35].

Системний аналіз – це *методологія дослідження таких властивостей та відношень в об'єктах, які важко спостерігаються та важко розуміються, за допомогою представлення цих об'єктів у вигляді окремих складових частин, елементів, ознак і протилежностей цілеспрямованих систем, вивчення властивостей і взаємних відношень цих систем як відношень між цілями та засобами їх реалізації. Системний аналіз усяджував шість основних етапів системного підходу* (рис. 1.13). Від інших методів дослідження він відрізняється тим, що:

враховує принципову складність об'єкта, що досліджується;

враховує неможливість спостереження ряду властивостей об'єкта та оточуючого середовища;

бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки його з оточенням; реальні явища, їх властивості та зв'язки з оточенням переводяться далі в абстрактні категорії теорії систем;

грунтуючись на відомих властивостях складних систем дозволяє виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження;

на відміну від інших методів, в яких точно визначені об'єкти, включає як один з важливих етапів визначення об'єкта, його знаходження чи конструювання;

орієнтується не на розв'язання «правильно сформульованих» задач, а на створення правильної постановки задачі, вибір відповідних методів для її розв'язання.

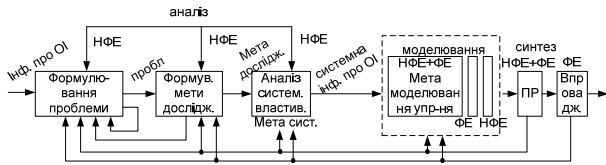


Рис. 1.13. Взаємозв'язок основних етапів системного аналізу

Основне в системному аналізі – знайти шлях, яким можна перетворити складну проблему в простішу, яким чином не лише складну до розв'язання, але й для розуміння, проблему перетворити в послідовність задач, для яких існують методи їх розв'язання. Системний аналіз завжди конкретний – завжди має справу з конкретною проблемою, конкретним об'єктом дослідження, є продуктивним тоді, коли застосовується до розв'язання завдань певного типу. Він, як правило, спрямований на розв'язання складних слабо структурованих проблем, в яких переважають якісні, маловідомі і невизначені сторони, обумовлені:

- неясністю розуміння проблеми;
- складністю класифікації проблем;
- спотвореною оцінкою проблем;
- неправильною оцінкою значимості проблем;
- складнощами постановки проблем на віддалену перспективу;
- змішуванням цілей, які необхідно досягнути, з засобами їх досягнення.

Метою застосування системного аналізу до конкретної проблеми є підвищення ступеня обґрунтованості рішення, що приймається. Його основна функція полягає у виділенні таких ознак події, що могли б бути прийняті як підстава для об'єднання, систематизації фактів, розташування їх у відповідному порядку (хронологічному, функціональному, структурному і т.п.), який тим чи іншим чином характеризує визначену сторону розвитку досліджуваної події. За допомогою системного аналізу встановлюються протилежні властивості,

тенденції події, що є сторонами визначених протиріч і дозволяють розкрити внутрішнє джерело розвитку події. Потреба в ньому виникає, коли:

формулюється (визначається) нова проблема, а її розв'язання потребує координації цілей з множиною засобів їх досягнення;

для досягнення взаємно пов'язаного комплексу цілей існують варіанти розв'язання проблеми, які важко порівняти;

сформульована проблема має розгалужені зв'язки, що викликають віддалені наслідки в різних галузях, і прийняття рішення в таких випадках потребує врахування сукупної ефективності та повних затрат;

створюються нові складні системи або здійснюється вдосконалення (модернізація) існуючих, а важливі рішення повинні прийматися на достатньо віддалену перспективу за наявності невизначеності і ризику тощо.

Для забезпечення успіху системного аналізу потрібно:

застосовувати його у тих випадках, для яких він призначений;

мати потребу в його проведенні, уявляти мету та (або) його призначення;

відчувати відповідальне ставлення до нього як аналітиків, так і замовника;

мати достатньо інформації, досвіду, ідей та уявлень про предмет дослідження;

відображати в результатах системного аналізу реальний стан справ та реальні шляхи розв'язання проблем, а не "обґрунтування" суб'єктивних рішень;

мати відповідні ресурси (кваліфікованих експертів, обладнання, гроші);

враховувати в роботі можливий вплив сторонніх побічних факторів (прогноз наукових відкриттів, винаходів, політичної ситуації).

Одним з перших методів системного аналізу в якому були визначені порядок та етапи роботи зі структурою цілей у процесі прогнозування та планування, був метод PATTERN (Planning Assistance Through Technical Evaluation Relevance Number), розроблений в RAND Corporation для наукових робіт військового характеру. Основними етапами методу (рис. 1.14), є:

розроблення сценарію, який являє собою прогноз політичної картини світу на період, що планується;

розроблення прогнозу розвитку науки і техніки (який може бути складовою частиною сценарію);

розроблення дерева цілей шляхом визначення коефіцієнтів відносної важливості, коефіцієнтів стану розробки та строків, коефіцієнтів взаємної корисності;

опрацювання результатів оцінювання (розрахунок сумарних коефіцієнтів) та надання результатів особам, які приймають рішення.

Неформальний аспект методу відображається шляхом участі експертів на всіх етапах побудови дерева цілей. Формальну частину утворюють принципи, якими

керуються експерти при побудові даного дерева, а саме:

дерево цілей є структурою, що пов'язує між собою як причину, так і наслідок, тобто головні цілі системи з задачами, завданнями та засобами їх забезпечення;

змістовна частина дерева цілей будується на ґрунті складного прогнозу (політичної картини світу на планований період);

не розглядаються розв'язані задачі, а також задачі, розв'язання яких очікується в найближчі роки;

для елементів дерева обчислюються коефіцієнт відносної важливості, коефіцієнт “стан-термін” та/або коефіцієнт взаємної корисності.

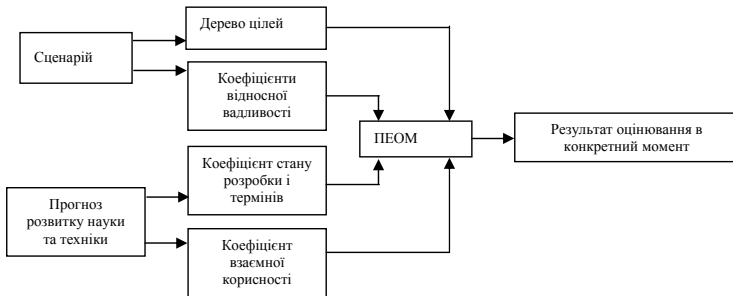


Рис. 1.14. Алгоритм прийняття рішення по методу PATTERN

Побудова дерева цілей в методі PATTERN базується на евристичному підґрунті. Це деколи викликає природні запитання про повноту представлення та ненадлишковість цілей кожного рівня. Щоб їх уникнути при формуванні конкретних структур, а саме верхніх рівнів дерева цілей використовуються декілька основних прийомів. Один з них базується на концепції про відповідність складових двох шкал розвитку системи – просторової (цілі власне системи; цілі, що визначаються взаємними відношеннями з найближчим середовищем; цілі, що ініціюються віддаленим середовищем тощо) та шкали часу (поточні оперативні цілі; цілі найближчої перспективи; цілі віддаленої перспективи тощо). Підцілі верхніх рівнів дерева у цьому випадку визначаються діагоналлю матриці, і, отже, залежно від конкретних умов є можливість обмежувати дерево за рахунок виключення, наприклад, відразу цілої гілки підцілей віддаленої перспективи та віддаленого середовища, не змінюючи при цьому інших гілок дерева. Окрім того, структуру дерева цілей доцільно формувати шляхом представлення його у вигляді піраміди з послідовним обходженням всіх її граней, повертаючись на новому витку до вже структурованих раніше гілок з врахуванням нового бачення проблеми.

Найбільш важливі результати метод PATTERN дає при:

формуванні досліджень і розробок по проектам і програмам, що вимагають

особливого зосередження зусиль;

оцінюванні альтернативних можливостей досягнення головної мети;

виявленні технологічних труднощів, що виникають при порівняльній оцінці важливості досліджуваних систем або технічних ідей;

визначенні порівняльної цінності обраних технологічних рішень з удосконалювання досліджуваних систем або технічних ідей тощо.

Невід’ємною складовою системного аналізу є **моделювання** – процес дослідження реальної системи, побудова її моделі (об’єкта, який має схожість з прототипом і є засобом опису, пояснення, прогнозування його поведінки), дослідження її властивостей, та перенесення отриманих відомостей на систему, що моделюється. Для адекватного опису складних систем використовують функціональні, інформаційні та поведінкові моделі (рис. 1.15).

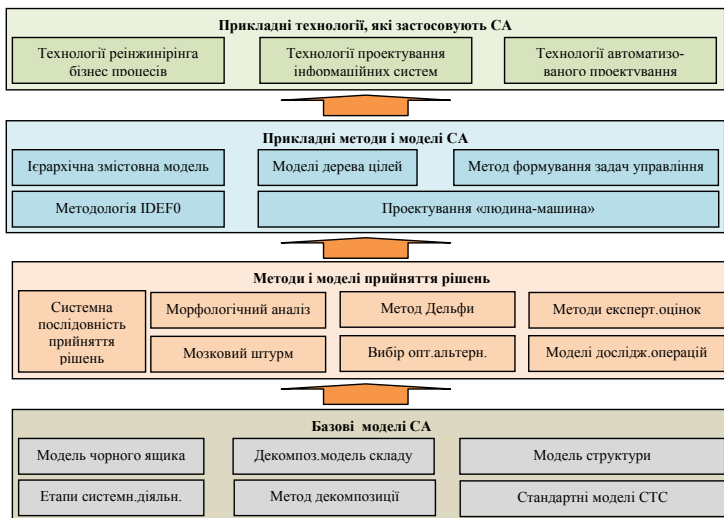


Рис. 1.15. Класифікація моделей і методів системного аналізу

При цьому **функціональна модель** описує сукупність функцій, що виконуються системою, характеризує морфологію (побудову) системи – склад функціональних підсистем та їх взаємозв’язки. **Інформаційна модель** описує відносини між елементами системи в вигляді структур даних (склад та взаємозв’язки). **Поведінкова модель** описує інформаційні процеси (динаміку функціонування), та оперує такими поняттями, як стан системи, події, перехід із одного стану в інший, умови переходу, послідовність подій.

Системний синтез – процес установаження зв’язків між виділеними елементами,

ознаками, протилежностями, з'єднання їх і відтворення досліджуваної події в його істотних ознаках і відносинах. Необхідною умовою його проведення є здатність дослідника бачити об'єкт у русі й тим самим відтворювати зв'язки між дійсним, минулим і майбутнім. Саме ці категорії виражають часову структуру образу пізнання, здатність дослідника відображати систему в процесі її розвитку. *Основна функція синтезу* – встановлення зв'язків між фактами й об'єднання їх у класи, групи, підгрупи і т.п. по виділених ознаках. За його допомогою простежуються відносини між фактами, характер взаємозв'язку між ними, розкриваються причини, функціональна залежність, з'ясовується послідовність етапів, ступенів, тенденцій розвитку досліджуваної події. Встановлюючи зв'язок фактів, синтез дає можливість визначити місце і роль кожного з них у загальному ланцюзі розвитку події, простежити дійсне положення речей. Синтез систем (складних проектів і програм) проводиться в чотири етапи. На першому з них здійснюється вибір методу синтезу і розробка математичної моделі оптимізації (математична модель оптимізації являє собою сукупність математичної моделі функціонування системи і моделі, що реалізує обраний метод оптимізації на ЕОМ). На другому – розроблення технічного завдання на програмування і налагодження. На третьому – перевірка адекватності моделі, й на четвертому – рішення задачі, корекція і реалізація результатів синтезу.

Системний синтез може здійснюватися трьома методами:

1) *аналітичним* – характеризується тим, що задача формулюється математично суворо та з урахуванням цього реалізується на ЕОМ;

2) *імітаційним* – сприяє отриманню статистичних даних про найбільш доцільні напрями оптимізації системи залежно від зміни її функціонування. У загальному випадку імітаційний синтез характеризується такими обставинами:

по-перше, його можна розглядати як експериментальне визначення статичних характеристик випадкового процесу за допомогою машинного експерименту, що дуже часто включає оптимізацію;

по-друге, його можливо трактувати як синтез за допомогою варіаційних розрахунків. Імітаційне моделювання може проводитись такими методами: методом варіантних розрахунків; методом статистичних іспитів; методом на основі множини досяжності тощо;

3) *евристичним* – застосовується для синтезу систем, які формалізовані недостатньо суворо, а також не можуть бути чітко виражені математично та вирішені за допомогою аналітичного методу або шляхом імітації.

Вони дають можливість об'єднати математичні і неформальні методи, суворі способи дослідження формалізованих моделей з експериментом та евристичними прийомами. При цьому аналітичний та імітаційний методи головним чином

базуються на відомих методах оптимізації. Так, наприклад, залежно від типу моделі (статистична або динамічна) задачу оптимального синтезу доцільно вирішувати методом математичного програмування або варіаційним методом.

Одним із різновидів складних соціотехнічних систем при створенні яких повною мірою реалізується теорія системного підходу є **інформаційно-телекомунікаційні системи**. Вони являють собою сукупність **інформаційних** – організаційно-технічних систем, в яких реалізовані технології обробки інформації з використанням технічних і програмних засобів й які забезпечують вироблення певних управлінських рішень та **телекомунікаційних** – власне технічних і програмних засобів, призначених для забезпечення обміну інформацією шляхом передавання, випромінювання або приймання її у вигляді сигналів, знаків, звуків, рухомих або нерухомих зображень чи в інший спосіб **систем**, які у процесі обробки інформації, призначеної для забезпечення реалізації певних інформаційних потреб, діють як єдине ціле та орієнтовані на виконання визначених (спеціальних) функцій і завдань. За рахунок впровадження і реалізації сучасних **ІКТ** – методів і засобів функціональних, змістовних та забезпечувальних компонент інформаційно-комунікаційної структури які, будучи об'єднаними засобами ЕОТ, підтримують процеси циркуляції і переробки інформації, визначають хід використання інформації та впливають на надійність і оперативність виконання процесів планування, управління, структуризації й постановки інформаційних завдань у сучасних ІТС організовується і ведеться робота за напрямками:

- виявлення інформаційних потреб та добору джерел інформації;
- збору інформації, її введення та виведення;
- опрацювання інформації, оцінювання її повноти і значущості;
- подання інформації у зручному для користувачів вигляді та організації зворотного зв'язку з нею;

- використання інформації для оцінювання тенденцій, розробки прогнозів, оцінювання альтернатив рішень і дій, вироблення стратегій тощо.

Виходячи з такого мета створення будь-якої ІТС полягає в тому, щоб у гранично короткі терміни створити систему обробки інформації, яка має задані споживчі якості, а саме продуктивність, відмовостійкість, сумісність, розширюваність, масштабованість і ефективність та характеризується властивостями:

- 1) *загальності і абстрактності* (як системи розглядаються предмети, явища природи, різні процеси);

- 2) *множинності* (кожна сукупність елементів, яка може бути підмножиною різних систем, відрізняється системотворчими властивостями та

конкретними відношеннями елементів один з одним);

3) *цілісності* (система поводить себе як єдине ціле);

4) *емерджентності* (наявність у системі властивостей, які не можуть бути отримані із властивостей її елементів. Відомо, що досліджувана складна система формується деякою множиною елементів, кожен з яких сам може бути складною системою. Елементи та їх властивості суттєво визначаються всією системою. В свою чергу, система визначається властивостями елементів, але не зводиться до їх суми. Вона має деякі нові визначальні властивості, притаманні лише системі в цілому. Тому для отримання властивостей системи необхідно аналізувати відношення між її елементами);

5) *еквіпотенційності* (кожна система є підсистемою вищого рівня і в той же час вона є системою зі своїми елементами і зв'язками. Відомо, що досліджувана складна система будується з елементів завдяки існуванню зв'язків між ними. Сукупність усіх зв'язків та їх певний порядок складає структурну організацію системи, яка може мати ряд рівнів і специфічних “зрізів”, що знаходяться у відношеннях субординації та координації між собою. В організації таких систем дуже важливе значення мають прямі та зворотні зв'язки, а також структури, що забезпечують процес управління);

6) *синергізму* (ефективність функціонування кожної системи є вищою за сумарну ефективність ізольованого функціонування її елементів. Відомо, що кожний елемент системи та система в цілому певним чином проявляють себе, діють на інші елементи і систему, на зовнішнє середовище, тобто здійснюють деякі функції. Ці функції закономірно пов'язані з структурою системи і зовнішнім впливом на неї. Установивши зв'язки між структурою і функціями, між “входами” та “виходами” системи, можна докорінно змінювати її стан).

Довільна модель складної ІТС, що поєднує соціальну та технічну складові, які врівноважуються між собою за рахунок так званих модераторів (ролей у системі кожного працівника, цілей узгодження бажань працівників із технічними можливостями, умінь працівників та їх здатностей) подана на рис. 1.16.

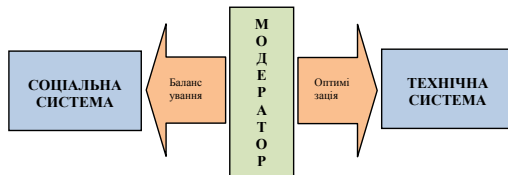


Рис. 1.16. Соціотехнічна модель складної ІТ

Моделі ІТС складаються з підсистем і компонент. До їх найбільш визначальних **підсистем** – виділених за деякими признаками частин глобальної

системи, що виконують завдання з прийому та передачі даних від інших підсистем і компонентів, їх обробки та збереження, належать **телефонні** – призначені для передачі мовної інформації, **радіо** – призначені для передачі мовної інформації і даних, **комп'ютерні** – призначені для передачі даних у будь-якій формі) та **телевізійні** – призначені для передачі мовної інформації та зображення мережі. Їх лідируюча роль у сучасному інформаційному суспільстві визначається такими взаємозалежними чинниками:

1) потребою держав світу в одержанні найрізноманітнішого економічного, наукового, культурного та іншого ІР;

2) рівнем телефонізації держав світу, розвиненістю їх систем електрозв'язку та їх інтегрованістю з міжнародними мережами;

3) ступенем комп'ютеризації держав світу (обчислюється за загальною кількістю комп'ютерів та їхньою щільністю в розрахунку на 1000 мешканців країни, а також рівнем застосування комунікаційного встаткування – комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів);

4) наявністю у державах світу досить розгалуженої системи загальнодоступних баз даних та різних довідкових служб;

5) злиттям технологій радіо, телефонних та інших ІТ мереж тощо.

Зазначені вище мережі мають доволі складну структуру й на сучасному етапі розвитку ІТ технологій здатні об'єднувати не тільки системи управління, зв'язку та обчислювальної техніки, але й бойові платформи, і в першу чергу такі, що є носіями засобів вогневої поразки. Їх складовими можуть бути також засоби розвідки, контррозвідки та спостереження, системи інформаційного забезпечення операцій, дипломатичних заходів та соціальних процесів.

Під **компонентами ІТС** – технічною, інформаційно-методичною, організаційною, нормативно-правовою тощо розуміють *елементи засобів забезпечення, що виконують визначені програмно-технічні функції в тій або іншій її підсистемі.*

У цей час системний підхід до створювання складних ІТС ґрунтується на однокритеріальному або багатокритеріальному оцінюванні альтернатив. Найбільш відомий варіант системного аналізу зв'язаний з однокритеріальним оцінюванням за показниками вартості та ефективності (критерій “ефективність-вартість”). В цьому випадку вибір раціональної ІТС (раціонального зразка ОВТ, раціонального проекту) проводиться за максимумом цільової функції при заданій вартості. За цільову функцію обирається критерій ефективності використання коштів, що були витрачені, наприклад, на розробку нового (проведення модернізації існуючого) зразка (системи) ОВТ. Суть даного критерію полягає у визначенні того, який бойовий (потенціальний)

ефект очікується від зразка в конкретних умовах застосування, при конкретних витратах на його розробку та серійне виробництво: $K=E/C$, де K – критерій “ефективність-вартість”; E – показник ефективності зразка озброєння; C – показник вартості зразка озброєння, що забезпечує задану ефективність.

Методи багатокритеріального оцінювання альтернатив є більш універсальними. Існуючу їх множину можна об’єднати в ряд таких груп: прямі методи (метод зваженої суми оцінок критеріїв, метод “дерева рішень”); методи компенсації; методи порогів непорівнянності; аксіоматичні методи та людино-машинні методи. При застосуванні більшості з них виникають дві основні проблеми, а саме: по-перше, як одержати оцінки за окремими критеріями; по-друге, як об’єднати ці оцінки в загальну оцінку корисності альтернативи. Для формування багатокритеріальної оцінки складної ІТС (СІТС) нині використовується така система показників:

а) коефіцієнт результативності K_p – визначає міру вкладу (ефекту) СІТС у результативність певних завдань. Визначається через продуктивність ІТС – швидкість виконання нею регламентованих дій. У загальному випадку коефіцієнт результативності визначається співвідношенням:

$$K_p = \frac{\sum_{n=1}^{H_0} P_n B_n \Pi_n}{\sum_{n=1}^{H_0} P_n B_n} \quad (1.12)$$

де Π_n – продуктивність СІТС за певний період часу; P_n – імовірність появи інформації n -ї категорії; B_n – коефіцієнт важливості інформації n -ї категорії; H_0 – загальна кількість введених категорій важливості;

б) коефіцієнт ефективності K_e – визначає міру відношення ефекту застосування СІТС до витрат на його досягнення і характеризує її результативність;

в) коефіцієнт новизни K_n – визначає міру рівня та ступеня використання нових ідей і технічних рішень при проведенні модернізації (оновлювання) СІТС. Характеризує відносний рівень підвищення результативності K_p , який можуть забезпечити на момент початку модернізації нові ідеї та нові технічні рішення. Визначається за формулою:

$$K_n = K_{pn} K_{op} K_{cen}, \quad (1.13)$$

де K_{pn} – показник рівня новизни ідей; K_{op} – показник об’єму реалізації нових ідей; K_{cen} – показник ступеня впливу нових ідей і нових технічних рішень на результативність зразка техніки. При цьому значення показників K_{pn} , K_{op} та K_{cen} визначаються експертним оцінюванням;

г) коефіцієнта перспективності K_n – визначає міру рівня морального старіння елементів СІТС на момент завершення їх розробки. Характеризує відносний рівень результативності K_p , який очікується на момент закінчення розробки певної СІТС за рахунок нових ідей і технологічних рішень. Величина K_n визначається експертним оцінюванням;

д) коефіцієнт технологічності K_T – визначає міру науково-технічного рівня технології проектування та виробництва СІТС на момент початку її розробки. Характеризує технологічні можливості із забезпечення початкового рівня результативності (на початку модернізації СІТС) з використанням реалізованих ідей і технічних рішень. Практично визначає потенційний рівень результативності попереднього покоління техніки, як відправну точку для розробки нового або оновлювання існуючого. Величина K_T визначається експертним оцінюванням;

ж) коефіцієнт технічного (воєнно-технічного) ризику $K_{спр}$ – визначає міру бажаних наслідків при невдалій реалізації заданих тактико-технічних вимог (ТТВ). Визначає імовірність невиконання ТТВ:

$$K_{спр} = 1 - P_{спр}, \quad (1.14)$$

де $P_{спр}$ – імовірність того, що отримане значення коефіцієнта результативності знаходиться у заданому інтервалі допущень.

Величина $P_{спр}$ визначається експертним оцінюванням, а її верхні і нижні межі задаються у технічному завданні (ТЗ);

з) коефіцієнт технологічного ризику $K_{мп}$ – визначає міру невдач при завершенні розробки нового або модернізації існуючої СІТС у визначені терміни. Визначається як імовірність того, що реалізована тривалість T_p її розробки (оновлювання) виявиться поза межами заданого інтервалу допущень:

$$K_{мп} = 1 - P_{мп}, \quad (1.15)$$

де $P_{мп}$ – імовірність того, що величина T_p знаходиться у заданих межах які задаються у ТЗ. Величина $P_{мп}$ визначається експертним оцінюванням.

Означена система показників у цілому може бути представлена при цьому таким чином:

$$K = \{K_{кк} \updownarrow k = \overline{1, kк}\} \quad (1.16)$$

де k – порядковий номер показника; $kк$ – загальна кількість показників, що використовуються у кожній конкретній експертизі.

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю «прийняття рішень» у вузькому і широкому розумінні. Що слід вважати кінцевим результатом прийняття рішень.
2. Назвіть відомі Вам технології прийняття рішень. Перелічіть основні етапи їх реалізації та дайте їм стислу характеристику.
3. Які основні аспекти притаманні теорії прийняття рішень? Розкрийте їх сутність.
4. У чому полягають основні завдання теорії прийняття рішень?
5. Наведіть приклади відомих Вам типових задач обґрунтування і прийняття рішень.
6. Перелічіть методи прийняття рішень, які застосовують в умовах повної визначеності, в умовах ризику та невизначеності.
7. Які інструменти реалізації методів обґрунтування прийняття рішень Вам відомі? Наведіть приклади застосування методів прогнозування, методу платіжної матриці та методу дерева рішень.
8. Назвіть спільні і відмінні риси класичної, поведінкової та ірраціональної моделей прийняття рішень.
9. Які концепції вироблення рішень Вам відомі? Назвіть їх спільні і відмінні риси.
10. Дайте визначення поняттям «ефект» і «ефективність». Що є мірою ефективності? Що означають поняття «показник» і «критерій» ефективності?
11. Перелічіть критерії прийняття рішень в умовах ризику та наведіть приклади їх застосування. Назвіть спільні і відмінні риси критеріїв очікуваного значення та очікуваного значення і дисперсії,
12. Охарактеризуйте критерії відомого граничного рівня та найбільш імовірного результату (події) в майбутньому. Назвіть спільні і відмінні риси.
13. Перелічіть критерії прийняття рішень в умовах невизначеності та наведіть приклади їх застосування. За яких обставин вони застосовуються?
14. Розкрийте фізичний зміст і алгоритм реалізації песимістичних критеріїв оцінювання: максимінного критерію, критерію Байєса-Лапласа та критерію Севіджа.
15. Розкрийте фізичний зміст і алгоритм реалізації критеріїв Гурвиця, **Ходжеса-Лемана, Геймейсра та критерію добутків.**
16. Які фактори впливають на ефективність управлінського рішення?
17. Дайте визначення поняттю «система». Назвіть основні властивості системи.

18. Дайте визначення складним технічним і соціотехнічним системам. Перелічіть їх основні характеристики
19. Що Ви розумієте під системним підходом до створення складних соціотехнічних систем? Назвіть основні принципи та етапи системного підходу.
20. Назвіть основні інструменти системного підходу. Дайте їм визначення.
21. Чим системний аналіз відрізняється від інших методів дослідження складних соціотехнічних систем?
22. Що є невід'ємною складовою системного аналізу? Дайте визначення цьому процесу.
23. Дайте визначення поняттю «системний синтез». Розкрийте сутність його основних етапів.
24. Якими методами системний синтез забезпечується?
25. Дайте визначення поняттю «інформаційно-телекомунікаційна система» та її складовим. Перелічіть основні властивості ІТС.
26. Наведіть приклад моделі складної ІТС. Дайте визначення поняттям «підсистема» та «компонента» ІТС.
27. Якими чинниками обумовлюється лідируюча роль ІТС у розвитку інформаційного суспільства?
28. Перелічіть показники, які використовуються для багатокритеріальної оцінки ІТС. Розкрийте їх сутність.

ГЛАВА 2

МЕТОДИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У СКЛАДНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Під час розв'язання завдань, тісно пов'язаних з розвитком техніки, потрібно враховувати як існуючий стан, так і довгострокові перспективи та наслідки прийнятих рішень [36]. Впровадження перспективних наукових ідей і нововведень потребує орієнтування не стільки на сучасний рівень техніки та економіки, як на їх передбачуваний стан у майбутньому. У процесі аналізу шляхів і можливостей реалізації довгострокових програм треба зважати на закономірності розвитку розглядуваних об'єктів. Рішення, що формуються при цьому, можуть суттєво різнитися за змістом і полягати у:

- виборі найкращої альтернативи на певний момент часу;

- ранжируванні альтернатив за ступенем їхнього впливу на досягнення мети у певний момент часу;

- ранжируванні альтернатив відповідно до кількісно виражених значень ступенів їхнього впливу на досягнення мети у певний момент часу;

- ранжируванні альтернатив відповідно до кількісно виражених значень ступенів їхнього впливу на досягнення мети в заданій множині моментів часу.

Разом з тим вибір найкращого рішення нерідко стикається з багатозначністю узагальненого критерію, на основі якого можна зробити висновок про доцільність розроблення (модернізації) зразків (систем) техніки або провести порівняльний аналіз їх альтернативних варіантів. Залежно від ступеня ідентичності використовуваної системної інформації таке рішення може бути унікальним (приймається одноразово за специфічною інформацією) і повторюваним (приймається за однією й тою самою системною інформацією). Прикладами повторюваних рішень є: ранжирування проектів, поданих на конкурс; заміщення вакантних посад; вибір устаткування тощо.

Повторювані рішення, що полягають у виборі одного варіанта з фіксованої множини альтернатив, називаються стандартними. Прикладами стандартних рішень є варіанти дій, які ОПР вживають при ситуаційному управлінні на початкових етапах реагування, в ході різного роду надзвичайних ситуацій у військовій справі, діяльності правоохоронних органів, міністерства з надзвичайних ситуацій, при наданні невідкладної медичної допомоги тощо. Рішення, прийняті за умови, якщо множину альтернатив заздалегідь не фіксовано та які формуються ОПР або зацікавленими групами, називаються нестандартними. До них належить весь спектр можливих управлінських рішень.

У сучасній літературі з теорії прийняття рішень [5-7] існують різні підходи щодо класифікації методів обґрунтування управлінських рішень. Один з найпоширеніших серед них подано на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Класифікація методів обґрунтування управлінських рішень

Відповідно нього всі методи обґрунтування управлінських рішень поділяються на кількісні і якісні. Кількісні методи (або методи дослідження операцій) застосовують, коли фактори, що впливають на вибір рішення, можна кількісно визначити та оцінити. Якісні методи використовують тоді, коли фактори, що впливають на процес прийняття рішення не можна охарактеризувати кількісно або вони взагалі не піддаються кількісному вимірюванню. До якісних методів належать в основному експертні методи.

Кількісні методи залежно від характеру інформації, яку має ОПР поділяються на методи, що застосовуються в умовах:

- 1) однозначної визначеності інформації про ситуацію прийняття рішення (аналітичні методи та частково методи математичного програмування);
- 2) ймовірностної визначеності інформації про ситуацію прийняття рішення (статистичні методи та частково методи математичного програмування);
- 3) невизначеності інформації про ситуацію прийняття рішення (теоретико-ігрові методи).

Дамо загальну характеристику кожної з наведених груп.

Аналітичні методи характеризуються тим, що встановлюють аналітичні залежності між умовами виконання задачі (факторами) та її результатами

(прийнятим рішенням). До аналітичних належить, наприклад, група методів економічного аналізу діяльності установи на кшталт побудови рівняння та знаходження точки беззбитковості.

Статистичні методи засновані на зборі, обробці та аналізі статистичних матеріалів. Відмінна риса цих методів – урахування випадкових впливів та відхилень. Статистичні методи включають методи теорії імовірності та математичної статистики, найбільшого поширення серед яких набули методи:

- кореляційно-регресійного аналізу;
- дисперсного аналізу;
- факторного аналізу;
- кластерного аналізу;
- статистичного контролю якості і надійності тощо.

Методи математичного програмування призначені для вирішення умовних екстремальних задач з декількома змінними. Найбільшого застосування вони набули у сферах планування номенклатури та асортименту виробів, визначення маршруту виготовлення виробів, мінімізації відходів виробничого процесу, регулювання рівня запасів, в ході календарного планування виробництва тощо.

Теоретико-ігрові методи призначені для обґрунтування рішень в умовах невизначеності, неповноти та/або неясності інформації. До них належать:

методи теорії статистичних рішень (використовуються, коли невизначеність оточення викликана об'єктивними обставинами, які невідомі або мають випадковий характер);

методи теорії ігор (використовуються у тих випадках, коли невизначеність оточення викликана свідомими діями протиборчої сторони).

Стислий аналіз кількісних методів обґрунтування і підтримки прийняття рішень дає підстави стверджувати, що практично кожен з них за своєю природою є мало ефективним при вирішенні задач інтелектуальної обробки та аналізу даних. Тому нині у теорії прийняття рішення більш широкого застосування отримали так звані *евристичні методи*, які в основному базуються на використанні узагальненого людського досвіду (“колективної мудрості”). Порівняно з іншими ці методи є більш суб'єктивними. Їх застосування для рішення задач широкого класу зустрічає ряд труднощів, пов'язаних з відсутністю чіткої класифікації методів, областей та умов застосування.

У першому наближенні евристичні методи можуть бути класифіковані за:

а) принципом використання експертів на методи з:

використанням відповідей окремих експертів (прикладом може служити рішення воєначальника, що вислуховує думки підлеглих, які

виступають у цьому випадку в ролі експертів-фахівців у окремих родах військ і приймає з урахуванням цього власне індивідуальне рішення);

використанням відповідей групи експертів (прикладом можуть слугувати групові рішення прийняті Верховною Радою України, вченою радою наукової установи, певною комісією коли всі учасники цього процесу тією чи іншою мірою відповідають за ухвалене рішення);

б) принципом підбору експертів у групи на методи з використанням об'єктивного принципу та принципу спеціалізації;

в) галузю застосування на інтуїтивно-логічні (результатом є якісні рішення) та логіко-математичні (результатом є кількісні рішення) методи;

г) способом організації роботи експертів на методи анкетного опитування, комісій та “мозкової атаки”;

д) способом проведення експертного опитування та отримання результатів на метод анкетування та його різновиди, метод евристичних мереж, метод “експертне оцінювання – точний метод”, методи експертного оцінювання якісних і кількісних параметрів.

В реальних умовах процедура прийняття рішень повинна базуватися передусім на сполученні *евристичних* і *математичних* методів обробки інформації. Нині найпоширенішими серед таких є методи ранжирування, парних порівнянь [37] та шкальних оцінок, методи теорії корисності та теорії перспектив, методи ELECTRE (пошук центра групування шкальних оцінок, оцінювання відносної важливості, часу здійснення визначеної події та питомої ваги різних видів рішень) тощо. Усі вони істотно залежать від характеру моделі проблеми, яка може бути як об'єктивною так і суб'єктивною. При цьому зміст об'єктивної моделі, проблеми якої розробляються у межах дослідження операцій, не залежить від суджень і переваг, що надаються ОПР. Суб'єктивна ж модель, у свою чергу, будується ОПР за допомогою експертів і відбиває його “бачення проблеми”, його пріоритети і цілі.

2.1 Методи прийняття управлінських рішень в умовах повної визначеності

У процесі синтезу складних систем приходиться, як правило, вирішувати таку оптимізаційну задачу [38-42]:

$$G: \begin{cases} \underset{\beta \in G}{opt} & \Phi(\bar{\beta}) \\ \beta_j^- \leq \beta_j \leq \beta_j^+, & j = \overline{1, m}, \\ \bar{g}(\bar{\beta}) \geq 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

де $\Phi(\bar{\beta})$ – цільова функція системи: $\Phi(\bar{\beta}) = \Phi(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$;

$\bar{\beta} = \bar{\beta}(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m)$ – вектор, що забезпечує екстремальне значення $\Phi(\bar{\beta})$;

\bar{g} – функція вектору $\bar{\beta}$, який оптимізує скалярну $\Phi(\bar{\beta})$: $\bar{g}(\bar{\beta}) = (g_1(\bar{\beta}), g_2(\bar{\beta}), \dots, g_n(\bar{\beta}))$;

β_j^-, β_j^+ – значення j -ї керованої змінної, що характеризують область її можливих змінювань, виходячи з умов експлуатації системи, фізичних, конструктивних та інших міркувань.

Її вирішення залежно від виду і характеру функцій $\Phi(\bar{\beta})$, $\bar{g}(\bar{\beta})$ в умовах повної визначеності може бути здійснено методами лінійного, нелінійного, квадратного, опуклого, цілочисельного та стохастичного програмування.

При цьому задача оптимізації (2.1) називатиметься *задачею лінійного програмування*, якщо критерій $\Phi(\bar{\beta})$ оптимальності та обмеження G є лінійними функціями параметра β :

$$\min_{\beta \in G} \sum_{j=1}^m C_j \beta_j \quad \text{за умови } G: \begin{cases} \sum_{j=1}^m a_{ij} \beta_j \geq b_i, & i = \overline{1, n} \\ \beta_j \geq 0, & j = \overline{1, m} \end{cases}. \quad (2.2)$$

Якщо критерій оптимальності $\Phi(\bar{\beta})$ – квадратова функція, а обмеження лінійні, то задача називається *задачею квадратного програмування*. В задачах *опуклого програмування* функція $\Phi(\bar{\beta})$, що мінімізується та обмеження задаються опуклими функціями (при цьому $\Phi(\bar{\beta})$ опукла до низу). Опуклі функції є найпростішими з нелінійних. Геометрично ця якість означає, що частина функції $\Phi(\bar{\beta})$ розташована нижче будь-якої прямої, яка поєднує дві точки на її поверхні. Для численного вирішення задач опуклого програмування розроблено ряд відомих обчислювальних алгоритмів, а саме: метод можливих напрямків; метод узагальнених градієнтів; метод січних площин (метод Келі).

Слід відмітити, що задачі лінійного і квадратного програмування є частковим випадком задачі опуклого програмування.

Задачею *нелінійного програмування* називається задача, в якій критерій оптимальності $\Phi(\bar{\beta})$ або обмеження G є нелінійними функціями. При цьому за відсутності нелінійних обмежень $\bar{g}_i(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m) \geq 0, i = \overline{1, n}$ задача зводиться до пошуку мінімуму функції $\Phi(\bar{\beta})$, визначеній на n -мірному Евклідовому просторі R^n : $\min_{\beta \in R^n} \Phi(\beta)$ й має назву задачі нелінійної оптимізації без обмежень (або задачі пошуку безумовного мінімуму). За наявності обмежень, що зв'язують змінні β , задача нелінійної оптимізації називається задачею нелінійного програмування (або задачею пошуку екстремуму за наявності обмежень).

Задачі *цілочисельного програмування* математично формуються аналогічно

задачам нелінійного програмування. Їх особлива специфіка полягає в тому, що змінні $(\bar{y}, \bar{\beta})$ та функції $\Phi(\bar{\beta})$ і $F(\bar{y}, \bar{\beta})$ або деякі з них можуть приймати лише цілочисельні значення. Найбільш відомими та вивченими методами вирішення задач лінійного цілочисельного програмування є такі спеціальні методи, як метод розгалужень та метод січних (метод Гоморі).

Стохастичне програмування вивчає моделі вибору оптимальних рішень у випадках, що характеризуються випадковими величинами. За характеристики випадкових величин обирають, як правило, імовірність, математичне очікування та/або дисперсію. Задачі стохастичного програмування виникають в умовах неточної інформації, невизначеностей і ризику, коли з кожним рішенням можна зв'язати числові параметри $F(\bar{y}, \bar{\beta})$, що залежать від рішення \bar{y} випадкових параметрів $\bar{\beta}$. В загальному випадку задачі стохастичного програмування вирішуються методом стохастичної апроксимації та методом стохастичних квазіградієнтів на основі інформації про випадкові величини $F(\bar{y}, \bar{\beta})$. За умови необхідності обчислення багатократних інтегралів застосовується метод Монте-Карло.

Методи лінійного програмування

Лінійне програмування – наука про методи дослідження та відшукування екстремальних значень лінійної функції, на невідомі якої накладені лінійні обмеження. Найвідомішими серед задач лінійного програмування є [43-44]:

- задача про використання ресурсів (задача планування виробництва);
- задача формування раціону (задача про дієту, задача про суміші);
- задача про використання потужностей (задача про відвантаження обладнання);
- задача про розподіл матеріалів;
- транспортна задача та інші.

Оптимальним рішенням задачі лінійного програмування називається рішення системи обмежень, що задовольняють умові за якої цільова функція приймає оптимальне (*max* або *min*) значення. Пошук оптимального рішення задачі лінійного програмування відбувається серед множини припустимих базисних рішень. Принципово це можна вирішити простим перебором, а саме:

знайти всі припустимі базисні рішення і для кожного з них обчислити значення цільової функції L ;

вибрати припустиме базисне рішення, що відповідає мінімальному (максимальному) значенню лінійної функції L яке й буде оптимальним.

Однак зважаючи на те, що кількість базисних рішень відшукується за формулою $C_n^k = C_n^{n-r} = C_n^r$ і може бути надто великим – метод рішення задач

Вид сировини	Норми розходу сировини на 1 виріб (кг)		Загальна кількість сировини (кг)
	A	B	
I	12	4	300
II	4	4	120
III	3	12	252
Прибуток від 1 виробу (гр. од.)	30	40	

Необхідно скласти такий план випуску продукції, при якому прибуток підприємства від реалізації продукції буде максимальним.

Рішення.

1. Складемо економіко-математичну модель задачі. Для цього позначимо:

x_1 – кількість одиниць виробів виду А, що плануються до виробництва;

x_2 – кількість одиниць виробів виду В, що плануються до виробництва.

Виходячи з такого, система обмежень на використання сировини

має вид:
$$\begin{cases} 12 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 \leq 300 \\ 4 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 \leq 120 \\ 3 \cdot x_1 + 12 \cdot x_2 \leq 252 \end{cases}, \quad \text{де } x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$
 Цільова функція

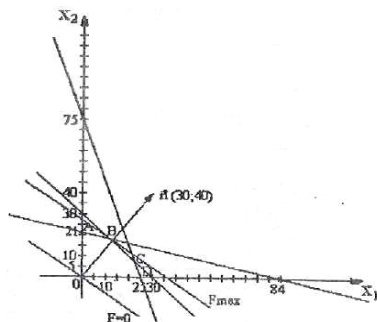
$$F(X) = 30 \cdot x_1 + 49 \cdot x_2 \rightarrow \max.$$

2. Побудуємо багатокутник допустимих рішень. OABCD – область допустимих рішень.

Побудуємо вектор $n(30;40)$ та лінію рівню $F = 0$, що є перпендикулярною до нього.

Переміщуючи лінію рівня за напрямком вектора n знаходимо останню точку торкання лінії рівня з областю допустимих рішень.

З графіка видно, що такою точкою є точка В. Знайдемо її координати:



$$\begin{cases} 4 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 = 120 \\ 3 \cdot x_1 + 12 \cdot x_2 = 252 \end{cases}$$

Вирішуючи систему отримаємо координати точки В(12; 18), в якій і буде оптимальне рішення. Тобто, $X_{opt} = (12; 18)$. При цьому $F_{max} = 30 \cdot 12 + 49 \cdot 18 = 1080$.

Відповідь.

Таким чином підприємство повинно випускати 12 виробів виду А та 18 виробів виду В. При цьому прибуток підприємства від реалізації продукції буде максимальним й становитиме 1080 у.о.

ПРИКЛАД 2.2 – задача планування виробництва [15].

Постановка задачі:

Знайти план виробництва підприємства, що забезпечує максимум прибутку. Підприємство робить два види продукції в трьох цехах: А – 80; Б – 60; В – 100. Установлено відповідно: 80; 60 й 100 одиниць устаткування.

Норми використання встаткування для виробництва за 1 годину одиниці продукції представлені в таблиці в машино/годинах:

ЦЕХ	ВИДИ ПРОДУКЦІЇ	
	1	2
А	4	2
Б	1	3
В	2	3

Прибуток першого виду продукції 10 у.о. Прибуток одиниці другої продукції 8 у.о. Необхідно визначити об'єм випуску першого й другого виду продукції, що забезпечує максимум прибутку.

Рішення:

1. Складемо економіко-математичну модель задачі. Для цього позначимо:

x_1 – шуканий обсяг випуску продукції першого виду v_1 ;

x_2 – шуканий обсяг випуску продукції другого виду v_2 .

Мета: максимальний прибуток.

Модель:

$10 \cdot x_1$ – прибуток від реалізації першого виду продукції v_1 , де $C_1 = 10$;

$8 \cdot x_2$ – прибуток від реалізації другого виду v_2 , де $C_2 = 8$.

Цільова функція: $L(x_1, x_2) = C_1 \cdot x_1 + C_2 \cdot x_2 = 10 \cdot x_1 + 8 \cdot x_2$

Плановане використання машин по цехах не повинне перевищувати наявність цього встаткування в цехах (по цехах) (звідси система нерівностей.:

$$\begin{cases} A - 4 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 80 \\ B - 1 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 60 \\ B - 2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 100 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{за обмежень по} \\ \text{використанню обладнання} \end{matrix} \quad x_1 \geq 0 \quad \text{та} \quad x_2 \geq 0.$$

Для рішення задачі симплексним методом в умовах обмежень приймається робота кожної машини в цеху в машино/годинах. Система нерівностей приводиться до канонічного виду шляхом додавання додаткових змінних:

$$\begin{cases} A - 4 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 = 80 \\ B - 1 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + x_4 = 60 \\ B - 2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + x_5 = 100 \end{cases}$$

і переведення системи нерівностей у рівняння:
$$\begin{cases} x_3 = 80 - (4 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2) \\ x_4 = 60 - (1 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2) \\ x_5 = 100 - (2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2) \end{cases}$$

Додаткові змінні вводяться в цільову функцію, яка прагне до максимуму й має вигляд:

$$L(x_1, x_2) = C_1 \cdot x_1 + C_2 \cdot x_2 + C_3 \cdot x_3 + C_4 \cdot x_4 + C_5 \cdot x_5 = 10 \cdot x_1 + 8 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5,$$

де x_3, x_4, x_5 – базисні змінні: $x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 0$.

x_1 і x_2 – незалежні (вільні) змінні: $x_1 > 0, x_2 > 0$.

Складемо альтернативні варіанти рішення системи рівнянь з п'ятьма невідомими.

Першим рішенням буде: $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 80, x_4 = 60, x_5 = 100$.

Цільова функція матиме вид: $L(x_1, x_2) = 10 \cdot 0 + 8 \cdot 0 + 80 + 60 + 100 = 0$.

Використовуючи систему рівнянь, складемо відправну таблицю:

C_6	X_6	B	$10 = C_1$	$8 = C_2$	$0 = C_3$	$0 = C_4$	$0 = C_5$
0	X_1	80	4	2	1	0	0
0	X_4	60	1	3	0	1	0
0	X_5	100	2	3	0	0	1
$Z_1 - C_1$		$Z_0 = 0$	-10	-8	0	0	0

Ключовий стовпчик

Генеральний елемент

Ключовий рядок

У відправній симплексній таблиці введені такі значення:

C_6 – коефіцієнти при базисних змінних цільової функції;

X_6 – базисні змінні; B – стовпець вільних членів;

C_j – коефіцієнт цільової функції при змінній;

$Z_j - C_j$ – індексний рядок;

Z – значення цільової функції для цього рішення (визначається як сума попарних добутків коефіцієнтів C_6 на елементи стовпця B):

$$Z_0 = 0 \cdot 80 + 0 \cdot 60 + 0 \cdot 100 = 0.$$

Так при: $Z_1 - C_1 \Rightarrow Z_1 = 0 \cdot 4 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 2 - 10 = -10,$

$$Z_2 - C_2 \Rightarrow Z_2 = 0 \cdot 2 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 3 - 8 = -8.$$

Для одержання другого базисного рішення, й рішення взагалі, треба перетворити першу таблицю в другу одержавши при цьому поліпшене значення (рішення). Правила визначення оптимального рішення:

– отримане значення цільової функції в симплексній таблиці вважається максимальним (мінімальним), якщо в індексному рядку (останньої) немає жодного

значення менше (максимального) 0;

– якщо немає жодного значення більше 0 (мінімальне);

– найбільше по абсолютній величині негативне число в індексному рядку вказує на нову базисну змінну (у нашому випадку це $(-10) \cdot x_1$).

Визначення старої базисної змінної, котра повинна в новому рішенні поступитися місцем нової базисної змінної, проводиться наступним образом:

– вільні члени стовпця B діляться на коефіцієнти стовпця при новій базисній змінній і мінімальне значення в стовпці вкаже номер старої базисної змінної: $80/4 = 20$, $60/1 = 60$, $100/2 = 50$;

– формується друга базисна таблиця:

C_6	X_6	B	$3 = C_1$	$2 = C_2$	$0 = C_3$	$0 = C_4$	$0 = C_5$
	X_1	20	1	$\frac{1}{2}$	X_3	X_4	X_5
4	X_1	20	1	$\frac{1}{2}$	4	0	0
0	X_4	40	0	$\frac{3}{2}$	-1/4	1	0
0	X_5	60	0	2	-1/2	0	1
$Z_1 - C_1$		$Z = 200$	0	-3	5/2	0	0

Стовпець нової базисної змінної називається ключовим стовпцем. Рядок, куди попадає нова базисна змінна, називається ключовим рядком. На перетинанні ключового рядка й ключового стовпця знаходиться генеральний елемент.

Правила заповнення таблиць після відправної:

– старий ключовий стовпець переписують у нову таблицю у вигляді нулів, крім елемента, що стоїть на перетинанні ключового стовпця й ключового рядка, тут ставиться одиниця - цей елемент називається генеральним;

– елементи нового рядка, що відповідає старому ключовому рядку знаходять шляхом ділення елементів старого ключового рядка на генеральний елемент;

– стовпці старої таблиці, що містять у ключовому рядку нуль, переписуються в нову таблицю без зміни;

– всі інші елементи нової таблиці визначаються шляхом розрахунку за формулою:

$$\boxed{\text{Новий елемент}} = \boxed{\text{Старий елемент}} - \boxed{\text{Елемент ключового рядка}} * \boxed{\text{Характер-ки Програми}} / \boxed{\text{Генеральний елемент}}$$

Для стовпця вільних членів (B):

$$60 - 80 \cdot 1/4 = 60 - 20 = 40; \quad 100 - 80 \cdot 2/4 = 100 - 40 = 60.$$

Для стовпця x_2 по тому ж правилу:

$$3 - 2 \cdot 1/4 = 3 - \frac{1}{2} = \frac{5}{2}; \quad 3 - 2 \cdot 2/4 = 3 - 1 = 2.$$

Для стовпця x_3 :

$$0 - 1 \cdot 1/4 = 0 - 1/4 = -1/4; \quad 0 - 1 \cdot 2/4 = 0 - 1/2 = -1/2.$$

Визначаємо індексний рядок: $0 - 80 \cdot (-10)/4 = 0 + 200 = 200 = Z$;

$$-8 - 2 \cdot (-10)/4 = -8 - (-5) = -3;$$

$$0 - 1 \cdot (-10)/4 = 0 - (-5/2) = 5/2.$$

Визначаємо ключовий стовпець другої базисної таблиці і ключовий рядок. Для цього, використовуючи раніше викладені правила, виділяємо генеральний елемент і визначаємо нову базисну змінну (тому, що в індексному рядку є негативний елемент і рішення має потребу в поліпшенні): x_4 замінить x_2 .

Сформуємо третю таблицю:

C_6	X_6	В	$3 = C_1$	$2 = C_2$	$0 = C_3$	$0 = C_4$	$0 = C_5$
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
4	X_1	12	1	0	81/20	-1/5	0
5/2	X_2	16	0	1	-1/10	5/2	0
0	X_5	28	0	0	-3/10	-4/5	1
$Z_1 - C_1$		$Z = 248$	0	0	11/5	6/5	0

Визначимо номер старої базисної змінної

$$40 \left/ \frac{5}{2} \right. = 40 \cdot \frac{2}{5} = 16; \quad -\frac{1}{4} \left/ \frac{5}{2} \right. = -\frac{1}{4} \cdot \frac{2}{5} = -\frac{1}{10}.$$

Для стовпця вільних членів (В):

$$20 - 40 \cdot \frac{1}{2} \left/ \frac{5}{2} \right. = 20 - 8 = 12; \quad 60 - 40 \cdot 2 \left/ \frac{5}{2} \right. = 60 - 32 = 28.$$

Для стовпця x_3 :

$$4 - \left(-\frac{1}{4}\right) \cdot \frac{1}{2} \left/ \frac{5}{2} \right. = 4 + \frac{1}{20} = \frac{81}{20}; \quad -\frac{1}{2} - \left(-\frac{1}{4}\right) \cdot 2 \left/ \frac{5}{2} \right. = -\frac{1}{2} + \frac{1}{5} = -\frac{3}{10}.$$

Для стовпця x_4 по тому ж правилу:

$$0 - 1 \cdot \frac{1}{2} \left/ \frac{5}{2} \right. = 0 - \frac{1}{5} = -\frac{1}{5}; \quad 0 - 1 \cdot 2 \left/ \frac{5}{2} \right. = 0 - \frac{4}{5} = -\frac{4}{5}.$$

Визначаємо індексний рядок:

$$200 - 40 \cdot (-3) \left/ \frac{5}{2} \right. = 200 + 40 \cdot 3 \cdot \frac{2}{5} = 200 + 48 = 248 = Z.$$

$$\frac{5}{2} - \left(-\frac{1}{4}\right) \cdot (-3) \left/ \frac{5}{2} \right. = \frac{5}{2} - \frac{3}{10} = \frac{22}{10} = \frac{11}{5}; \quad 0 - 1 \cdot (-3) \left/ \frac{5}{2} \right. = 0 + \frac{6}{5} = \frac{6}{5}.$$

Висновок: З третьої таблиці видно, що в індексному рядку відсутні негативні значення й, отже, неможливо подальше призначення ітераційних процедур. Отримане значення прибутку $Z_0 = 248$ у.о. прибутку за годину, є оптимальним.

ПРИКЛАД 2.3 –задача про призначення [15].

Задача полягає у виборі такого розподілу ресурсів по об'єктам, при якому мінімізується вартість призначень або максимізується прибуток. При цьому передбачається, що кожний ресурс призначається рівно один раз й кожному об'єкту приписується рівно один ресурс. Варіанти можливого застосування задачі про призначення подані у таблиці.

Ресурси	Об'єкти	Критерій ефективності
Робітники	Робочі місця	Час
Автомобілі	Маршрути	Втрати
Станки	Участки	Обсяг переробленої продукції
Екіпажі	Рейси	Час простою
Комівожер	Міста	Товарообіг

Дано: У підприємства для виконання деяких програм є п'ять інвестиційних проектів. Але фінансувати всі проекти одразу підприємство не в змозі: кількість грошей, виділених на поточний рік та на наступні два, менше необхідних для інвестування у повному обсязі. При цьому гроші, що залишилися не можуть бути перенесені на наступні роки. Також не передбачено більше одного джерела фінансування одного й того ж самого проекту.

№ проекту	Чиста приведена вартість, гр. од.	Необхідні вкладення, гр. од.		
		1 рік	2 рік	3 рік
1	40	12	8	17
2	60	17	17	20
3	38	10	7	21
4	50	7	22	6
5	55	17	14	20
Виділений обсяг грошових засобів для інвестицій		54	62	70

Необхідно розподілити виділені кошти в інвестиційні проекти оптимальним чином.

Рішення.

Позначимо через x_j долю вкладення в j -й проект, де $j = 1, 2, 3, 4, 5$. Тоді чиста приведена вартість інвестицій в 1-й проект становитиме $40 \cdot x_1$, у 2-й проект – $60 \cdot x_2$, у 3-й проект – $38 \cdot x_3$, у 4-й проект – $50 \cdot x_4$ та у 5-й проект – $55 \cdot x_5$. При цьому слід враховувати, що інвестиції не повинні перевищувати 54, 62 та 70 у.о. у перший, другий та третій роки відповідно.

Для того, щоб вибрати один із проектів (або ж навіть деяку їх групу) з найбільшою сукупною чистою приведеною вартістю складемо математичну модель даної задачі. Вона матиме вид:

$$L(\vec{x}) = 40 \cdot x_1 + 60 \cdot x_2 + 38 \cdot x_3 + 50 \cdot x_4 + 55 \cdot x_5 \rightarrow \max$$

при обмеженнях:

$$\begin{cases} 12 \cdot x_1 + 17 \cdot x_2 + 10 \cdot x_3 + 7 \cdot x_4 + 17 \cdot x_5 \leq 54 \\ 8 \cdot x_1 + 17 \cdot x_2 + 7 \cdot x_3 + 22 \cdot x_4 + 14 \cdot x_5 \leq 62 \\ 17 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 21 \cdot x_3 + 6 \cdot x_4 + 20 \cdot x_5 \leq 70 \end{cases}$$

причому $x_j = 1$ – проект фінансується, або $x_j = 0$ – проект не фінансується.

Вирішивши дану задачу симплексним методом, отримаємо:

$$x_1 = 1; x_2 = 1; x_3 = 0; x_4 = 1; x_5 = 1.$$

При цьому для завершення проектів буде необхідно бюджетних коштів у сумі 177 у.о.. За такого фінансування сума чистої приведенної вартості проекту буде максимальною і складе 205 у.о.

Відповідь. Найбільш оптимальним буде фінансування 1, 2, 4 та 5 проектів. При цьому для їх завершення з позитивним результатом на протязі трьох років необхідно буде вкласти 177 у.о. (при виділяемому підприємством обсязі у 186 у.о.). За такого фінансування сума чистої приведенної вартості проекту буде максимальною й складе 205 у.о.

Методи динамічного програмування

Динамічне програмування (планування) являє собою особливий математичний метод оптимізації рішень, спеціально пристосований до багатокрокових процесів, у яких зміни в часі відіграють істотну роль [45-46]. Розроблений спочатку Форестером (Forrester) для розрахунку промислових процесів він отримав широкого поширення при проведенні аналізів різного класу систем. Як такий метод сформувався в результаті розвитку теорії інформаційних зворотних зв'язків, теорії рішень та системного аналізу, а також методів машинного розрахунку.

На відміну від лінійного програмування, в якому симплексний метод є універсальним методом рішення, у динамічному програмуванні такого універсального методу не існує. Одним з основних способів розв'язання задач динамічного програмування є метод рекурентних співвідношень, що базується на застосуванні принципу оптимальності Беллмана. Принцип полягає в тому, що, якими б не були початковий стан на будь-якому кроці та управлінські рішення, обрані на кожному з них, наступні управлінські рішення повинні обиратися відносно стану, до якого призведе система в кінці певного кроку. Використання цього принципу гарантує, що управлінське рішення, обране на певному кроці, не є кращим саме на цьому кроці, а є кращим з точки зору процесу в цілому.

До основних задач динамічного програмування належить обрання:
оптимальної стратегії заміни обладнання;
оптимального розподілу ресурсів та/або інвестицій для ефективного використання потенціалу підприємства (організації);
оптимального вкладення витрат на будівництво та експлуатацію підприємства тощо.

Сутність обчислювальної схеми рішення цих та ним подібних задач зводиться до того, що для відшукування оптимальних рішень модель процесу повинна бути представлена у виді ряду послідовних кроків (етапів), а раціональне серед них повинно обиратися з урахуванням майбутнього розвитку процесу. Тобто, процес прийняття рішень стає багатокроковим і розвивається послідовно від етапу до етапу, переслідуючи певну мету. Якість досягнення цієї мети чисельно характеризується показником ефективності W . Ухвалення рішення на кожному етапі багатокрокового процесу являє собою вибір деякого параметра U – параметра управління ходом процесу. Кожному набору значень параметрів управління U відповідає при цьому визначене значення показника ефективності W . Математично цей зв'язок виражається цільовою функцією $W = F(U)$. Завдання полягає в тім, щоб знайти таку послідовність параметрів управління багатокроковим процесом, який максимізує або мінімізує цільову функцію. Зважаючи, що управління U процесу в цілому являє собою сукупність управлінь на кожному кроці: $U = (U_1, U_2, \dots, U_m)$, задача динамічного програмування у загальному виді зводиться до вибору такої послідовності (U_1, U_2, \dots, U_m) , яка забезпечує максимальне значення критерію ефективності: $W = F(U_1, U_2, \dots, U_m)$. При цьому яким би був результат $(i-1)$ -го кроку багатоетапного процесу не був, всі інші рішення на наступних кроках, починаючи з i -го, повинні призводити до оптимального значення цільової функції на кроках, що залишилися.

Тобто, як видно, головною перевагою методу динамічного програмування є те, що розв'язок задачі з великою кількістю змінних N зводиться до послідовного вирішення N задач з однією змінною. Це значно спрощує розв'язок вихідної задачі. Але для задач оптимального розподілу різнотипних засобів за умови, що й кількість типів і засобів по типах надто велика, використання методу динамічного програмування стає надто громіздким. У таких випадках доцільно користуватися градієнтними методами, наприклад, методом максимального елемента [29]. Його сутність полягає в тому, що на довільному кроці оптимізації розподіляється тільки одна одиниця дискретного

ресурсу, причому на той об'єкт, на якому забезпечується максимальний приріст цільової функції. Розв'язок задачі закінчується за умови використання усього запасу ресурсів (тобто, кількість кроків оптимізації дорівнює кількості засобів, що підлягає розподілу).

ПРИКЛАД 2.4 – задача оптимального розподілу ресурсів [15].

Планується діяльність чотирьох підприємств на наступний рік. Початкові засоби: $s_0 = 5$ у.о. Розміри вкладень у кожне підприємство є кратними 1-й у.о. Засоби x , що виділені k -му підприємству ($k = \overline{1,4}$), приносять у кінці року прибуток $f_k(x)$. Функції $f_k(x)$ задані таблично.

Прийнято вважати також, що:

- прибуток $f_k(x)$ не залежить від вкладення засобів в інші підприємства;
- прибуток від кожного підприємства виражається в одних грошових одиницях;
- сумарний прибуток дорівнює сумі прибутків, отриманих від кожного підприємства.

x	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$
1	8	6	3	4
2	10	9	4	6
3	11	11	7	8
4	12	13	11	13
5	18	15	18	16

Необхідно визначити, яку кількість засобів необхідно виділити кожному підприємству, щоб сумарний прибуток був максимальним.

Рішення.

Позначимо через x_k кількість засобів, виділених k -му підприємству. Тоді сумарний прибуток буде дорівнювати: $Z = \sum_{k=1}^4 f_k(x_k)$. Змінні x_k задовольняють обмеженням: $\sum_{k=1}^4 (x_k) = 5$, $x_k \geq 0$, $k = \overline{1,4}$. Процес розподілу засобів розглянемо як 4-х кроковий (при цьому номер кроку співпадає з номером підприємства). Рівняння станів у даній задачі матимуть вид:

$$s_k = s_{k-1} - x_k, \tag{2.4}$$

де s_k - параметр стану (кількість засобів, що залишились після k -го кроку, тобто засоби, які залишилось розподілити поміж $(4 - k)$ підприємствами.

Введемо у розглядувану функцію $Z_k^*(s_{k-1})$ – умовний оптимальний прибуток,

отриманий від k -го, $(k+1)$ -го, ..., четвертого підприємства, якщо між ними оптимальним чином розподілялися засоби s_{k-1} ($0 \leq s_{k-1} \leq 5$). Допустиме управління на k -му кроці задовольняє умові: ($0 \leq x_k \leq s_{k-1}$). Вона означає, що ми або нічого не виділяємо k -му підприємству – $x_k = 0$, або ж виділяємо не більше того, що маємо на k -му кроці – $x_k \leq s_{k-1}$.

Рівняння Беллмана при $k = 4$, $s_4 = 0$ мають вид:

$$\begin{aligned} Z_4^*(s_3) &= \max_{0 \leq x_4 \leq s_3} f_4(x_4), \\ Z_3^*(s_2) &= \max_{0 \leq x_3 \leq s_2} [f_3(x_3) + Z_4^*(s_3)], \\ Z_2^*(s_1) &= \max_{0 \leq x_2 \leq s_1} [f_2(x_2) + Z_3^*(s_2)], \\ Z_1^*(s_0) &= \max_{0 \leq x_1 \leq 5} [f_1(x_1) + Z_2^*(s_1)]. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Послідовно вирішимо записані рівняння, проводячи умовну оптимізацію кожного кроку. Отримані результати зведемо у таку таблицю:

s_{k-1}	x_k	s_k	$k = 3$			$k = 2$			$k = 1$		
			$f_3(x_3) + Z_4^*(s_3)$	$Z_3^*(s_2)$	$x_3^*(s_2)$	$f_2(x_2) + Z_3^*(s_2)$	$Z_2^*(s_1)$	$x_2^*(s_1)$	$f_1(x_1) + Z_2^*(s_1)$	$Z_1^*(s_0)$	$x_1^*(s_0)$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	1	0+4=4	4	0	0+4=4	6	1	0+6=6	8	1
	1	0	3+0=3			6+0=6			8+0=8		
2	0	2	0+6=6	7	1	0+7=7	10	1	0+10=10	14	1
	1	1	3+4=7			6+4=10			8+6=14		
	2	0	4+0=4			9+0=9			10+0=10		
3	0	3	0+8=8	9	1	0+9=9	13	12	0+13=13	18	1
	1	2	3+6=9			6+7=13			8+10=18		
	2	1	4+4=8			9+4=13			10+6=16		
	3	0	7+0=7			11+0=11			11+0=11		
4	0	4	0+13=13	13	0	0+13=13	16	2	0+16=16	20	2
	1	3	3+8=11			6+9=15			8+13=21		
	2	2	4+6=10			9+7=16			10+10=20		
	3	1	7+4=11			11+4=15			11+6=17		
5	4	0	11+0=11	18	5	13+0=13	19	1	12+0=12	24	1
	0	5	0+16=16			0+18=18			0+19=19		
	1	4	3+13=16			6+13=19			8+16=24		
	2	3	4+8=12			9+9=18			10+13=23		
	3	2	7+6=13			11+7=18			11+10=21		
4	1	11+4=15	13+4=17	12+6=18							
5	0	18+0=18	15+0=15	15+0=15	18+0=18						

Відповідь.

Максимум сумарного прибутку дорівнює 24 у.о. за умови, що: першому підприємству виділено 1 у.о.; другому підприємству виділено 2 у.о.; третьому підприємству виділено 1 у.о.; четвертому підприємству виділено 1 у.о.

ПРИКЛАД 2.5 – задача управління запасами [15].

Підприємства мають різні запаси сировини, комплектуючих виробів, готової продукції, що призначена для збуту тощо. Сукупність подібних матеріалів, що являють собою тимчасово невикористовувані ресурси, називають запасами підприємства. Запаси створюють за різних причин. Одна з них полягає в тому, що за умови відсутності на складі будь-яких матеріалів, що виробляються іншими підприємствами, процес власного виробництва може зупинитись. Однак, якщо збільшити запас матеріалів, призначених для довгострокового зберігання – можна суттєво збільшити їх вартість.

Задача керування запасами полягає у виборі для підприємства такої стратегії поповнення й розходу запасів, при якій функція затрат приймає мінімального значення.

Дано: інтенсивність рівномірного попиту відеомагнітофонів, що випускаються підприємством становить 2000 штук на рік. Організаційні втрати становлять 20 тис. у.о. Ціна відеомагнітофона становить 1000 у.о. Втрати на зберігання дорівнюють 0.1 тис. у.о. у розрахунку на один відеомагнітофон у рік. Запаси на складі поповнюються з швидкістю 4000 відеомагнітофонів у рік. Виробнича лінія починає функціонувати тільки тоді, коли рівень запасів на складі дорівнює нулю й продовжує роботу до тих пір, поки не буде вироблено q відеомагнітофонів.

Необхідно визначити: розмір партії, який мінімізує всі витрати; кількість поставок протягом року; час, на протязі якого поставка продовжується; тривалість циклу; максимальний рівень запасів та середній рівень запасів за умови, що розмір поставки є оптимальним.

Рішення.

Дана модель задачі є моделлю виробничих поставок з наступними параметрами:

Маємо такі вхідні дані: $g = 2000$; $b = 20$; $h = 0.1$; $s = 1$; $p = 4000$.

Число партій протягом року: $n = \frac{g}{q} = \frac{2000}{q}$.

Тривалість поставки: $t = \frac{q}{p} = \frac{q}{4000}$. Тривалість циклу: $L = \frac{l}{n} = \frac{q}{g} = \frac{q}{2000}$.

Мінімальний рівень запасів: $RT = (p - g) \cdot t = (4000 - 2000) \cdot \frac{q}{4000} = \frac{q}{2}$.

Середній рівень запасів: $\frac{RT}{2} = \frac{q}{4}$.

Рівень витрат: $C = C1 + C2 + C3 = b \cdot n + s \cdot g + \frac{g \cdot h}{4}$.

Вирішивши рівняння $\frac{dC}{dq} = 0$, отримаємо:

$$q_{opt} = \sqrt{(2 \cdot 4000 \cdot 20 \cdot 2000) / (2000 \cdot 0.1)} = 1265 \text{ відеомагнітофонів.}$$

Знайдемо оптимальні значення поставок, тривалість поставки та тривалість циклу:

$$n_{opt} = \frac{g}{q} = \frac{2000}{1265} \approx 1.6; \quad t_{opt} = \frac{q}{p} = \frac{1265}{4000} \approx 0.115;$$

$$L_{opt} = \frac{l}{n_{opt}} = \frac{365}{1.6} \approx 230$$

Відповідь.

За кожну поставку необхідно доставляти на склад 1265 відеомагнітофонів. При цьому оптимальне число поставок становить – 1.6, : тривалість поставки – 115 днів, а тривалість циклу – 230 днів.

ПРИКЛАД 2.6 – задача розподілу вогневих засобів по цілях [15].

Підрозділу вогневих засобів поставлена задача щодо ураження цілей протиборчої сторони. За результатами оцінювання її стану відома кількість цілей, їх вагові коефіцієнти (бойові потенціали), а також можливості щодо протидії засобам ураження. Оцінено ефективність засобів ураження.

Необхідно обґрунтувати оптимальний розподіл вогневих засобів по цілях з метою забезпечення необхідного ступеня їх ураження.

Рішення.

Задача може мати два випадки. По-перше, якщо для ураження цілей вогневих засобів достатньо, то ураження цілей протиборчої сторони необхідно здійснити з мінімальними витратами своїх засобів. Показником ефективності може бути математичне очікування витрат своїх сил, які необхідно мінімізувати. По-друге, якщо для ураження цілей протиборчої сторони вогневих засобів недостатньо, то, очевидно, як показник ефективності розподілу засобів ураження по цілях доцільно обрати математичне очікування нанесеного збитку противнику.

Цільова функція останньої задачі формалізовано може бути записана у такому виді

$$U(x) = \sum_{j=1}^n A_j \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - q_{ij} p_{ij})^{x_{ij}} \right] \rightarrow \max_{|x_{ij}|}, \quad (2.6)$$

де $\sum_{i=1}^n x_{ij} = a_i \quad j = \overline{1, m}, \quad x_{ij} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = N$ – система обмежень; n – кількість цілей; A_j – вагові коефіцієнти (бойовий потенціал) цілей противника; q_{ij} –

ефективність протидії j -ї цілі засобу ураження i -го типу; p_{ij} – ефективність ураження j -ї цілі засобом ураження i -го типу; x_{ij} – кількість засобів i -го типу, призначених для ураження j -ї цілі; m – кількість типів засобів ураження; a_i – кількість засобів ураження i -го типу; N – загальна кількість засобів ураження.

В ході розв'язання задачі на довільному t -му кроці оптимізації ($t = \overline{1, N}$) одна одиниця засобу ураження ($\Delta x = 1$) розподіляється на одну ціль, яка забезпечує максимальний приріст цільової функції - $\max \Delta U(x_t)$. Причому $\Delta U(x_{t-1}) \geq \Delta U(x_t)$. Це означає, що вибір засобів ураження проходить послідовно в напрямку зростання значення цільової функції доти, доки не будуть вичерпані усі запаси, що забезпечують максимальний приріст цільової функції. Потім використовуються менш ефективні засоби ураження. Процес оптимізації закінчується, коли будуть використані усі запаси засобів ураження, тобто $t = N$. Такий алгоритм розв'язку задачі цілерозподілу забезпечує знаходження оптимального вектора $X^0 = \{x_i^0\}_N$, який належить області припустимих рішень, що цілком відповідає постановці завдання. Однак якщо засобів ураження недостатньо або їх вплив по деяких цілях малоефективний (висока ефективність протидії, низький ваговий коефіцієнт), то може виникнути ситуація, коли на такі цілі не буде призначено жодного вогневого засобу. Розглянемо задачу коли існують три типи засобів поразки ($n = 3$), які розподіляються по трьох цілях противника ($m = 3$). Вагові коефіцієнти цілей задано вектором $A_j = \{100, 10, 10\}$.

Ефективність поразки цілей задано матрицею: $p_{ij} = \begin{vmatrix} 0.9 & 0.5 & 0.5 \\ 0.8 & 0.8 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.8 \end{vmatrix}$.

Необхідно так розподілити вогневі засоби по цілях, щоб збиток протиборчій стороні був максимальним.

Рішення.

Вирішимо задачу методом максимального елемента:

1-й крок оптимізації ($t = 1$): $\Delta_{t=1}(x_{11} = 1) = 90$, $p_{j=1} = 1 - (1 - 0.9) = 0.9$;

2-й крок оптимізації ($t = 2$): $\Delta_{t=2}(x_{21} = 1) = 8$, $p_{j=2} = 1 - (1 - 0.9)(1 - 0.8) = 0.98$;

3-й крок оптимізації ($t = 3$): $\Delta_{t=3}(x_{31} = 1) = 8$, $p_{j=3} = 1 - (1 - 0.8) = 0.8$.

Результатом розв'язку буде:

$$X^0 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad p_j = \{0.9, 0.98, 0.8\}, \quad U(X^0) = 106.$$

Отримано рішення, згідно з яким на другу ціль не буде призначено жодного засобу поразки. Це не завжди припустимо. Для того щоб запобігти виникненню подібної ситуації, необхідно до умови задачі ввести одне з додаткових обмежень, а саме: необхідну ймовірність (ступінь) поразки цілей $p_j \geq p_{jn}, \quad j = \overline{1, m}$; нанесення цілям заданого збитку, призначення на цілі необхідної кількості вогневих засобів; призначення на цілі не менше одного засобу поразки тощо. Використання будь-якого з цих обмежень дозволить провести розподіл засобів поразки по всіх цілях. Це ж в свою чергу дасть змогу розширити коло прикладних задач, що вирішуються за його допомогою.

Динамічні задачі дискретної оптимізації

Завданням численних практичних задач дискретної оптимізації на кшталт розподілу певної програми виробництва за більш короткими проміжками часу, динамічних детермінованих моделей управління запасами, багатопродуктивних моделей виробничого планування, моделей планування виробництва з фіксованими витратами, моделей довгострокового планування тощо є визначення такого припустимого рішення $x \in X$, яке надасть цільовій функції f мінімального значення [47-48]:

$$f(X) = \min\{f(x): x \in X\}, \quad (2.7)$$

де X – припустима область визначення; f – цільова функція; $f(X)$ – множина усіх значень цільової функції $\{f(x): x \in X\}$; $x \in X$ – припустиме рішення задачі $f(X)$.

Рішення таких задач базуються, як правило, на принципах побудови еквівалентних і двоїстих задач, у процесі розв’язку яких застосовуються відповідно певні комбінаторні методи (дискретна динамічна оптимізація, неявний перебір, алгоритми найкоротшого шляху) і метод декомпозиції, а також методи наближеного рішення та методи визначення границь тощо. При цьому ієрархія і послідовність застосування використовуваних принципів істотно визначається власне параметрами і структурою розв’язуваних задач:

а) якщо “динаміка” задач домінує над розмірністю векторів станів і управління, то застосовуються ті методи, у яких враховується в першу чергу динаміка і лише потім інші аспекти (неявний перебір, динамічна оптимізація,

алгоритми визначення найкоротшого шляху);

б) якщо ж навпаки, розмірність векторів станів і управлінь домінує над “динамікою” задач, то в першу чергу використовуються методи, у яких суттєвими є сепарабельність станів і управлінь (генерування стовпців і субградієнтний метод);

в) ефективно розв’язуваними представляються, як правило, ті задачі, у яких є максимум один великий параметр (кількість етапів процесу або розмірність векторів станів і управлінь).

Евристичне підтвердження останнього твердження полягає в тому, що рішення складної задачі дискретної оптимізації стає можливим за умови концентрування уваги на найбільш важливих моментах, з огляду на інші аспекти, які подаються в сильно агрегованій або спрощеній формі.

ПРИКЛАД 2.7 – задача довгострокового планування [15].

Припустимо, що:

1) підприємство робить деяку однорідну (або агреговану) продукцію на яку в певний період T є відповідний попит B_t ;

2) потужностей підприємства до моменту часу t недостатньо, щоб задовольнити зростаючі потреби населення у такій продукції.

3) тривалість реалізації кожного з j варіантів однакова і дорівнює s . Гроші надаються у розпорядження підприємства з визначених фондів у кожен період t в обсязі C_t . Невикористані кошти можна використовувати в наступному періоді. Планування збільшення потужностей підприємства в кожному періоді не повинно перевищувати наявних фондів.

У моделі враховуються такі змінні:

Y_t – позначає наявні в запасі грошові кошти до кінця періоду t ;

K_t – потужність підприємства до кінця періоду t ;

$x_{jt} \in \{0,1\}$ – логічні змінні, які визначають чи варто починати в періоді t реалізацію варіанта j (при $x_{jt} = 1$) чи ні (при $x_{jt} = 0$).

Необхідно визначити таку стратегію розвитку потужностей підприємства, яка б забезпечувала безперервне задоволення попиту, не призводила б до перевищення виділених коштів і мінімізувала сумарні витрати. Для можливого збільшення потужностей підприємства у його розпорядженні є декілька варіантів j ($j = \overline{1, m}$), кожен з яких характеризується:

c_{jr} – фінансовими засобами, необхідні для реалізації j -го варіанта в r -му році (періоді) з моменту початку роботи над цим варіантом розвитку

потужностей, $(r = \overline{1, m})$;

v_{jr} – приростом виробничих потужностей у тому ж самому періоді.

При цьому будемо виходити з того, що у кожному періоді t потужність підприємства K_t складається з потужності попереднього періоду K_{t-1} і приросту потужностей, що відповідають усім тим варіантам, здійснення яких започатковане в періодах $t, t-1, \dots, t+1-s$. Таким чином, справедливі рівності

$$K_t = K_{t-1} + \sum_{j=1}^m \sum_{p=t+1-s}^t v_{j,t+1-p} x_{jp}, \quad \text{де } t = \overline{1, T}. \quad (2.8)$$

Аналогічні міркування призводять до рівняння зміни фінансових фондів:

$$y_t = y_{t-1} + C_t - \sum_{j=1}^m \sum_{p=t+1-s}^t v_{j,t+1-p} x_{jp}, \quad \text{де } t = \overline{1, T}. \quad (2.9)$$

Для опису моделі оберемо екзогенні параметри потужності K_0 і залишкових фінансових фондів y_0 нульового періоду, а також укладену у величинах x_{jt}^0 , $(j = \overline{1, m})$, $t = 2-s, 3-s, \dots, 0$ інформацію про діяльність із збільшення виробничих потужностей у періоді планування.

Відзначимо також, що загальні витрати на реалізацію певного варіанта входять до цільової функції й у тому випадку, якщо за T періодів ефективно виявляється лише частина приросту потужностей. Таким чином, повний опис моделі довгострокового планування визначатиметься такими математичними залежностями:

$$\left. \begin{aligned} & \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m \left(\sum_{r=1}^s c_{jr} \right) x_{jt} \rightarrow \min \\ & x_{jt} \in \{0, 1\}, \quad j = \overline{1, m}, \quad t = \overline{1, T} \\ & x_{jt} = x_{jt}^0, \quad j = \overline{1, m}, \quad t = 2-s, \dots, 0 \\ & K_t = K_{t-1} + \sum_{j=1}^m \sum_{p=t+1-s}^t v_{j,t+1-p} x_{jp} \\ & y_t = y_{t-1} + C_t - \sum_{j=1}^m \sum_{p=t+1-s}^t v_{j,t+1-p} x_{jp} \\ & y_t \geq 0, \quad K_t \geq B_t, \quad t = \overline{1, T} \\ & K_0 = K^0, \quad y_0 = y^0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.10)$$

Для рішення сформульованої задачі можна скористатися різними методами, запозиченими з інших областей математики, а саме методом відсікання [47], розгалужень і границь [48], розширення [45] та розбивки [46], наближеними методами [44], методами декомпозиції [38] тощо. Найбільш розповсюдженими серед них є:

метод дискретної динамічної оптимізації, що добре зарекомендував себе при рішенні одномірних задач;

метод неявного перебору, що дозволяє зробити систематичний перегляд підмножин рішень і визначити нижню межу можливого оптимального рішення;

метод найкоротшого шляху.

Усі вони спираються на перехід до деякого більш зручного класу задач (від задач неопуклої оптимізації до задач дискретної оптимізації, від спеціальних задач оптимізації до еквівалентних або двоїстих задач тощо), а також на комбіноване використання різних принципів для рішення різних підзадач та урахування їх структури.

Ігрові методи прийняття рішень

Відомо, що в ході рішення ряду практичних задач дослідження операцій, наприклад, воєнного характеру (під час ведення бойових дій), при формуванні певних науково-технічних програм, при виборі та обґрунтуванні розвитку складних технічних систем (систем озброєння) тощо доволі часто приходиться стикатися з необхідністю урахування протилежних інтересів декількох протиборчих сторін, тобто розглядати конфліктні ситуації. Необхідність їх аналізу визначила появу спеціального математичного апарату який, маючи низку допущень і обмежень наведених у таблиці 2.1, з часом отримав назву теорії ігор [49-50].

Таблиця 2.1

Допущення і обмеження теорії ігор

Допущення	Обмеження
кожний гравець знає можливості (виражені у відповідних стратегіях), що є в нього та у його супротивника; знає як результат гри залежить від вибору цих можливостей, тобто знає платіжну матрицю; якщо в ході гри мають місце випадкові ходи, то кожному гравцю відомі різні можливості цих випадкових ходів і відповідні їм імовірності; кожний гравець для будь-якої пари виходів вибирає на власний розсуд один результат (коли, наприклад, один виграш є більшим за інший), або виявляє байдужість до обох; кожний гравець знає подібну систему призначень свого супротивника у відношенні виходів (наслідків) гри.	не враховуються елементи ризику, що неминуче присутні в кожній реальній стратегії, а також можливі прорахунки і помилки кожного з гравців (вважається, що обидва гравця грають ідеально); виграш зводиться до одного-єдиного числа (в реальній конфліктній ситуації при виробленні розумної стратегії приходиться враховувати не один, а декілька чисельних параметрів – критеріїв успішності заходу)..

Згідно зазначеної теорії грою називається спрощена формалізована модель конфліктної ситуації, сформована з додержанням суворо відібраного переліку правил (системи умов), що включають:

можливі варіанти дій сторін;

обсяг інформації кожної сторони про поведінку іншої;

послідовність чергування ходів, тобто окремих рішень, що прийняті в процесі гри;

результат або вихід гри, до якого приводить обрана сукупність ходів.

Нині ігрові ситуації математично класифікуються за:

кількістю гравців – на парні, коли в грі беруть участь два гравці, і множинні, якщо у грі бере участь більш двох осіб;

результатами або наслідками гри – на ігри з повною інформацією (учасники при кожному ході знають результати всіх попередніх ходів) та ігри з неповною інформацією (існуюча невідомість із приводу дій супротивника є істотним елементом кожної конфліктної ситуації);

кількістю стратегій число яких є у розпорядженні кожного гравця – на ігри з кінцевим числом стратегій та ігри з нескінченним числом стратегій;

характером взаємин – на некоаліційні, кооперативні, коаліційні. Безкоаліційними називають ігри, у яких гравці мають права вступати в угоди, утворювати коаліції (наприклад, *безкоаліційною* буде військова ситуація, у якій бій ведеться без компромісів, до перемоги; *коаліційною* буде ситуація за якої протиборчі сторони можуть починати переговори з метою досягти компромісного рішення виниклої ситуації; *кооперативною* буде ситуація у якій коаліції визначені наперед);

видом функції вигравів – на:

матричну гру – кінцева гра двох гравців з нульовою сумою, у якій виграш першого гравця задаються у виді матриці, а програш другого дорівнює виграшу першого;

біматричну гру – кінцева гра двох гравців з ненульовою сумою, у якій виграші кожного гравця задаються матрицями окремо для відповідного гравця.;

безперервну гру – гра, у якій функція вигравів кожного гравця є безперервною залежно від стратегій;

опуклу гру – гра, у якій функція вигравів є опуклою;

сепарабельну (роздільну) гру – гра, у якій функція вигравів може бути представлена у виді суми добутоків функцій від одного аргументу. За допомогою визначених перетворень її рішення зводиться до рішення гри з білінійною функцією вигравів до моменту визначення нерухомої точки при спеціальному відображенні множини елементів, що відповідають стратегіям;

дуельну гру – гра, яка характеризується моментом вибору ходу й ймовірностями одержання вигравів залежно від часу, що пройшов від початку гри до моменту вибору (наприклад, розглядаючи конфліктну військову ситуацію, варто врахувати моменти введення резервних сил у процес ведення бойових дій);

кількістю ходів, а також кількістю інформації про характер сформованої ситуації і наміри протиборчої сторони.

У рішенні будь-якої з ігрових ситуацій спостерігається така загальна схема:

по-перше, ігрова ситуація представляється матрицею $m \times n$;

по-друге, визначається нижня α і верхня β ціна гри. Якщо $\alpha = \beta$, то процес рішення закінчується. Якщо $\alpha \neq \beta$, то аналіз ситуацій продовжується;

по-третє, визначається наявність домінуючих і дублюючих стратегій. Якщо такі є, вони викреслюються з матриці. Після цього приступають до розв'язання ігрової ситуації визначеними методами і прийомами.

Припустимо, що задана гра $m \times n$. Сторона A має m стратегій A_1, A_2, \dots, A_m .

Сторона B має n стратегій B_1, B_2, \dots, B_n . Також задана платіжна матриця $\|a_{ij}\|$.

Необхідно знайти рішення гри, тобто дві оптимальні змішані стратегії сторін A та B :

$$S_A^* = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 & \dots & A_m \\ p_1 & p_2 & \dots & p_m \end{pmatrix}, \quad S_B^* = \begin{pmatrix} B_1 & B_2 & \dots & B_n \\ q_1 & q_2 & \dots & q_n \end{pmatrix}, \quad \text{де } \sum_{i=1}^m p_i = 1, \quad \sum_{j=1}^n q_j = 1, \quad (2.11)$$

а також визначити ціну гри ν .

При цьому:

а) стратегія S_A^* сторони A повинна забезпечити: виграш, не менший за ν , при будь-якій поведінці сторони B ; виграш, що дорівнює ν , при оптимальній поведінці сторони B (стратегія S_B^*).

б) стратегія S_B^* сторони B повинна забезпечити: програш, не більший за ν , при будь-якій поведінці сторони A ; програш, що дорівнює ν , при оптимальній поведінці сторони A (стратегія S_A^*).

Вважатимемо, що величина ціни гри ν в цьому випадку дорівнює деякому додатному числу. Для цього достатньо, щоб всі елементи матриці $\|a_{ij}\|$ були позитивними. Такого результату можна досягти шляхом додавання до елементів a_{ij} деякої досить великої позитивної величини L . За цих обставин ціна гри збільшиться на L , а рішення не зміниться.

Обравши оптимальну стратегію S_A^* сторони A при стратегії B_j сторони B матимемо середній виграш, що буде дорівнювати:

$$a_j = p_1 a_{1j} + p_2 a_{2j} + \dots + p_m a_{mj}.$$

Зважаючи на те, що оптимальна стратегія S_A^* за будь-якої поведінки сторони B забезпечує виграш стороні A , не менший за ν (тобто для будь-якої стратегії B_j ($j = \overline{1, n}$) числа a_j ($j = \overline{1, n}$) не можуть бути меншими за ν) отримаємо ряд умов, а саме:

$$\begin{aligned}
 p_1 a_{11} + p_2 a_{21} + \dots + p_m a_{m1} &\geq v \\
 p_1 a_{12} + p_2 a_{22} + \dots + p_m a_{m2} &\geq v, \\
 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots &\dots \dots \dots \\
 p_1 a_{1n} + p_2 a_{2n} + \dots + p_m a_{mn} &\geq v
 \end{aligned}
 \tag{2.12}$$

Крім цього $p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1$.

Розділивши дану нерівність на позитивну величину v та позначивши:

$$\frac{p_1}{v} = x_1, \quad \frac{p_2}{v} = x_2, \quad \dots, \quad \frac{p_m}{v} = x_m
 \tag{2.13}$$

отримаємо:

$$\begin{aligned}
 a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{m1}x_m &\geq 1 \\
 a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{m2}x_m &\geq 1, \\
 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots &\dots \dots \dots \\
 a_{1n}x_1 + a_{2n}x_2 + \dots + a_{mn}x_m &\geq 1
 \end{aligned}
 \tag{2.14}$$

де x_1, x_2, \dots, x_m - позитивні числа.

Розділивши нерівність (2.13) на позитивну величину v та використавши позначення (2.14) отримаємо:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_m = \frac{1}{v}
 \tag{2.15}$$

Виходячи з того, що сторона A бажає зробити власний вигравш максимально можливим ($v \rightarrow \max$), права сторона рівняння (2.15) прийме вигляд:

$$L = x_1 + x_2 + \dots + x_m \rightarrow \max
 \tag{2.16}$$

Таким чином, задача знаходження рішення гри зводиться до задачі лінійного програмування: визначити додатні величини x_1, x_2, \dots, x_m , що задовольняють умовам (2.12) та мінімізують лінійну форму (2.14). В результаті рішення сформульованої задачі лінійного програмування знаходимо ціну гри v та значення ймовірностей p_1, p_2, \dots, p_m , тобто оптимальну змішану стратегію S_A^* сторони A (стратегію S_B^* сторони B).

ПРИКЛАД 2.8 – рішення гри $n \times n$ [15].

Припустимо, що існує така платіжна матриця:

	B_1	B_2	B_3	
A_1	2	1	1	α_1
A_2	1	1	2	α_2
A_3	1	2	1	α_3
	β_1	β_2	β_3	

де стратегія A_1 – автомобіль Урал; стратегія A_2 – автомобіль КраЗ; стратегія

A_3 – автомобіль МА3; стратегія B_1 – війська РХБЗ; стратегія B_2 – війська зв'язку та АСУ; стратегія B_3 – аеромобільні війська.

Необхідно:

1) розв'язати пряму задачу за сторону A ;

2) розв'язати двоїсту задачу для сторони B (при цьому змінні двоїстої задачі дорівнюють коефіцієнтам індексного рядка симплекс-таблиці, у якій отриманий оптимальний план, узятим з оберненими знаками).

Склавши за (2.12) систему нерівностей:
$$\begin{cases} 2p_1 + p_2 + p_3 \geq v \\ p_1 + p_2 + 2p_3 \geq v \\ p_1 + 2p_2 + p_3 \geq v \end{cases}$$
 та позначивши

$x_i = \frac{p_i}{v} \geq 0$, згідно з (2.14) отримаємо:
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 \geq 1 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 1 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 1 \end{cases}$$

Виходячи з цього задача лінійного програмування може бути сформульована так: знайти невід'ємні значення змінних x_1, x_2, x_3 , що задовольняють системі обмежень (2.16) та дають мінімум лінійній формі $L = x_1 + x_2 + x_3$.

Привівши задачу до канонічної форми
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 1 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 - x_5 = 1 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 - x_6 = 1 \end{cases}$$
 та записавши її у

стандартній для симплекс-методу формі: $x_4 = -1 - (-2x_1 - x_2 - x_3)$, $x_5 = -1 - (-x_1 - x_2 - 2x_3)$, $x_6 = -1 - (-x_1 - 2x_2 - x_3)$ де $L = 0 - (-x_1 - x_2 - x_3)$, знайдемо розв'язок (імовірності застосування чистих стратегій в оптимальній змішаній стратегії сторін) та ціну гри.

Після відповідних математичних обчислень отримаємо:

чисту ціну гри: $L = \frac{1}{v} = \frac{3}{4} \Rightarrow v = \frac{4}{3}$;

імовірності застосування чистих стратегій в оптимальній змішаній стратегії сторони A :

$$x_i = \frac{p_i}{v} \Rightarrow p_1 = x_1 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3}, p_2 = x_2 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3}, p_3 = x_3 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3};$$

змінні двоїстої задачі: $y_1 = -\gamma_1 = \frac{1}{4}$, $y_2 = -\gamma_2 = \frac{1}{4}$ та $y_3 = -\gamma_3 = \frac{1}{4}$;

імовірності застосування чистих стратегій у оптимальній змішаній стратегії сторони B :

$$x_i = \frac{q_i}{v} \Rightarrow q_1 = y_1 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3}, q_2 = y_2 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3}, q_3 = y_3 \cdot v = \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{3} = \frac{1}{3}.$$

Оптимальні стратегії S_A^* та S_B^* за умови, що чиста ціна гри дорівнюватиме $v = \frac{4}{3}$ будуть становити: $S_A^* = \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$, $S_B^* = \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$.

Це означає, що сторона A (фірма поставщик) з однаковою імовірністю пропонуватиме всі зразки з виставленої для продажу автомобільної техніки, не віддаючи переваги жодному з них. При цьому за умови масової пропозиції поставщик зможе продати в середньому 1.33 від запропонованих автомобілів.

Замовник – сторона B (в особі, наприклад, керівництва МОУ), вирішуючи питання щодо переоснащення видів і родів ЗС України новими типами автомобільної техніки може також з однаковим ступенем імовірності закуповувати зразки із сукупності запропонованих.

На основі застосування розробленої стратегії отримана можливість проведення комплексного оцінювання конкуруючих зразків ОВТ. Це дасть можливість підвищити обґрунтованість пропозицій до Державного замовлення щодо доцільності придбання нових зразків ОВТ або проведення модернізації існуючих.

ПРИКЛАД 2.9 – ігрова модель дуельної ситуації [51].

В якості прикладу застосування елементів теорії ігор розглянемо ігрову модель дуельної ситуації, що може бути описана за допомогою антагоністичної гри. У такій грі стратегія гравців характеризується числами x та y , які є нормованими моментами часу застосування зброї, відповідно, першим і другим гравцями. Припустимо, що перший гравець – “наша сторона”, другий гравець – протиборча сторона [51].

Далі обмежимося розглядом спрощеної моделі антагоністичної гри, так званої шумної дуелі. Кількість пострілів, які можуть зробити гравці, не обмежується. Під терміном “постріл” будемо розуміти як одиничний постріл, так і чергу. Ймовірність одночасного пострілу розглядати не будемо, оскільки вона дуже мала, а витрати у цьому випадку враховуються залежностями, де першим робить хід другий гравець.

Моменти пострілів як “нашої” сторони, так і протиборчої за своєю природою випадкові величини, тому ймовірність виграшу першого гравця на i -му ході:

$$p_{1,i} = p_1(1-p_1)^{(i-1)} \times (1-p_2)^{(i-1)}, \quad (2.17)$$

де $p_{1,i}$ – ймовірність виграшу першого гравця на i -му ході ($i = \overline{1, n}$); p_1 – ймовірність виграшу першого гравця (поразки об’єкта військової техніки (ОВТ)

другого гравця) за один хід; p_2 – ймовірність виграшу другого гравця (поразки ОВТ першого гравця) за один хід.

Тому ймовірність виграшу першого гравця за i ходів $p_1(i)$ визначається як:

$$p_1(i) = p_{1,1} \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.18)$$

де $z^i = (1 - p_1)^{(i-1)} \times (1 - p_2)^{(i-1)}$.

Відповідно для другого гравця

$$p_{2,i} = (1 - p_1)^{(i-1)} \times p_2 (1 - p_2)^{(i-1)}, \quad (2.19)$$

$$p_2(i) = p_{2,1} \sum_{i=1}^n z^i. \quad (2.20)$$

Таким чином, ймовірність завершення гри за i ходів $p(i)$ визначається співвідношенням:

$$p(i) = (p_{1,1} + p_{2,1}) \sum_{i=1}^n z^i. \quad (2.21)$$

Розглянемо відповідні ймовірностям (2.17) – (2.21) математичні очікування витрат першого гравця при його першому ході M_1 та при першому ході другого гравця M_2 (рис. 2.2 та 2.3):

$$M_1 = (C_{БК} [p_1] + p_2 (1 - p_1) C_{ОВТ}) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.22)$$

$$M_2 = (p_2 C_{ОВТ} + (1 - p_2) C_{БК} [p_1]) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.23)$$

де $C_{БК} [p_1]$ – вартість боєкомплекту, який витрачається на поразку цілі з ймовірністю p_1 ; $C_{ОВТ}$ - вартість ОВТ першого гравця.

Для вибору оптимального розміру черги вирази (2.22) та (2.23) зручніше записати в дещо іншому виді:

$$M_1 = (C_{БК} + p_2 (1 - W_1 [C_{БК}]) C_{ОВТ}) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.24)$$

$$M_2 = (p_2 C_{ОВТ} + (1 - p_2) C_{БК}) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.25)$$

де $C_{БК}$ – вартість пострілу (черги); $W_1 [C_{БК}]$ – ймовірність поразки противника при вартості пострілу $C_{БК}$.

Для отримання результатів, що мають практичне значення, необхідно задатися конкретною залежністю $W_1 [C_{БК}]$. Для вибору оптимального розміру черги треба встановити залежність $W_1 [C_{БК}]$ від довжини черги. Як відомо, чим

більша черга, тим більша імовірність поразки цілі. Якщо ймовірність поразки цілі при використанні одного боєприпасу p_{11} , то ймовірність поразки цілі при стрільбі чергою з N боєприпасів

$$p_1 = \sum_{k=1}^N C_k^N p_{11}^k (1-p_{11})^{N-k} = 1 - (1-p_{11})^N, \quad (2.26)$$

Підставивши (2.26) у (2.22, 2.23), знаходимо

$$M_1 = (C_{БК} + p_2(1-p_{11})^N C_{ОВТ}) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.27)$$

$$M_2 = (p_2 C_{ОВТ} + (1-p_2) C_{БК}) \times \sum_{i=1}^n z^i, \quad (2.28)$$

У реальних бойових ситуаціях імовірність першим зробити постріл k залежить від технічних можливостей гравців і змінюється в інтервалі $[0;1]$, тому середнє математичне очікування витрат першого гравця:

$$M = kM_1 + (1-k)M_2 \quad (2.29)$$

У виразах (2.21) – (2.23) N може набувати тільки цілочислові значення. Тому безпосереднє визначення оптимального значення N_{opt} , при якому “наш” програш мінімальний, проведемо графічним методом для трьох різних співвідношень вартостей ОВТ та пострілу ($C_{ОВТ}/C_{БК} = 50$ $C_{ОВТ}/C_{БК} = 2100$).

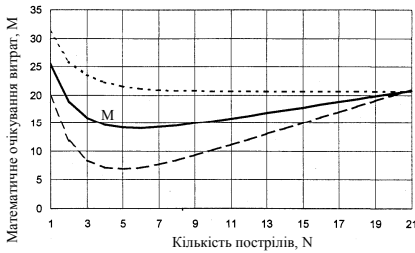


Рис. 2.2. Математичне очікування витрат 1-го гравця ($C_{ОВТ}/C_{БК} = 50$)

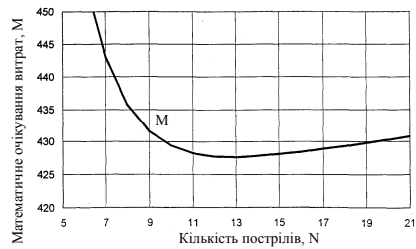


Рис. 2.3. Математичне очікування витрат 1-го гравця ($C_{ОВТ}/C_{БК} = 2100$)

Висновки.

1. Аналіз залежностей математичного очікування витрат у дуельному бою показує, що для заданих значень вартостей ОВТ і пострілу та ймовірностей ураження завжди існує оптимальне значення довжини черги.

2. Оптимум довжини черги збільшується при зменшенні ймовірності першим зробити постріл та вартості боєприпасу.

3. Негострота екстремуму вказує на практичну цінність отриманих результатів. Зменшення розміру черги в порівнянні з оптимальною приводить

до більш істотного збільшення “наших” втрат, ніж його збільшення. Залежність втрат при $N > N_{opt}$ зменшується при зниженні відносної вартості одного боєприпасу і вартості ОВТ.

ПРИКЛАД 2.10 – ігрова модель оптимального плану продаж [15].

Торгова фірма розробила декілька варіантів плану продаж товарів на майбутньому ярмарку з урахуванням кон’юнктури ринку, що постійно змінюється та попиту покупців. Можливі варіанти показників доходу представлені в таблиці:

План продаж	Величина доходу, гр. од.		
	К1	К2	К3
П1	8	4	2
П2	2	8	4
П3	1	2	8

Необхідно: Визначити оптимальний план продажу товарів.

Рішення.

Визначимо нижню та верхню ціну гри:

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max(8; 8; 8) = 8; \quad \beta = \min_j \max_i a_{ij} = \min(1; 2; 2) = 2.$$

Так як $\alpha \neq \beta$, сідлова точка відсутня й тому оптимальне рішення необхідно шукати у змішаних стратегіях гравців.

Введемо позначення:

– імовірність застосування торговою фірмою стратегії через: $P_1 - x_1$, $P_2 - x_2$ та $P_3 - x_3$;

– імовірність використання торговою фірмою стратегії через: $K_1 - y_1$, $K_2 - y_2$ та $K_3 - y_3$.

Для першого гравця (торгової фірми) математична модель задачі має вид:

$$L(\bar{X}) = X_1 + X_2 + X_3 \rightarrow \min$$

при обмеженнях:

$$\begin{cases} 8 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 \geq 1 \\ 4 \cdot X_1 + 8 \cdot X_2 + 2 \cdot X_3 \geq 1, \quad X_i \geq 0, \quad i = \overline{1,3}, \text{ де } x_i = X_i \cdot v. \\ 2 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 8 \cdot X_3 \geq 1 \end{cases}$$

Для другого гравця (кон’юнктури ринку та попиту покупців) математична модель задачі має вид $S(\bar{Y}) = Y_1 + Y_2 + Y_3 \rightarrow \max$ при обмеженнях:

$$\begin{cases} 8 \cdot Y_1 + 4 \cdot Y_2 + 2 \cdot Y_3 \leq 1 \\ 2 \cdot Y_1 + 8 \cdot Y_2 + 4 \cdot Y_3 \leq 1, \quad Y_j \geq 0, \quad j = \overline{1,3}, \text{ де } y_j = Y_j \cdot v. \\ Y_1 + 2 \cdot Y_2 + 8 \cdot Y_3 \leq 1 \end{cases}$$

Знайдемо оптимальне рішення задачі для другого гравця симплексним методом. При цьому остання таблиця матиме вид:

b_j	БП	1	1	1	0	0	0	c_i
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	
1	Y_1	1	0	0	1/7	-1/14	0	1/14
1	Y_2	0	1	0	-3/98	31/196	-1/14	11/196
1	Y_3	0	0	1	-1/98	-3/98	1/7	5/49
Δ_i		0	0	0	5/49	11/196	1/14	45/196

З таблиці виходить, що $\bar{Y}_{opt} = (1/14; 11/196; 5/49)$. $S(\bar{Y})_{max} = 45/196$.

Ціна гри: $v = \frac{1}{S(\bar{Y})_{max}} = 196/45$.

Так як $y_j = Y_j \cdot v$, то: $y_1 = 14/45$, $y_2 = 11/45$, $y_3 = 20/45$.

Виходячи з цього оптимальна стратегія другого гравця:

$$\bar{y}_{opt} = (14/45; 11/45; 20/45).$$

Стратегію першого гравця знайдемо з останньої симплексної таблиці, використовуючи метод відповідності змінних вихідної та двійкової задач. Отримаємо:

$$\bar{x}_{opt} = (20/45; 11/45; 14/45).$$

Відповідь:

На ярмарку торгова фірма повинна дотримуватись стратегії $\bar{x}_{opt} = (20/45; 11/45; 14/45)$.

В такому разі вона отримає прибуток у $v = \frac{1}{S(\bar{Y})_{max}} = 196/45$ у.о.

Задача кластеризації кількісних даних

При проведенні порівняльного аналізу визначеної вибірки з R складних технічних систем (об'єктів) та подальшого вибору серед них раціональної альтернативи, ключовим моментом є реалізація процедури, яка дозволить за визначеними критеріями здійснити обґрунтований розподіл цієї вибірки на сукупність декількох непересічних множин. Одним з можливих шляхів рішення цієї задачі є застосування математичних методів кластерного аналізу [52-54]., що, як наслідок, дасть можливість:

спростити процедуру подальшої обробки даних та прийняття відповідних рішень, застосувавши до кожної з груп власний метод аналізу;

скоротити початкову сукупність альтернативних об'єктів, залишивши по одному найбільш типовому представнику від кожного кластера, якщо початкова вибірка буде надто великою та провести при цьому її порівняльний аналіз;

виявити нетипові об'єкти, які неможливо приєднати до жодного з кластерів початкової вибірки.

Формально будь-яке завдання кластеризації можна сформулювати як завдання щодо розбивки деякої навчальної вибірки з R об'єктів за визначеним алгоритмом та визначеними критеріями на неперетинні підмножини (кластери, групи) так, щоб: кожний кластер складався з об'єктів, близьких за метрикою ρ ; об'єкти усередині кластеру були, у прямому сенсі, подібні (схожі) один з одним; об'єкти з різних груп були б або взагалі не подібні, або ж суттєво відрізнялися. У цьому випадку:

1) кожному об'єкту $r_i \in R^m$, що належатиме кінцевій навчальній вибірці об'єктів $R^m = \{r_1, \dots, r_m\} \subset R$ приписується або ставиться у відповідність вхідний вектор заздалегідь відомих номерів кластера (імен, міток, ознак) $p_i \in P^m$, де $\overline{p_i} = p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}$;

2) під "подібністю" розуміється близькість об'єктів у багатовимірному просторі ознак, яка визначається шляхом зіставлення об'єктів один з одним. Міра близькості об'єктів описується при цьому функцією $\rho(r, r^\circ)$ та встановлюється за трьома групами критеріїв, де [55]:

перша група критеріїв визначає функціональну подібність (повну, часткову або приблизну), тобто подібність об'єктів (зразків техніки, їх систем або підсистем) за переліком функцій, що ними виконуються;

друга група – означає структурну або конструктивну подібність, що відшукується за переліком відповідних елементів та зв'язками між ними;

третья група – стосується параметричної подібності сукупності об'єктів, що порівнюються та охоплюватиме пошук моментів їх подібності за складом і номіналом параметрів.

Результат порівняльного оцінювання R об'єктів за методом кластеризації, алгоритм якого поданий на рис. 2.4 та їх раціонального розподілу на групи (кластери) є принципово неоднозначним. Цьому, як правило, сприяє:

відсутність однозначно найкращого критерію якості кластеризації;

невизначеність щодо попередньої кількості кластерів відносно деякого суб'єктивного критерію;

залежність результату кластеризації від міри (ступеня) близькості об'єктів, вибір якої також суб'єктивний і визначається експертом.

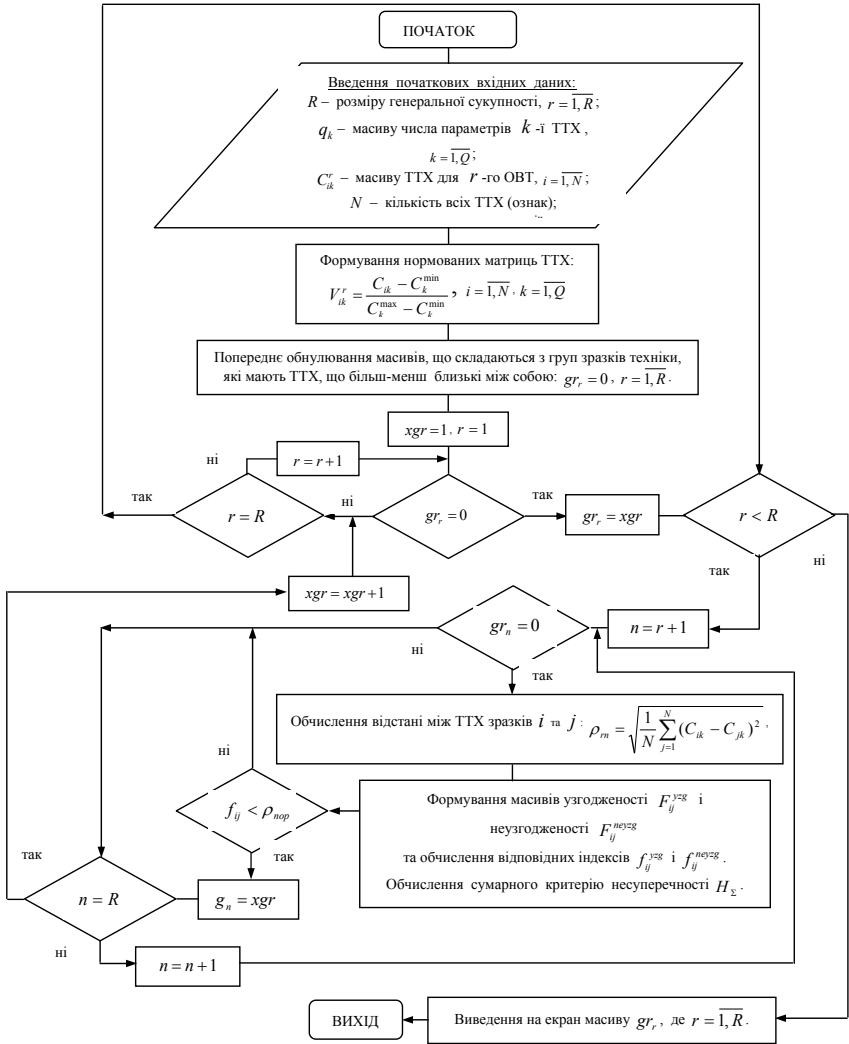


Рис.2.4. Алгоритм порівняльного оцінювання об'єктів за методом кластеризації кількісних даних

Він може бути виражений якісною або кількісною оцінками, що впорядковані за шкалою переваг, у виді значення сумарного критерію несуперечності H_{Σ} та порогових значень індексів узгодженості – f_{ij}^{yzg}

(неузгодженості – $f_{ij}^{неузг}$), саме за якими і здійснюватиметься перебір кластеризацій на двох підвбірках даних.

ПРИКЛАД 2.11 – класифікація і порівняльне оцінювання зразків ОВТ [55].

На першому кроці алгоритму у вигляді таблиці 2.2 формується матриця, елементами якої можуть бути показники:

альтернатив-критеріїв C_{ik} , де $k = \overline{1, Q}$ – кількість критеріїв/ознак ($Q = 5$), $i = \overline{1, N}$ – кількість альтернатив/об’єктів ($N = 11$);

вихідної вибірки даних C_{ik} для r_i об’єктів та p_k ознак по кожному з них, якщо використовується кількісна шкала (наприклад, шкала значень тактико-технічних характеристик зразків техніки).

Таблиця 2.4

Вхідна вибірка даних					
Ознаки Об’єкти	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
r_1	5	979	3.7	16	0.9
r_2	5	2860	1.8	32	3.4
r_3	5	2669	19.1	3	2.0
r_4	2	2989	6.4	9	0.9
r_5	2	3202	9.4	6	0.7
r_6	6	2668	19.4	3	2.2
r_7	5	2736	2.4	24	3.6
r_8	5	2668	17.4	3	1.9
r_9	5	2670	9.8	6	2.8
r_{10}	2	1005	3.7	16	1.0
r_{11}	2	3953	4.3	14	0.7

На другому кроці отримана матриця нормалізується (величини нормалізованих значень критеріїв змінюються від нуля до одиниці) за, наприклад, такими правилами:

а) для критерію (ознаки) ефективності (чим більше, тим краще):

$$C_{ik}^r = \frac{C_{ik} - C_k^{\min}}{C_k^{\max} - C_k^{\min}}; \quad (2.30)$$

б) для критерію (ознаки) вартості (чим менше, тим краще):

$$C_{ik}^r = \frac{C_k^{\max} - C_{ik}}{C_k^{\max} - C_k^{\min}}; \quad (2.31)$$

в) для критеріїв (ознак) ефективності і вартості:

$$C_{ik}^r = C_{ik} / C_k^{\max}; \quad (2.32)$$

де C_k^{\max} та C_k^{\min} – максимальне та мінімальне значення k -го критерію (ознаки) на всьому наборі альтернатив.

Таблиця 2.5

Нормовані вхідні дані					
Ознаки Об'єкти	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
r_1	0.8333	0.2477	0.1907	0.5000	0.2500
r_2	0.8333	0.7235	0.0928	1	0.9444
r_3	0.8333	0.6752	0.9845	0.0938	0.5556
r_4	0.3333	0.7561	0.3299	0.2813	0.2500
r_5	0.3333	0.8100	0.4845	0.1875	0.1944
r_6	1	0.6749	1	0.0938	0.6111
r_7	0.8333	0.6921	0.1237	0.7500	1
r_8	0.8333	0.6749	0.8969	0.0938	0.5278
r_9	0.8333	0.6754	0.5052	0.1875	0.7778
r_{10}	0.3333	0.2542	0.1907	0.5000	0.2778
r_{11}	0.3333	1	0.2216	0.4375	0.1944

На третьому кроці формується матриця близькості $M^{bлизк}(r_i, r_j)$, елементи якої (ρ_{ij}) будуть визначатися як міжточкові відстані за відомою формулою:

$$\rho_{ij} = \sqrt{\frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (C_{ik} - C_{jk})^2}, \quad (2.33)$$

де $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{(i+1), N}$.

$$\text{Для } i=1, j=2 \quad \rho_{12} = \sqrt{\frac{1}{5} \cdot \left[(0.8333 - 0.8333)^2 + (0.2477 - 0.7235)^2 + (0.1907 - 0.0928)^2 + (0.5 - 1)^2 + (0.25 - 0.9444)^2 \right]} = 0.4401.$$

Обчисливши аналогічним чином інші міжточкові відстані для нормованих вхідних даних, отримаємо таблицю між точкових відстаней між порівнюваними об'єктами (табл. 2.6).

На четвертому кроці за матрицею $M^{bлизк}(r_i, r_j)$ для альтернатив r_i та r_j :

а) множина з R об'єктів поділяється на підвибірки (диполі) близько розташованих складних технічних систем (об'єктів) $A \cap B$, причому до одного диполя належатимуть лише ті об'єкти, відстані між якими будуть найменшими. Для цього визначаються так звані масиви узгодженості і неузгодженості. Множина узгодженості має включати всі критерії (ознаки) з матриці близькості $M^{bлизк}(r_i, r_j)$, за якими альтернатива r_i буде переважати альтернативу r_j :

$F_{ij}^{узг} = \{k | \rho_{ik} > \rho_{jk}\}$ і навпаки множина неузгодженості включатиме всі інші критерії (ознаки) – $F_{ij}^{неузг} = \{k | \rho_{ik} < \rho_{jk}\}$;

б) проводиться довизначення (регуляризація) сформованих кластеризацій A і B шляхом додаткової перевірки та поділу множини об'єктів (зразків техніки) на підмножини $C \cap D$ за таким правилом: для диполів, що мають непарні номери, об'єкти, які належать A , відносяться до C ; для диполів, що мають парні номери, об'єкти, які належать B , відносяться до D ; для парних номерів диполів – навпаки.

в) обчислюються міжточкові відстані для підвбірок $A \cap B$ і $C \cap D$ за формулою (2.33).

Пункти а), б) та в) повторюватимуться до тих пір, поки всі об'єкти (засоби розвідки) не увійдуть до множин $A \cap B$ та $C \cap D$, або якщо мінімальна відстань між сформованими групами перевищить деяке критичне значення. Тоді головною умовою є виконання вимоги: протилежні вершини (об'єкти, засоби розвідки) мають відноситися до різних множин.

Таблиця 2.6

Нормовані вхідні дані										
Ознаки Об'єкти	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}	r_{11}
r_1	0.4401	0.4629	0.3393	0.3882	0.4818	0.4067	0.4298	0.3628	0.2240	0.4059
r_2	0	0.5950	0.5111	0.5716	0.5976	0.1162	0.5734	0.4148	0.4846	0.4944
r_3		0	0.4034	0.3626	0.0789	0.5234	0.0411	0.2400	0.5098	0.4870
r_4			0	0.0880	0.4617	0.4645	0.3716	0.3390	0.2529	0.1405
r_5				0	0.4268	0.5214	0.3341	0.3489	0.3162	0.1831
r_6					0	0.5249	0.0952	0.2487	0.5572	0.5381
r_7						0	0.5004	0.3199	0.4539	0.4692
r_8							0	0.2120	0.4803	0.4563
r_9								0	0.4181	0.4095
r_{10}									0	0.3370

На п'ятому кроці здійснюється перебір гіпотез про число кластерів H_{AB} для підвбірок $A \cap B$ і H_{CD} для підвбірок $C \cap D$ та обчислюються індекси, що відповідають масивам узгодженості і неузгодженості:

$$H_{AB} = \frac{h - \Delta h}{h} \rightarrow \min, \quad H_{CD} = \frac{h - \Delta h}{h} \rightarrow \min, \quad (2.34)$$

де h – кількість усіх кластерів, виділена на вибірках $A \cap B$ та $C \cap D$;

Δh – кількість кластерів, що подібні один до одного.

Індекс узгодженості в цьому випадку визначається як сума ваг критеріїв (ознак) з матриці близькості $M^{blizk}(r_i, r_j)$, що входять в F_{ij}^{uzg} :

$$f_{ij}^{uzg} = \sum_{k \in F_{ij}^{uzg}} \rho_k. \quad (2.35)$$

Індекс неузгодженості відображує ступінь того, наскільки альтернатива r_i

є гіршою за r_j , й визначається так:

$$f_{ij}^{неузг} = \left[\max_{k \in P_i^{неузг}} |\rho_{ik} - \rho_{jk}| \right] / \left[\max_{k \in [1, Q]} |\rho_{ik} - \rho_{jk}| \right]. \quad (2.36)$$

Більше значення $f_{ij}^{узг}$ ($f_{ij}^{узг} \in [0,1]$) означає, що за критерієм узгодженості альтернатива r_i переважає альтернативу r_j . Більше значення $f_{ij}^{неузг}$ ($f_{ij}^{неузг} \in [0,1]$) означає, що за критерієм неузгодженості навпаки альтернатива r_j переважає альтернативу r_i .

На шостому кроці проводиться перебір кластеризацій за сумарним критерієм несуперечності H_{Σ} , та визначаються пороги домінування шляхом порівняння індексів узгодженості – $f_{ij}^{узг}$ і неузгодженості – $f_{ij}^{неузг}$ з порогом кластеризації – $\rho_{пор}$:

$$H_{\Sigma} = \frac{1}{2}(H_{AB} + H_{CD}) \rightarrow \min. \quad (2.37)$$

Оптимальній кластеризації [2.37] відповідатиме випадок, коли $H_{\Sigma} \rightarrow 0$.

Значення порога кластеризації – $\rho_{пор}$ задається особою, що уповноважена приймати рішення. Порівняння об'єктів (зразків техніки) з оптимальної кластеризації здійснюється за правилом:

$$\text{якщо } f_{ij}^{узг} > \rho_{пор} \text{ або } f_{ij}^{неузг} < \rho_{пор}, \text{ то } r_i > r_j. \quad (2.38)$$

Отже реалізація запропонованого алгоритму дасть змогу вирішити декілька найважливіших проблем, а саме: по-перше, спростити обробку вихідних даних; по-друге, за сумарним критерієм несуперечності або індексами домінування прийняти рішення щодо раціонального розподілу множини з R об'єктів (засобів розвідки) на групи, що у певному сенсі схожі один на одного. Як результат буде сформована відповідна деревоподібна ієрархічна структура, в якій кожний об'єкт характеризуватиметься перерахуванням всіх кластерів, яким він належить, звичайно від великого до дрібного; по-третє, вибрати найкраще, за визначеними критеріями, технічне рішення з усіх можливих. Отриманий результат при цьому може суттєво залежати від таких факторів: відсутності однозначно найкращого критерію якості кластеризації; невизначеності щодо попередньої кількості кластерів відносно деякого суб'єктивного критерію; залежності результату кластеризації від метрики (або міри близькості об'єктів), вибір якої також суб'єктивний і визначається експертом.

2.2 Постановка задачі та методи прийняття управлінських рішень в умовах активної, пасивної і компромісної невизначеності

Прийняття рішень в умовах невизначеності – задача, що виникає за необхідності діяти в ситуації, яка відома не повністю й результатом розв’язання якої має бути єдине найкраще (у будь-якому розумінні) рішення, обране серед визначеної множини припустимих альтернатив. Вихідною інформацією, необхідною для цього, є функція втрат, яких може зазнати ОПР.

Головним завданням ОПР є перетворення функції втрат у функцію ризику на який він іде при прийнятті рішення. Спосіб такого перетворення неоднозначний і залежить від критерію (або критеріїв) ризику, обраного ОПР, а також класифікаційних ознак невизначеності в тих умовах, у яких йому необхідно відшукувати обґрунтовані рішення і формувати обґрунтовані рекомендації. Аналіз показує, що як основні ознаки класифікації невизначеності в умовах певної ситуації варто розглядати:

по-перше, рівень знання за якого: значення параметра може бути відомо вірогідно; може бути відомий закон розподілу випадкового параметра; можуть бути відомі лише межі зміни параметра;

по-друге, контрольованість – за якої значення параметра: контролюється протиборчою стороною і вибирається нею свідомо; протиборчою стороною не контролюється;

по-третє, можливість уточнення – за якої значення параметра: може бути уточнене в результаті спеціально організованих заходів (розвідка, експеримент); не може бути уточнене в силу різних об’єктивних або суб’єктивних причин.

Така класифікація дає можливість для кожної групи (підгрупи) обґрунтувати вибір відповідного математичного апарата (методу) рішення оптимізаційної задачі, яка, у свою чергу, повинна бути безумовно формалізованою, тобто мати чітко визначений критерій або деяку їх множину й однозначно визначену систему обмежень. Так, наприклад, при відомому законі розподілу характеристик неконтрольованих параметрів рішення може бути знайдене в межах апріорної (або апостеріорної – у випадку можливості уточнення закону розподілу) байесової дії. Як критерій тут виступає математичне очікування обраного показника, усереднене з ймовірностями різних ситуацій. У задачах оптимізації ці моделі йменуються як “задачі з ризиком”. При невідомому законі розподілу характеристик контрольованих параметрів доцільним та прийнятним апаратом для вибору рішення – оптимальних стратегій, є методи теорії статистичних рішень та методи

теорії ігор. Основним принципом цих теорій є принцип мінімаксу, спрямований на знаходження ситуації рівноваги та який дозволяє розкрити невизначеність, викликану прихованим поведінням протидіючої сторони в конфліктних ситуаціях і тим самим здійснити вибір рішення. При невідомому законі розподілу характеристик неконтрольованих параметрів, обумовленого “станом природи”, і неможливістю їхнього уточнення, об’єктивна основа для вибору рішення взагалі відсутня. У цьому випадку при виборі рішення доводиться користуватися так названими суб’єктивними критеріями: “критерієм Вальда” (принцип мінімаксу, що перетворюється в цьому випадку в критерій крайньої обережності), критеріями Лапласа, Гурвиця, Севіджа, “критерієм оптимізації в середньому” [56] тощо.

З огляду на те, що різні критерії призводять до вибору, загалом кажучи, різних рішень, які знаходяться в межах між крайніми оптимістичними та крайніми песимістичними, в умовах невизначеності доцільно використовувати комплексний підхід, який полягає у:

визначенні множини умов, що характеризують модель та формуванні на їхній основі множини відповідних оптимізаційних задач, які з тим або іншим ступенем адекватності описують об’єкт дослідження;

вирішенні сформульованих оптимізаційних задач, знаходженні зони невизначеності для кожного отриманого рішення;

оцінюванні інваріантності та забезпеченні адаптації кожного з рішень до різних комбінацій вихідних даних;

знаходженні рішень у зоні невизначеності.

Він припускає формування мінімальної множини завдань (варіантів) з їх реально можливою кількістю, які досить адекватно відбивали б умови функціонування об’єкта дослідження. Розглянемо можливості комплексного підходу на прикладі визначення співвідношень між характеристиками системи та зовнішнім середовищем, що формуються в умовах повної або часткової невизначеності. Відомо [57], що всі складові частини системи S і сама система в цілому характеризуються визначеним станом у просторі і часі. Стан системи C_s у кожний конкретний момент часу в свою чергу характеризується множиною значень суттєвих характеристик і параметрів, які цій системі притаманні та якими вона може бути охарактеризована. При цьому сукупність характеристик (параметрів), що позначається

$$X(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad x \in \Omega_x(O_x), \quad (2.39)$$

характеризує тільки внутрішні властивості системи – стан системи в момент t та внутрішні співвідношення між її підсистемами і елементами, тобто ті

властивості і характеристик, що у взаємодії із зовнішнім середовищем і внутрішніми змінами впливають на поведінку системи та її функціонування.

Природним є те, що при математичному описі, а, отже, і при моделюванні, з метою спрощення виділяються лише основні властивості системи та відкидаються другорядні, які не мають суттєвого впливу на процес її функціонування. При цьому серед $X(t)$ виділяють, як правило, такі, що цілком визначаються впливом зовнішнього середовища і не можуть варіюватися (так звані характеристики), або ж якими можна розпоряджатися у визначених межах. Їх прийнято називати параметрами управління P_t , хоча вони так само є характеристиками системи, тобто $P_t \in X_t$. Враховуючи таке стан системи в момент t під впливом зовнішнього середовища може бути описаний оператором (функцією, функціоналом, рівнянням) виду:

$$C_S = F^\circ(t, C_{S_0}, U_t, \tilde{V}_t, P_t, X_t, V_t), \quad (2.40)$$

де F° – оператор стану, інакше оператор переходу; $C_{S_0}(X_0)$ – деяке початкове значення; U_t – вектор керуючих вхідних впливів $U(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t))$, $u \in \Omega_U$, з використанням яких здійснюється цілеспрямована зміна стану системи; \tilde{V}_t – вектор некерованих випадкових вхідних впливів $\tilde{V}(t) = (\tilde{v}_1(t), \tilde{v}_2(t), \dots, \tilde{v}_n(t))$; V_t – вектор некерованих вимірюваних вхідних впливів $V(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t))$; P_t – параметри управління.

Зважаючи, що система певним чином і сама впливає на зовнішнє середовище [58, 59], введемо поняття вихідного впливу:

$$Y(t) = (y_1, y_1, \dots, y_n), \quad (2.41)$$

а перетворення входів у виходи з урахуванням активності складних технічних систем представимо оператором виходу G° , який матиме вид:

$$Y_t = G^\circ(t, C_{S_0}, X_t, U_t, \tilde{V}_t, V_t, P_t, S_t). \quad (2.42)$$

При цьому рівняння (2.42) прийнято називати законом функціонування системи. Згідно нього вихідний процес визначається початковим станом системи, вхідними керованими C_S, Y_t, P_t, S_t і некерованими $U_t, \tilde{V}_t, V_t, X_t$ характеристиками [60, 61], а також процесами зміни в системі варійованих параметрів P_t і структури S_t .

Виходячи з усього викладеного вище модель співвідношення характеристик системи із зовнішнім середовищем в умовах невизначеності у

самому загальному виді може бути подана таким чином:

$$S = [t, x_0, U, \tilde{V}, V, X, Y, F^\circ, G^\circ, P_t, S_t]. \quad (2.43)$$

Постановка задачі з прийняття рішень в умовах невизначеності

Формально задача прийняття рішення в умовах невизначеності ставиться в такий спосіб. Припустимо, що існує:

A – множина припустимих рішень; Q – множина можливих ситуацій;

φ – функція втрат, тобто числова функція, яка визначена на множині $A \times Q$ всіх пар виду (a, q) , де $a \in A$ – рішення;

$q \in Q$ – ситуація (число $\varphi(a, q)$, яке називається втратою та супроводжує рішення a при ситуації q).

Зафіксувавши деяке рішення $a \in A$ з двоаргументної функції φ , одержимо нову (одноаргументну) функцію $q \rightarrow \varphi(a, q)$, визначену на множині Q й залежність, що відбиває втрати від ситуації при заданому та фіксованому рішенні a . Позначимо отриману нову функцію через $\varphi(a, \bullet)$. Тоді будь-яке перетворення функції втрат φ у функцію ризику ρ може бути здійснено шляхом застосування до функцій виду $\varphi(a, \bullet)$ деякого функціонала Σ . При цьому результат $\rho(a) = \Sigma \varphi(a, \bullet)$ застосування функціонала Σ до функції $\varphi(a, \bullet)$ являє собою число й називається ризиком, пов'язаним з рішенням a .

Найкращим рішенням, якщо за викладених обставин воно існує, називається таке $a^* \in A$, котре мінімізує ризик у множині рішень A , тобто задовольняє вимозі $\rho(a^*) = \inf_{a \in A} \rho(a)$. Якщо множина A кінцева, для нього може бути визначене поняття рандомізованого (детермінованого) рішення. Під ним розуміють усяку позитивну числову функцію g , визначену на множині A , яка задовольняє вимозі $\sum_{a \in A} g(a) = 1$ (якщо множина A неперервна, сума замінюється інтегралом). Число $g(a)$ називають тоді ймовірністю детермінованого рішення a відносно рандомізованого рішення g .

Позначимо множину всіх рандомізованих рішень, заданих на множині A , через \tilde{A} . Очевидно, для кожного $a \in A$ знайдеться таке еквівалентне йому рандомізоване рішення $g_a \in \tilde{A}$, щодо якого ймовірність $g_a(a)$ детермінованого рішення a дорівнює 1. Тому множину \tilde{A} можна розглядати як результат поповнення множини A , а, отже, має сенс поставити задачу пошуку найкращого рішення вже у множині \tilde{A} . Для цього необхідно продовжити функцію втрат φ з множини $A \times Q$ пар виду (a, q)

на множині $\tilde{A} \times Q$ пар виду (g, q) . Середньою втраатою, що супроводжує рішення $g \in \tilde{A}$ при ситуації $q \in Q$, називають число $\tilde{\varphi}(g, q) = \sum_{a \in A} g(a) \varphi(a, q)$. Справедливість співвідношення $\tilde{\varphi}(g_a, q) = \varphi(a, q)$ для будь-якої пари (a, q) показує, що функція середніх втрат $\tilde{\varphi}$ є продовженням функції втрат φ . Якщо для детермінованих рішень уже був обраний критерій ризику, а, отже, і функціонал Σ , то за допомогою цього ж функціонала Σ для рандомізованих рішень може бути визначена функція середніх ризиків $\tilde{\rho}$. При цьому середнім ризиком, пов'язаним з рандомізованим рішенням $g \in \tilde{A}$, називається число $\tilde{\rho}(g) = \sum \tilde{\varphi}(g, \bullet)$. Найкраще рандомізоване рішення визначається при цьому як рішення, що мінімізує середній ризик.

Сформульована задача з прийняття рішень в умовах невизначеності є основною, найпростішою й одночасно найважливішою задачею прийняття рішень. Один з можливих варіантів її ускладнення пов'язаний з використанням при виборі найкращого рішення результатів будь-яких спостережень. При такій постановці задачі потрібно шукати вже не найкраще рішення як в основній задачі, а найкращу стратегію (або інакше вирішальне правило), що представляє собою залежність найкращого рішення від результатів спостереження (стратегічного завдання).

Активна, пасивна і компромісна невизначеності, як складові статистичної невизначеності в ході аналізу і плануванні розвитку СТС

Більш докладно зупинимось на статистичній невизначеності, коли система характеризується одним станом (тобто в останньому рівнянні буде відсутній параметр t , а оператори стану (F°) і виходу (G°) – задаватимуться функціями).

При системному аналізі і плануванні розвитку техніки статистичну невизначеність (невизначеність щодо поведінки зовнішнього середовища) прийнято поділяти на три основні типи, а саме [56]:

пасивну невизначеність, коли цільова функція задана і не містить невизначений параметр, що може застосовуватися довільно;

активну невизначеність, пов'язана з існуванням активних систем (партнерів або протиборчих сторін), дії яких ми не можемо повністю контролювати;

компромісну невизначеність, при якій синтез проводиться в умовах колективного формування компромісу (вирішується проблема колективного синтезу, вироблення колективного рішення).

Пасивна невизначеність – невизначеність природна.

Вирішуючи задачу оптимізації $\max_{\beta \in G} \Phi(\bar{\beta}, \alpha)$, де α – невизначений параметр, дослідник може визначити $\bar{\beta}$ лише як функцію параметра α : $\beta = \bar{\beta}(\alpha)$. Якщо інформація про фактор невизначеності α відсутня, то й результат оптимізації буде довільним. Якщо інформація про приналежність α деякій множині пасивних невизначеностей $\alpha \in G_\alpha$ наявна, то говорять про можливість побудови множини невизначеностей результату G_β . Прийнятні результати оптимізації у таких випадках дозволяють застосовувати принцип найкращого гарантованого результату зміст якого полягає в такому:

якщо для будь-якого $\bar{\beta}$ виконується нерівність $\min_{\alpha \in G_\alpha} \Phi(\bar{\beta}, \alpha) \leq \Phi(\bar{\beta}, \alpha)$,

то й для будь-якого $\alpha \in G_\alpha$ – $\Phi^* = \max_{\beta \in G} \min_{\alpha \in G_\alpha} \Phi(\bar{\beta}, \alpha) \leq \max_{\beta \in G} \Phi(\bar{\beta}, \alpha)$.

Число Φ^* називається гарантованою оцінкою, а відповідне $\bar{\beta} = \bar{\beta}^*$ – гарантуючою стратегією в тому розумінні, що яке б не було значення параметра невизначеності α , вибір $\bar{\beta} = \bar{\beta}^*$ гарантує, що при кожному α значення цільової функції буде не менше, ніж Φ^* .

Для отримання гарантуючої стратегії (здійснення раціонального способу синтезу) необхідно [56]:

- 1) обчислити $\min_{\alpha \in G_\alpha} \Phi(\bar{\beta}, \alpha)$ для кожного $\bar{\beta}$. Як результат будуть визначені: $\alpha = \alpha^*(\beta)$ і $\Phi(\alpha) = \Phi[\bar{\beta}, \alpha^*(\beta)]$;
- 2) обчислити $\max_{\alpha \in G_\alpha} \Phi[\bar{\beta}, \alpha^*(\beta)]$. В результаті будуть визначені: $\bar{\beta} = \bar{\beta}^*$ і $\Phi^*(\bar{\beta}^*) = \Phi^*$.

Слід пам'ятати, що такий підхід, не зважаючи на якість та кількість неконтрольованих факторів, забезпечує знаходження значення цільової функції не меншого за Φ_k .

Активна невизначеність (активний партнер).

Припустимо, що дві системи A та B мають можливість вибору векторів $\bar{\beta}$ і $\bar{\gamma}$ та прагнуть до досягнення своїх цілей:

$$\max \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}), \quad \max F(\bar{\beta}, \bar{\gamma}), \quad (2.44)$$

де $\bar{\beta} \in G_\beta$ й $\bar{\gamma} \in G_\gamma$.

Задачі такого плану вирішуються в теорії ігор. Цільові настанови кожної із систем можуть бути повністю (антагоністична ситуація) або частково (неантагоністична ситуація) протилежними.

При розгляді таких задач можна досліджувати декілька випадків синтезу залежно від взаємної інформованості систем A та B [56].

По-перше, системи A і B не мають інформації про вибір партнера. У цьому випадку кожна з систем може знайти гарантовану оцінку:

$$\text{для системи } A: \Phi^* = \max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \min_{\gamma \in G_\gamma} \Phi(\bar{\beta}, \gamma);$$

$$\text{для системи } B: F^* = \max_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} \min_{\beta \in G_\beta} F(\bar{\gamma}, \beta).$$

Вирішуючи дані задачі, знаходять вектори $\bar{\beta}^*$ і $\bar{\gamma}^*$ які реалізують значення Φ^* й F^* . Зробивши вибір $\beta = \bar{\beta}^*$, при будь-якому векторі $\bar{\gamma} \in G_\gamma$ гарантується, що значення цільової функції системи A $\Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma})$ буде не менше, ніж Φ^* (рис. 2.5, а). У цьому випадку можуть бути розглянуті варіанти рішення з ризиком. Наприклад, якщо для системи A прийняти умову, що система B використовує гарантуючу стратегію $\gamma = \bar{\gamma}^*$, то синтез рішення буде здійснений за умови $\Phi^* = \max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}^*)$.

Визначивши вектор $\bar{\beta} = \bar{\beta}^{**}$ і відповідне значення $\Phi = \Phi^{**}$ за умови, що $\Phi^{**} \geq \Phi^*$ (рис. 2.5, б) та зважаючи, що система B може зробити інший вибір $\bar{\gamma} = \bar{\gamma}^{**}$, тобто виявиться, що $\Phi(\bar{\beta}^{**}, \bar{\gamma}^{**}) < \Phi^*$ можна зробити висновок, що ризик у даному випадку є виправданим.



Рис. 2.5. Перший варіант синтезу при активній невизначеності середовища.

По-друге, система A знає обране системою B значення γ . Тоді рішення $\bar{\beta}$ варто шукати у вигляді $\bar{\beta} = \bar{\beta}(\bar{\gamma})$, для чого вирішується задача оптимізації $\max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma})$. Ця умова визначить шукану стратегію $\bar{\beta} = \bar{\beta}(\bar{\gamma})$

(рис. 2.6, а). Для цього випадку може бути також обчислений гарантований результат $\Phi = \min_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} \max_{\beta \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma})$ (він відмінний від Φ^*) і у всіх випадках $\Phi \geq \Phi^*$.

По-третє, система B у момент ухвалення рішення знає вибір системи A . Системі A , в свою чергу, відома цільова функція системи B та весь набір

даних, відомих системі B про неї.

Зробивши припущення про те, що система B робить вибір з умови $\max_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} F(\bar{\beta}, \bar{\gamma})$, яка забезпечить її оптимальну стратегію $\bar{\gamma} = \gamma(\bar{\beta})$, сформуємо для системи A цільову функцію $\Phi[\bar{\beta}, \gamma(\bar{\beta})] = \Phi(\bar{\beta})$ згідно з умовою $\max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta})$. Такий вибір буде максимально відповідати цілям системи A . (рис. 2.6, б).



Рис. 2.6. Другий та третій варіанти синтезу при активній невизначеності середовища.

По-четверте, у продовження ситуації, розглянутої в другому пункті (система A знає обране системою B значення $\bar{\gamma}$ й визначає свою стратегію у вигляді $\bar{\beta} = \beta(\bar{\gamma})$), система A повідомляє обрану стратегію $\bar{\beta} = \beta(\bar{\gamma})$ системі B (впливає на дії системи B , у потрібному для себе напрямку) і формує рішення відповідно до відгуку системи B .

В даному випадку цілком природною є гіпотеза про те, що система B буде формувати рішення $\bar{\gamma} = \gamma[\beta(\bar{\gamma})]$ з умови $\max_{\gamma \in G_\gamma} F[\beta(\bar{\gamma}), \gamma]$. Причому, кожній стратегії $\beta(\bar{\gamma})$ ставиться у відповідність своє значення вектора $\bar{\gamma}$ й $\gamma[\beta(\bar{\gamma})]$, що відбиває множину стратегій A на множину виборів B . Вибір остаточної стратегії системи A з умови спеціальної оптимізаційної задачі $\max_{\beta(\bar{\gamma})} \Phi(\beta(\bar{\gamma}), \gamma[\beta(\bar{\gamma})])$ дозволить знайти оптимальну стратегію $\beta(\gamma[\beta(\bar{\gamma})])$ й відповідне їй значення цільової функції (рис. 2.7).

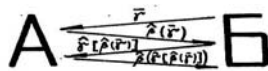


Рис. 2.7. Четвертий варіант синтезу при активній невизначеності середовища.

Конфліктні ситуації на прикладі двох систем є надто простими. Загальний випадок ситуації з багатьма системами значно складніший, містить у собі проблему багатокритеріальності й вимагає для свого аналізу цілу низку специфічних гіпотез.

Компромісна невизначеність.

Однією з найважливіших проблем, що виникають при вивченні конфліктних ситуацій з багатьма системами, – є проблема колективних рішень, колективного формування компромісу. Відомо, що правильні колективні рішення вибираються з варіантів, які належать множині Парето. Ці

варіанти мають властивість щодо поліпшення значення цільової функції будь-якого суб'єкта але лише за рахунок інших суб'єктів. Паретовський аналіз визначає умови, яким має задовольняти розумний компроміс [56].

Розглянемо вибір ефективного рішення (заснований на принципі стійкості, або принципі рівноваги) на прикладі антагоністичної конфліктної ситуації двох систем, які прагнуть виконати власну мету:

$$\text{система } A: \max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}); \quad \text{система } B: \min_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}). \quad (2.45)$$

Припустимо, що на прямому добутку множин G_β і G_γ функція $\Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma})$ має сідлову точку з координатами (β^*, γ^*) (рис. 2.8) яка описується наступним рівнянням:

$$\Phi^* = \min_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} \max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}) = \max_{\bar{\beta} \in G_\beta} \min_{\bar{\gamma} \in G_\gamma} \Phi(\bar{\beta}, \bar{\gamma}). \quad (2.46)$$

Очевидно, що жодній із систем не вигідно вибирати за власну стратегію будь-яку іншу точку відмінну від β^* або γ^* .

Нехай у системі B реалізована стратегія γ' , а не γ^* . Як видно з рисунку, мінімальне значення цільової функції, яке вона може собі забезпечити при реалізації в системі A рівноважного значення β^* , буде $\alpha' > \alpha$. У цьому розумінні сідло є точкою стійкого вибору.

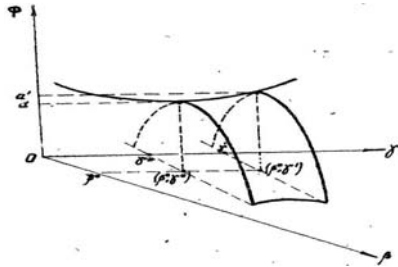


Рис. 2.8. Цільова функція сідлової точки

Для глобальних екстремумів ситуація зберігається й у загальному випадку багатьох сідлових точок. Отже, якщо сідлова точка існує, то можна говорити про оптимальність рішень для обох систем і проблема ухвалення рішення зводиться тільки до визначення максимуму.

На практиці надто часто виникають випадки, коли ефективні рішення, що належать до множини Парето, є нестійкими, а стійкі – не ефективними. В таких випадках доцільно застосовувати так називаний принцип стійкості (принцип Неша) згідно якого вибір раціональної стратегії (ухвалення колективного рішення) має

здійснюватися на множині точок рівноваги (точок стійкості). Найбільш прийнятним варіантом є той, де стійкі точки є одночасно паретовськими.

Особливості застосування методу нечітких множин при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності

Для ситуацій, що можуть бути охарактеризовані лише порівняно неточно з середини 1960 року застосовують методи так званих нечітких (розмитих) множин, описаних в роботах видатних вчених Л. Заде, Р. Беллмана, Х. Циммермана, А. Кауфмана та інших. Вони виходять з тих міркувань, що творче людське мислення значною мірою протікає в рамках нечітких понять, які не можуть бути описані кількісно та яким не можуть повністю відповідати моделі класичної математики з їх однозначною двопозиційною логікою. Таким чином, у методах нечітких множин намагаються як можна ширше застосувати відомі математичні підходи й насамперед математичну логіку, приймаючи разом з тим нечіткість оцінок і рішень як важливе відбиття дійсно існуючої ситуації. Це дозволяє зв'язати класичну математику й, отже, точне знання, з одного боку, з невизначеністю і багатозначністю ситуацій, з іншого [62, 63].

Першочерговим завданням теорії нечітких множин – є надання “розмитого” визначення приналежності деякого об’єкта або елемента множині. Для опису такої ситуації позначимо буквою E деяку множину, а буквою A – підмножину множини E : $A \subset E$. У класичній математиці приналежність деякого елемента $x \in E$ до підмножини A однозначно описується індикаторною функцією I_A :

$$I_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \in A \\ 0, & \text{якщо } x \notin A \end{cases} \quad (2.47)$$

а в рамках теорії нечітких множин до концепції нечіткої приналежності приходять за допомогою характеристичної функції $x \rightarrow \mu_A(x)$, $x \in E$.

Така характеристична функція може, на відміну від двозначної ситуації (2.47), приймати більшу кількість значень у будь-якій підходящій множині M . Нечітка підмножина A множини E буде визначатися при цьому множиною впорядкованих пар:

$$|A = \{x, \mu_A(x), x \in E\} \quad (2.48)$$

Розглядаючи множину M всіх можливих значень деякої характеристичної функції (ХФ), звичайно обмежуються так званим нормальним випадком $M = [0,1]$ і відповідну нечітку множину, що відповідає підмножині A також називають нормальною (рис. 2.9).

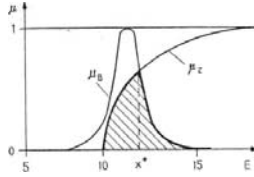


Рис. 2.9 Характеристичні функції нечітких множин

Надалі обмежимося домінуючим випадком нормальної характеристичної функції. Приналежність деякого елемента $x \in E$ нечіткій підмножині A можна в кількісній або зваженій формі символічно виразити, наприклад, у такий спосіб:

$x \in A$ – означає “ x визначально належить A ”;

$x \in A$ – означає “ x визначально не належить A ”;

$x \in A$ – означає “приналежність множині A визначається ступенем 0.8”.

Дві нечіткі множини A та B називаються рівними, якщо для всіх $x \in E$ має місце рівність характеристичних функцій: $\mu_A(x) = \mu_B(x)$. Відповідно до положень теорії множин говорять, що нечітка множини A утримується в нечіткій множині B , якщо для всіх $x \in E$ справедливе співвідношення $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.

Важливе положення “нечіткого” аналізу полягає у визначенні зв’язків нечітких множин, аналогічних відповідним співвідношенням алгебри множин. Зв’язки двох нечітких множин A та B можна охарактеризувати завданням відповідних характеристичних функцій.

Різні зв’язки визначаються в такий спосіб:

перетинання $A \cup B, \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x));$

прямий добуток $A \cdot B, \mu_A(x) \cdot \mu_B(x);$

об’єднання $A \cap B, \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x));$

алгебраїчна сума $A \oplus B, \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x).$

Поняття “нечітке” відношення виходить із поняття відношення R теорії множин як підмножини декартового добутку двох множин E та F :

$$R \subset E \times F = \{(x, y) | x \in E, y \in F\}, \quad (2.49)$$

де $(x, y \rightarrow \mu_R(x, y) \in N = [0, 1])$, $R = \{(x, y), \mu_R(x, y) | (x, y) \in R\}$.

Незважаючи на відому аналогію з імовірнісними моделями, істотна відмінність ними та методом нечітких множин полягає в тому, що невизначеність зв’язана не з випадковістю, а з наявними неточностями і

розмитостями. Головна перевага методу обумовлюється відсутністю потреби математично формулювати задачу з високою точністю.

ПРИКЛАД 2.12 – розподіл працівників по робочим місцям [15]

Припустимо, що для ситуації, у якій потрібно прийняти рішення, існує:

- 1) множина варіантів рішення E ;
- 2) обмежуючі умови;
- 3) одна або декілька цільових функцій;
- 4) m працівників і m робочих місць

Фактори (2) і (3) можуть при цьому бути нечіткими, тобто визначатися через нечіткі множини і характеристичні функції.

Необхідно: розподілити працівників по робочим місцям таким чином, щоб вихідна ефективність була як можна більшою. Це означає, що треба сформулювати таку перестановку $J = (j_1, j_2, \dots, j_m)$, яка означатиме, що i -й працівник розподілений на j -е робоче місце. Розглянемо випадок, коли ефективності є нечіткими підмножинами універсальної множини X .

Рішення. Нехай, наприклад, $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, де x_1 =(ефективність відмінна), x_2 =(ефективність дуже добра), x_3 =(ефективність досить добра), x_4 =(ефективність досить погана), x_5 =(ефективність погана). В результаті опитування експертів побудовані нечіткі підмножини A_{ij} універсальної множини X , що характеризують ефективність i -го працівника на j -му місці, з функцією приналежності $\mu_{ij}: X \rightarrow [0,1]$. Число $\mu_{ij}(x_k)$ характеризує ступінь того факту, що ефективність i -го працівника на j -ому місці дорівнює x_k .

При обраній перестановці J маємо задачу з нечіткою метою A_0 і нечіткими обмеженнями A_{ij} , $i = \overline{1, m}$. Будуємо нечітку підмножину $A(J) = A_0 \wedge A_{1j_1} \wedge \dots \wedge A_{mj_m}$ з функцією приналежності:

$$\mu_J(x) = \min(\mu_0(x), \mu_{ij}(x)).$$

При обраному правилі розподілу J працівників по робочим місцям найбільша величина функції приналежності μ_J дорівнює:

$$p(J) = \max \mu_J(x). \tag{2.50}$$

Шукане правило розподілу $\wedge J$ слід шукати з умови:

$$p(\wedge J) = \max p(J). \tag{2.51}$$

Припустимо, що необхідно розподілити трьох робочих, значення функцій приналежності в якому наведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
μ_{11}	0.1	0.3	0.5	0.6	0.7
μ_{12}	0.4	0.6	0.8	1.0	0.9
μ_{13}	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6
μ_{21}	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0
μ_{22}	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
μ_{23}	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8
μ_{31}	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8
μ_{32}	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4
μ_{33}	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8
μ_0	0.3	0.3	0.5	0.4	0.1

В розглянутому випадку перестановка J приймає шість значень (1,2,3), (1,3,2), (3,1,2), (3,2,1), (2,3,1), (2,1,3).

Значення функцій $\mu_j(x)$ наведені у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
μ_{123}	0.1	0.3	0.5	0.4	0.1
μ_{132}	0.1	0.3	0.5	0.4	0.1
μ_{312}	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1
μ_{321}	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1
μ_{231}	0.3	0.3	0.5	0.4	0.1
μ_{213}	0.2	0.3	0.5	0.4	0.1

Обчислимо функцію (2.50). Її значення наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

J	1,2,3	1,3,2	3,1,2	3,2,1	2,3,1	2,1,3
P	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5

Отже, розв'язком задачі (2.51) є $\hat{J} = (1,2,3), (1,3,2), (2,3,1), (2,1,3)$.

При такому розподілі робочих по робочим місцям найбільший ступінь приналежності має значення $x_3 = (\text{ефективність досить добра})$. Таким чином, неприйнятними є розподіли (3,1,2) і (3,2,1). Це означає, що не слід направляти першого працівника на третє місце, другого – на перше, третього – на друге або першого робочого – на третє, другого – на друге, третього – на перше.

Особливості застосування стохастичного підходу при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності

У випадку стохастичної невизначеності ОПР, як правило, володіє повною інформацією про ступінь можливості реалізації управлінського рішення у вигляді імовірнісного розподілу на множині можливих альтернатив. Для того щоб установити, який з двох варіантів рішення a або b є кращим, ОПР, при застосуванні стохастичного підходу, послідовно опрацьовує всі можливі поточні значення t результату y й перевіряє, яка з імовірностей є більшою,

тобто домінує над іншими: $P(Y(a) \geq t)$ або $P(Y(b) \geq t)$. Якщо для всіх y виявиться, наприклад, що $P(Y(a) \geq y) \geq P(Y(b) \geq y)$, то, відповідно, $a \geq b$ і альтернатива b стохастично домінується. Формальний вид цього правила може бути поданий таким виразом [64]:

$$a \geq b \Leftrightarrow Fa(y) \leq Fb(y), \text{ для всіх значень } y, \quad (2.52)$$

де $Fa(y) = P[Y(a) < y]$ – функція розподілу результату Y для альтернативи a ;
 $Fb(y) = P[Y(b) < y]$ – функція розподілу результату Y для альтернативи b .

Перевірку на домінуємість за правилом (2.52) технологічно ефективно проводити візуально. Для цього варто зобразити графіки функцій $Fa(y)$ і $Fb(y)$ в одній системі координат і вибрати ту альтернативу, графік функції розподілу результату для якої лежить геометрично нижче. Як приклад у таблиці 2.10 наведені значення (у сотих частках) функції $Fa(y)$ розподілу безперервного результату $Y(a)$ для чотирьох альтернатив.

Таблиця 2.10

Значення функції $Fa(y)$ розподілу результатів $Y(a)$

Альтернативи	Значення $y_i(a)$ результатів $Y(a)$									
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}
a_1	15	40	60	70	80	85	90	95	97	99
a_2	0	0	30	55	70	80	85	90	91	92
a_3	0	5	9	11	18	20	22	27	29	30
a_4	0	0	0	5	12	22	45	70	90	95

Припустимо, що найкращим за рішенням ОПР є значення результату з більшим індексом (тобто значення y_{10} переважніше значення y_9 , що у свою чергу переважніше, ніж y_8 і т.д.). При цьому альтернатива a (рис. 2.10) домінується альтернативами a_2 , a_3 і a_4 , які за правилом стохастичного домінування, заданого співвідношенням (2.52), між собою непорівнянні.

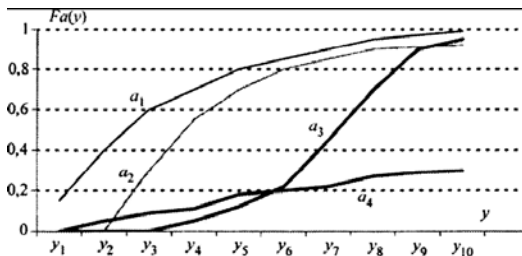


Рис. 2.10. Графіки функцій розподілу результатів для альтернатив

З цього можна зробити висновок, що відношення стохастичного домінування, яке задається співвідношенням (2.52) забезпечує досить слабку розв'язну здатність і незначно скорочує обсяг вихідної множини альтернатив. Більш суворо описати особливості застосування стохастичного підходу при

обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності можна, використовуючи методологічну базу теорія корисності [65, 66]. Для визначення відношення переваги на множині альтернатив A скористаємося правилом:

$$a_1 \geq a_2 \Leftrightarrow M[u(y(a_1))] \geq M[u(y(a_2))], \quad (2.53)$$

де $u(y)$ – функція корисності; $M[u(y(a))]$ – МОЧ функції корисності альтернатив.

На рис. 2.11 представлені графіки функцій корисності для осіб з різним баченням щодо застосування стохастичного підходу при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності.

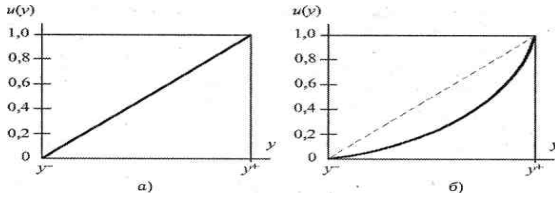


Рис. 2.11. Графіки функцій корисності для осіб з різним баченням щодо застосування стохастичного підходу для обґрунтування і прийняття рішень в умовах невизначеності

По осі абсцис на графіках відкладені величини результатів, а по осі ординат – значення функції корисності $u(y)$. Психологічній домінанті “об’єктивна ОНР” відповідає функція $u(y) = \alpha + \beta \cdot y$. Вона представлена на рис. 2.11,а. Параметри α і β функції обрані так, що найгіршому значенню результату $y = y^-$ відповідає нульове значення функції корисності, а найпривабливішому результату $y = y^+$ – значення, що дорівнює одиниці. Очевидно, що застосування такої функції корисності може призвести до встановлення переваг на множині стратегій по “об’єктивних” показниках типу:

$$a_1 \geq a_2 \Leftrightarrow M[y(a_1)] \geq M[y(a_2)]. \quad (2.54)$$

Якщо ОНР неохоча до ризику, то функція корисності, яка відбиває його переваги і відношення до стохастичного домінування, є увігнутою (рис. 2.11,б):

$$u(My >)M[u(y)], \quad (2.55)$$

що у підсумку призводить до нерівності виду:

$$u(p \cdot y + (1-p) \cdot y) > p \cdot u(y) + (1-p \cdot u(y)), \quad 0 < p < 1, \quad (2.56)$$

яке являє собою математичне визначення суворо увігнутої функції.

Для ОНР схильного до ризику ситуація є прямо протилежною. Для такої особи участь у ризикованій операції є переважнішою, порівняно з одержанням

її середнього результату. Тому для ОПР, схильного до ризику, функція корисності $u(y)$ є суворо опуклою.

2.3 Статистичний і аналітичний методи оцінювання ризику при прийнятті управлінських рішень

У світовій науці нині виділяють статистичний, аналітичний та експертний методи оцінювання ризику.

Статистичний метод оцінювання ризику полягає у вивченні статистики втрат (негативних наслідків реалізації рішень), які мали місце в аналогічних видах діяльності [67-69]. Метод базується на аналізі коливань оціночного показника, який характеризує результативність дій організації за певний період часу в одній з п'яти областей ризику (рис. 2.12):

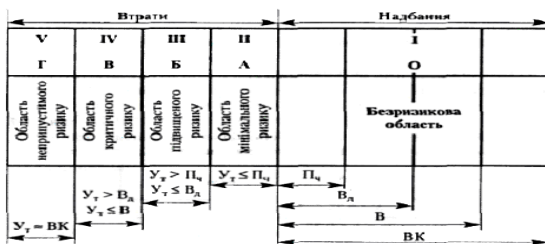


Рис. 2.12. Схема областей ризику

Умовні позначки: В – виторг; $П_ч$ – чистий прибуток; VK – власні кошти організації;
 B_d – валовий дохід; Y_t – втрати.

безризиковій області (I) – характеризується відсутністю будь-яких утрат при здійсненні певної діяльності з гарантією одержання розрахункового теоретично необмеженого прибутку;

області мінімального ризику (II) – характеризується розмірами втрат, які не перевищують чистого прибутку (у гіршому випадку чистий прибуток може бути взагалі відсутній, а у кращому – буде менше розрахункового значення);

області підвищеного ризику (III) – характеризується втратами, що не перевищують валового доходу (у гіршому випадку це не дозволить виплатити заробітну плату працівникам за виконану роботу, але при цьому покриє матеріальні витрати, пов'язані з виробництвом продукції);

області критичного ризику (IV) – характеризується втратами, величина яких не перевищує виторгу від реалізації продукції;

області неприпустимого ризику (V) – характеризується втратами, порівняними з розміром власних коштів організації, тобто можливе повне банкрутство.

Основним показником, який розраховується на підставі статистичного методу є рівень втрат, пов'язаних з певним видом діяльності. Для його кількісного оцінювання прийнято користуватись коефіцієнтом ризику (K), який можна обчислити, наприклад, як відношення:

- 1) всього капіталу організації до суми його активів;
- 2) розміру втрат до величини власних коштів організації:

$Y = Y_m / BK$	Рівень ризику
$K \leq 0,25$	Прийнятний
$0,25 < K \leq 0,50$	Припустимий
$0,50 < K \leq 0,75$	Критичний
$K > 0,75$	Катастрофічний

- 3) очікуваних значень втрат (E_{yt}) до прибутку або інакше доходу (E_{nd}):

$K = E_{yt} / E_{nd}$	Тип поведінки
$K \leq 0,2$	Песимістичний
$0,2 < K \leq 0,4$	Обережний
$0,4 < K \leq 0,6$	Середньоризикований
$0,6 < K \leq 0,8$	Ризикований
$0,8 < K \leq 1$	Високого ступеня ризику
$K \geq 1$	Азартний

Для безризикової області значення коефіцієнт ризику $K1 = 0$, для області мінімального ризику значення коефіцієнт ризику знаходиться у певних межах – $K2 = 0-0,25$, для області підвищеного ризику – $K3 = 0,25-0,50$, для області критичного ризику – $K4 = 0,50-0,75$ і для області неприпустимого ризику – $K5 = 0,75-1,0$. При цьому ці значення є нормованими величинами, що характеризують певний рівень утрат. Так, утратам у розмірі половини чистого прибутку відповідає коефіцієнт ризику 0.125, а утратам усього чистого прибутку – 0.25 (область мінімального ризику). Відповідно, утратам у розмірі валового доходу відповідає коефіцієнт ризику 0.5, а в розмірі його половини – 0,375 (область підвищеного ризику) і т. д.

Частота виникнення певного (i -го) рівня втрат знаходиться за формулою:

$$f_i = \frac{n'_i}{n_{zag}}, \quad (2.57)$$

де n'_i – кількість випадків настання втрат в статистичній вибірці; n_{zag} – загальна кількість випадків, що розглядались у статистичній вибірці.

Нині статистичний метод застосовується у різних модифікаціях. Найбільш популярним серед них є метод статистичного випробування (метод Монте-Карло), перевагою якого є можливість аналізувати і оцінювати різні сценарії розвитку проекту, враховуючи різні фактори в рамках одного підходу. Недоліком є значний рівень використання ймовірнісних характеристик.

ПРИКЛАД 2.13 [15].

За одним з напрямків діяльності будівельної організації (зведення будинків і споруджень) накопичені трирічні статистичні дані.

Користуючись статистичним методом необхідно визначити очікуваний рівень ризику (коефіцієнт ризику) цього виду діяльності і розкид його значень. Вихідні дані наведені в таблиці, що подана нижче.

Рік	Загальні витрати	Область мінімального ризику	Область підвищеного ризику	Область критичного ризику	Область неприпустимого ризику
2009	0,75	0,32	0,33	0,05	0,05
2010	0,80	0,35	0,20	0,20	0,05
2011	0,85	0,05	0,17	0,25	0,38

Загальну частоту виникнення втрат F_a визначимо як суму частот. Відповідно по роках:

$$2009: F_a = (0,32 + 0,33 + 0,05 + 0,05)/1 = 0,75;$$

$$2010: F_a = (0,35 + 0,20 + 0,20 + 0,05)/1 = 0,80;$$

$$2011: F_a = (0,05 + 0,17 + 0,25 + 0,38)/1 = 0,85.$$

Оскільки в областях ризику коефіцієнт ризику приймає певні нормовані значення, то для обчислення очікуваного (середньозваженого) значення коефіцієнта ризику для 2012 року скористаємося середніми значеннями коефіцієнта ризику в кожній області (як для інтервального ряду):

$$E = 0,05 \cdot 0,125 + 0,17 \cdot 0,375 + 0,25 \cdot 0,625 + 0,38 \cdot 0,875 = 0,56.$$

При цьому стандартне відхилення становитиме:

$$\sigma = \sqrt{(0,125 - 0,56)^2 \cdot 0,05 + (0,375 - 0,56)^2 \cdot 0,17 + (0,625 - 0,56)^2 \cdot 0,25 + (0,875 - 0,56)^2 \cdot 0,38} = 0,20$$

Таким чином, очікуване значення коефіцієнта ризику дорівнює 0,56 при стандартному відхиленні, що дорівнює 0,20. Тобто, очікуване значення рівня ризику знаходиться в зоні критичного ризику, але може коливатися від області підвищеного ризику до області неприпустимого ризику $K = 0,56 \pm 0,20$. Аналогічно проводять обчислення очікуваних значень та їхній розкид для інших років.

Рік	E	σ
2010	0,237	0,20
2011	0,286	0,23
2012	0,56	0,20

Отримані результати дозволять виявити тенденції їх зміни і відповідно зміни шансів організації на успіх у певній галузі діяльності. Нижче, на рис. 2.13 представлено графік зміни коефіцієнта ризику в часі за період з 2009 по 2011 р.р.

та його екстраполяцію за допомогою степеневої функції на 2012 рік. З графіка видно, що спостерігається тенденція до зростання рівня ризику. Згідно з прогнозом у 2012 році коефіцієнт ризику зросте до 0,6.

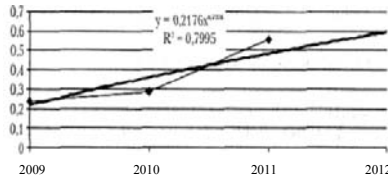


Рис. 2.13. Прогноз зміни рівня ризику

Таким чином за наявності достовірних статистичних даних не менш ніж за 3–5 попередніх періодів діяльності та чітко виражених тенденцій зміни рівня ризику в минулому і сьогоденні статистичний метод оцінювання ризику, як видно, дає досить точні результати. Виявлені за його допомогою тенденції змін оціночного показника зберігаються при цьому і у прогнозованому періоді часу.

В основі *аналітичного методу оцінювання ризику* [70, 71]..лежить класичне правило ринкової економіки про те, що більший ризик пов'язаний з більшим доходом. Тому його застосування керівниками різних ланок управління зводиться здебільшого до оцінювання приросту доходу і ризику проекту, тобто до граничної корисності. Це завдання вирішується різними способами, найбільш застосовуваними серед яких є аналіз абсолютних і відносних показників та аналіз чутливості. Вони передбачають використання традиційних показників, які застосовуються при оцінюванні ефективності інвестиційних та інноваційних проектів, а саме: 1) періоду окупності (PP); 2) чистого приведенного доходу (NPV); 3) внутрішньої норми прибутковості (IRR); 4) індексу прибутковості (PI).

Період окупності розраховується за формулою:

$$PP = \frac{\sum_0^n Z_i \cdot (1+p)^{-1} \sum_0^m P_i \cdot (1+p)^{-1}}{P_{m+1} \cdot (1+p)^{-(m+1)}} + m \leq T, \quad (2.58)$$

де P_i і Z_i – відповідно результати та інвестиційні витрати i -го періоду; p – норма дисконту; m – номер розрахункового року; n – кількість років реалізації проекту; T – період життєвого циклу проекту.

У якості розрахункового приймається рік, що передує тому, у якому результати порівнюються з витратами або перевищать їх (рис. 2.14). Цифрами на

рис. 2.14 позначені дисконтовані (приведені) витрати і результати за періодами (роками) реалізації проекту (у тис. грн.).

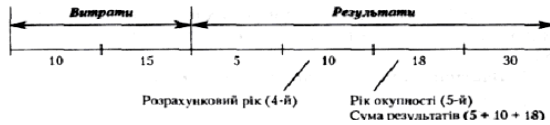


Рис. 2.14. Витрати і результати реалізації проекту за періодами (роками)

Розрахунок періоду окупності, за даними проекту, представленого на рис. 2.14, при нормі дисконту 10% наведено нижче

$$PP = \frac{10 \cdot (1+0,1)^{-1} + 15 \cdot (1+0,1)^{-2} - 5 \cdot (1+0,1)^{-3} - 10 \cdot (1+0,1)^{-4}}{18 \cdot (1+0,1)^{-5}} + 4 = 4,975 \text{ роки.}$$

З двох альтернативних проектів менш ризикованим буде проект з меншим періодом окупності.

Чистий приведений дохід являє собою суму дисконтованих фінансових підсумків за всі роки реалізації проекту, починаючи з дати початку інвестування і характеризує загальний (кінцевий) результат інвестиційної діяльності. Розрахункова формула має вигляд:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{P_i - Z_i}{(1+p)^i} > 0. \quad (2.59)$$

Результати розрахунку для умов прикладу

$$NPV = \frac{-10}{(1+0,1)^1} + \frac{-15}{(1+0,1)^2} + \frac{+5}{(1+0,1)^3} + \frac{+10}{(1+0,1)^4} + \frac{+18}{(1+0,1)^5} + \frac{+30}{(1+0,1)^6} = 18,904 \text{ тис. грн.}$$

З двох альтернативних проектів менш ризикованим буде проект з більшим значенням NPV , як такий, що має більший запас міцності.

Внутрішня норма прибутковості являє собою розрахункову ставку відсотка, при якій проект є безбитковим і безприбутковим. Визначається шляхом рішення попереднього рівняння відносно IRR , яка повинна бути більше норми дисконту p :

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{P_i - Z_i}{(1+IRR)^i} = 0. \quad (2.60)$$

Для умов прикладу

$$NPV = \frac{-10}{(1+IRR)^1} + \frac{-15}{(1+IRR)^2} + \frac{+5}{(1+IRR)^3} + \frac{+10}{(1+IRR)^4} + \frac{+18}{(1+IRR)^5} + \frac{+30}{(1+IRR)^6} = 0.$$

Звідки $IRR = 0,306\%$.

Залежно від співвідношення IRR і p виділяють такі ситуації: $IRR=p$ – проект безприбутковий і безбитковий; $IRR < p$ – проект збитковий; $IRR > p$ – проект

приносить прибуток. З двох альтернативних проектів менш ризикованим є проект з більшим значенням IRR , як такий, що має більший запас міцності.

Індекс прибутковості являє собою співвідношення приведених доходів до приведених інвестиційних витрат (повинен бути більшим одиниці). Його розрахункова формула має такий вигляд

$$PI = \frac{\sum_{i=0}^n P_i \cdot (1+p)^{-i}}{\sum_{i=0}^n Z_i \cdot (1+p)^{-i}} \geq 1. \quad (2.61)$$

$$\text{Для умов прикладу } PI = \frac{5 \cdot (1+0,1)^{-3} + 10 \cdot (1+0,1)^{-4} + 18 \cdot (1+0,1)^{-5} + 30 \cdot (1+0,1)^{-6}}{10 \cdot (1+0,1)^{-1} + 15 \cdot (1+0,1)^{-2}} = 1,88.$$

Тобто, з двох альтернативних проектів за індексом прибутковості менш ризикованим є проект з більшим значенням PI , як такий, що має більший запас міцності. Порівнюючи значення перерахованих показників альтернативних проектів, визначають ступінь ризику останніх. При цьому для оцінювання ризику можна вибирати як будь-який із перерахованих показників, так і їх сукупність для підвищення надійності отриманого результату.

ПРИКЛАД 2.14 – оцінювання ризику інноваційних проектів з організації виробництва однорідної продукції [15].

Вихідні дані наведені в таблиці. Структура випуску продукції за періодами реалізації проекту є незмінною. Норма дисконту – 10%.

Інвестиції тис. грн.	Надходження за періодами, тис. грн.				Виплати за періодами, тис. грн.				Ціна од. Продукції, грн.
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	
310	300	290	250	350	150	200	180	215	10

Необхідно визначити:

- критичне значення ринкової ціни одиниці продукції;
- критичне значення обсягу реалізації продукції;
- критичне значення обсягу реалізації при зменшенні ціни на 7%.

Рішення. 1. Визначення критичного значення ціни (мінімальної ціни, при якій проект буде безприбутковим і беззбитковим).

$$\text{Вихідну формулу (2.51) перетворимо до виду } NPV = \sum_{i=0}^n \frac{O_i \cdot C_i - Z_i}{(1+p)^i} = 0; \quad (2.62)$$

де O_i і C_i – відповідно, обсяг виробництва і реалізації, а також ринкова ціна одиниці продукції в i -му періоді.

Визначимо обсяги виробництва та реалізації продукції за періодами реалізації інвестиційного проекту, використовуючи формулу:

$O_i = \frac{P_i}{C_i}$	$O_{2004} = \frac{300000}{10} = 30\,000 \text{ шт.}$	$O_{2005} = 29\,000 \text{ шт.}$	$O_{\text{сум}} = 119\,000 \text{ шт.}$
	$O_{2006} = 26\,000 \text{ шт.}$	$O_{2007} = 35\,000 \text{ шт.}$	

(2.63)

Виходячи з припущення, що ціна одиниці продукції в усіх періодах реалізації проекту однакова, визначимо її:

$$\frac{-310\,000}{(1+0,1)^0} + \frac{C \cdot 30\,000 - 150\,000}{(1+0,1)^1} + \frac{C \cdot 29\,000 - 200\,000}{(1+0,1)^2} + \frac{C \cdot 25\,000 - 180\,000}{(1+0,1)^3} + \frac{C \cdot 35\,000 - 215\,000}{(1+0,1)^4} = 0.$$

Звідси: $C = C_{\text{кр}} = 9,52$ грн./шт. Таким чином, мінімально припустимим значенням ціни, при якій проект буде беззбитковим, є 9,52 грн./шт.

2. Визначення критичного значення обсягу виробництва продукції (мінімального обсягу при якому проект буде беззбитковим) виходячи з припущення, що структура виробництва і реалізації продукції за період життєвого циклу проекту буде незмінною. Вихідну формулу (2.59) перетворимо до виду:

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Y_i \cdot O_i}{(1+p)^i} = 0; \quad (2.64)$$

де P_i – питоми надходження за проектом в i -м періоді; I_0 – первинні інвестиції.

Визначимо значення P_i .

$P_{2004} = \frac{300\,000 - 150\,000}{30\,000} = 5,0 \text{ грн./шт.}$	$P_{2005} = 3,1 \text{ грн./шт.}$
$P_{2006} = 2,8 \text{ грн./шт.}$	$P_{2007} = 3,86 \text{ грн./шт.}$

Далі обчислимо частки виробництва і реалізації продукції кожного року в загальному обсязі.

$\delta_{2004} = \frac{30\,000}{119\,000} = 0,252.$	$\delta_{2005} = 0,244.$	$\delta_{2006} = 0,21.$	$\delta_{2007} = 0,294.$
---	--------------------------	-------------------------	--------------------------

Підставимо у формулу (2.56) значення відомих величин:

$$NPV = -310\,000 + \frac{5,0 \cdot 0,252 \cdot O_{\text{сум}}}{(1+0,1)^1} + \frac{3,1 \cdot 0,244 \cdot O_{\text{сум}}}{(1+0,1)^2} + \frac{2,8 \cdot 0,21 \cdot O_{\text{сум}}}{(1+0,1)^3} + \frac{3,86 \cdot 0,294 \cdot O_{\text{сум}}}{(1+0,1)^4} = 0.$$

Розв'язавши це рівняння відносно $O_{\text{сум}}$, одержимо $O_{\text{крит}} = 103\,757$ шт. Тобто, при зниженні обсягу виробництва і реалізації продукції до 103 757 шт. проект залишиться беззбитковим.

3. Визначимо критичний обсяг виробництва при зниженні ціни на 7%. Розрахункова формула аналогічна формулі (2.64) з поправкою, яка враховує зниження ціни

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{\Pi_i \cdot O_i \cdot 0,93}{(1+p)^i} = 0. \quad (2.65)$$

При тих же вихідних даних $O_{крит} = 111\,567$ шт. Тобто, зниження ціни призводить до збільшення критичного обсягу виробництва і реалізації продукції.

З двох альтернативних проектів менш ризикованим є проект, що має більший запас міцності, тобто більшу різницю між заданим і критичним значеннями величин. Так, проект з характеристиками $O_{факт1} = 12\,000$ шт., $O_{крит1} = 8000$ шт., буде менш ризикованим, ніж проект з характеристиками $O_{факт2} = 13\,000$ шт., $O_{крит2} = 10\,000$ шт.

Однак це справедливо тільки для різних проектів. Якщо ж проекти аналогічні (передбачають виробництво аналогічної продукції), то менш ризикованим вважається проект, який має більш низьке (або більш високе, наприклад, для собівартості продукції) критичне значення відповідного параметра. Наприклад, порівнюючи проекти з характеристиками $C_{факт1} = 10$ грн./шт., $C_{крит2} = 8$ грн./шт. і $C_{факт2} = 9$ грн./шт., $C_{крит2} = 7$ грн./шт., перевагу варто віддати проекту 2, оскільки, при падінні ціни на ринку до 7,5 грн./шт. він усе ще буде приносити прибуток, тоді як проект 1 вже буде збитковим.

Таким чином, розраховуючи критичні для проекту значення факторів ризику керівник виявляє слабкі місця і розробляє програму дій щодо посилення цих слабких місць. Так, наприклад, якщо ціна на продукцію виявиться критичним фактором, то можна посилити програму маркетингу або знизити вартість проекту.

2.4 Методи комплексного оцінювання результатів прийнятих управлінських рішень

Комплексне оцінювання прийнятих управлінських рішень є, як правило, результатом одночасного вивчення сукупності показників (критеріїв), які відображають всі аспекти проблеми, що підлягає розгляду. Воно проводиться на підставі єдиного інтегрального показника, отриманого шляхом зведення різних показників в узагальнюючу комплексну оцінку. Його застосування дозволяє визначити відмінність досягнутого стану від бази порівняння в цілому по групі обраних показників і, хоча це й не дає можливості змінити ступінь відмінності, проте дозволяє зробити однозначний висновок про покращення (погіршення) результатів роботи за певний проміжок часу [72, 73].

До методів комплексного оцінювання результатів прийняття управлінських рішень відносять методи сум та геометричної середньої, метод коефіцієнтів, методи суми місць та суми балів, метод відстаней та таксонометричний метод. Вхідними даними для них слугують елементи матриці X , рядки якої характеризують роботу m -го об'єкта за n різними показниками:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}. \quad (2.86)$$

При цьому кожний j -й показник на i -му об'єкті матриці X задається величиною x_{ij} . До матриці до того ж можуть бути додані ще два рядки:

перший (k_1, k_2, \dots, k_n) – характеризує значущість показника при проведенні комплексного оцінювання;

другий (s_1, s_2, \dots, s_n) – характеризує кожний показник з точки зору стимуляції (дестимуляції) роботи об'єкта. Його елементи s_j приймають значення або (-1) , якщо j -й показник є де стимулятором (тобто, його збільшення погіршує загальну оцінку роботи об'єкта), або $(+1)$, якщо j -й показник є стимулятором (тобто, його збільшення покращує загальну оцінку роботи об'єкта).

Відповідно до методу сум інтегральний показник комплексного оцінювання визначається як сума фактичних значень, або ж обчислюється для кожного виробничого об'єкту за формулою:

$$K_i = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}^{\phi}}{x_{ij}^{\beta}}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \max K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.87)$$

де x_{ij}^{ϕ} , x_{ij}^{β} – відповідно, фактичне і базове значення j -й показника на i -му об'єкті; $j = \overline{1, n}$; $i = \overline{1, m}$.

Необхідною умовою правильного обчислення інтегрального показника, який отримано за цією формулою, є однонаправленість досліджуваних показників, тобто збільшення (зменшення) значення будь-якого частинного показника розцінюється як покращення результатів управлінської діяльності, а відповідно зменшення (збільшення) значення частинного показника-як погіршення результатів діяльності виробничого об'єкту. Однонаправленість окремих показників дозволяє ранжувати виробничі об'єкти за зростанням (спаданням) значень інтегрального показника.

Оцінювання результатів управлінської діяльності за методом сум може бути побудовано за різними показниками і не лише в порівнянні з планом, але й

у порівнянні з попередніми періодами (оцінювання динаміки) та еталонними значеннями показників по групі об'єктів. Недоліком методу є можливість завищення результатів оцінювання за інтегральним показником при значному відставанні за будь-яким окремим показником, яке покривається за рахунок високих досягнень по інших показниках. Певною мірою цей недолік можна ліквідувати, якщо поряд з загальним інтегральним показником обчислювати два додаткових показники, які окремо відображають суму позитивних і суму негативних відхилень значень частинних показників від бази порівняння:

$$K_i^+ = \sum_{j=1}^n x_{ij}^+; \quad K_i^- = \sum_{j=1}^n x_{ij}^-; \quad i = \overline{1, m}, \quad (2.88)$$

$$\text{де } x_{ij}^+ = \begin{cases} \frac{x_{ij}^\Phi}{x_{ij}^B}, & \text{якщо } x_{ij}^\Phi > x_{ij}^B, \\ 0, & \text{якщо } x_{ij}^\Phi < x_{ij}^B, \end{cases}, \quad x_{ij}^- = \begin{cases} \frac{x_{ij}^B}{x_{ij}^\Phi}, & \text{якщо } x_{ij}^\Phi < x_{ij}^B, \\ 0, & \text{якщо } x_{ij}^\Phi > x_{ij}^B, \end{cases}.$$

Метод геометричної середньої передбачає обчислення коефіцієнтів a_{ij} для оцінюваних показників таких, що $(0 \leq a_{ij} \leq 1)$. За одиницю приймають значення, яке відповідає найбільш високому рівню цього показника.

Узагальнююча комплексна оцінка отримується у вигляді коефіцієнта:

$$K_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad i = \overline{1, m}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \max K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.89)$$

Цей метод доцільно застосовувати при відносно малій кількості оцінюваних показників, а також у випадку, коли більшість їх значень близька до одиниці.

У деяких випадках, коли оцінка отримується як добуток відповідних коефіцієнтів, застосовується так званий метод коефіцієнтів:

$$K_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = \overline{1, m}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \max K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.90)$$

Цей метод практично не відрізняється від метода середньої геометричної.

Метод суми місць. За вхідними даними (за матрицею X та вектором s) будується допоміжна матриця P згідно з такими правилами:

а) при $s_j = +1$ елементи стовпця j матриці X впорядковуються за спаданням, а елементу p_{ij} присвоюється значення, що відповідає місцю елемента x_{ij} серед впорядкованих елементів j -го стовпчика;

б) при $s_j = -1$ елементи стовпця j матриці X впорядковуються за зростанням, а елементу p_{ij} присвоюється значення, що відповідає місцю елемента x_{ij} серед впорядкованих елементів j -го стовпчика.

Таким чином, за кожним j -м показником об'єкти впорядковуються за його значеннями. Оцінка K_i кожного об'єкту i знаходиться за формулою

$$K_i = \sum_{j=1}^n p_{ij}, \quad i = \overline{1, m}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \min K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.91)$$

Метод суми балів передбачає попереднє ранжирування всіх об'єктів аналогічно до методу суми місць. Тобто, кожному показнику відповідає новий параметр p_{ij} , який визначає місце кожного об'єкта серед інших за j -м показником. На основі цієї матриці обчислюється інтегральний показник:

$$K_i = \sum_{j=1}^n (p_{ij} \cdot a_{ij}), \quad i = \overline{1, m}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \min K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.92)$$

Основою *метода відстаней* є врахування близькості об'єктів за відносними показниками до об'єкту-еталону. Він передбачає, що окрім інформації про коефіцієнти порівняльної значущості показників (k_1, k_2, \dots, k_n) та характеристики напрямків дії показників (s_1, s_2, \dots, s_n) необхідно визначити за наявною інформацією та певними правилами показники об'єкта-еталона $- x_{0j}$:

$$x_{0j} = \max x_{ij} \quad (1 \leq i \leq m) \quad \text{при } s_i = +1;$$

$$x_{0j} = \min x_{ij} \quad (1 \leq i \leq m) \quad \text{при } s_i = -1,$$

тобто, у кожному стовпці матриці X знаходимо найкраще значення показника і утворюємо з них додатковий рядок чисел $(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$ – показники об'єкта-еталона. У деяких випадках еталонним об'єктом вважають такий, значення показника якого дорівнює середнім арифметичним рівням показників в даній сукупності. Проте в сукупності економічних об'єктів, де переважають асиметричні розподіли, середнє арифметичне в якості характеристики еталонного об'єкта втрачає своє значення. Іноді пропонується використовувати в якості еталона 100% виконання плану за всіма показниками, наголошуючи цим на небажаність як недовиконання, так і перевиконання плану.

Обчислення інтегрального показника K_i кожного i -го підрозділу здійснюється за формулою евклідової відстані від точки еталону до конкретних значень показників об'єктів:

$$K_i = \sum_{j=1}^n [k_j (x_{0j} - x_{ij})], \quad i = \overline{1, m}. \quad \text{Критерій оцінювання: } \min K_i \quad (1 \leq i \leq m). \quad (2.93)$$

При цьому коефіцієнти порівняльної значущості k_j необхідні для надання ваги різним показникам відповідно до їх важливості. Чим більшим є k_j , тим більш значущим є показник j , і тим більшою мірою відхилення від еталону впливатиме на загальну оцінку K_i .

Серед розглянутих вище метод відстаней є найбільш формалізованим. Разом з тим він має ряд недоліків:

- 1) процедура обчислення є складною, а результати не є наочними;
- 2) процедура оцінювання потребує вдосконалення: варіації різних показників можуть суттєво відрізнитися, а це означає, що показники з більшою варіацією будуть мати більшу вагу у сумарній оцінці, і, отже, вони неявно отримують перевагу порівняно з іншими показниками.

Таксонометричний метод є узагальненням методу відстаней. Вихідна матриця X попередньо стандартизується, що дозволяє позбутися неявної значущості показників. Матриця перетворюється за формулами:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\delta_j}; \quad \bar{x}_j = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m x_{ij}; \quad \delta_j = \left[\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.94)$$

де \bar{x}_j – середнє арифметичне всіх рівнів показника j (стовпця матриці X);

δ_j – середнє квадратичне відхилення показника j ;

z_{ij} – елементи матриці Z , яка є вихідною для розрахунку інтегрального показника (при цьому кожний стовпець матриці Z є вектором, координати якого в сумі дорівнюють нулю, а довжина цього вектора – одиниці).

Далі методика розрахунку інтегрального показника повністю збігається з методикою методу відстаней. Це, як і у попередніх випадках, дає можливість провести порівняння певної множини альтернатив за визначеною сукупністю економічних і технічних факторів. При збільшенні альтернатив і особливо показників оцінювання результатів – розв'язання проблеми ускладнюється.

Запитання для самоконтролю

1. Які підходи до класифікації методів обґрунтування управлінських рішень Вам відомі. Дайте стисло характеристику кількісним методам.

2. Сформулюйте постановку оптимізаційної задачі прийняття управлінських рішень в умовах повної визначеності. Якими методами вона вирішується?

3. Для вирішення яких задач застосовуються методи лінійного програмування? Наведіть приклади.

4. Для вирішення яких задач застосовуються методи динамічного програмування? Наведіть приклади.

5. Наведіть приклади вирішення задач динамічної оптимізації.

6. Для вирішення яких задач застосовуються ігрові методи прийняття рішень? Розкрийте їх головні допущення і обмеження.

7. Наведіть класифікацію ігрових методів прийняття рішень. Опишіть алгоритм вирішення довільної ігрової ситуації.

8. Наведіть приклади застосування математичних методів кластерного аналізу.

9. Сформулюйте постановку оптимізаційної задачі прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності.

10. Дайте визначення пасивній невизначеності. Які дії мають бути дотримані для отримання раціональної гарантуючої стратегії?

11. Дайте визначення активній невизначеності. Наведіть приклади вирішення антогоністичних і неангоністичних ситуацій.

12. Дайте визначення компромісній невизначеності. Наведіть приклад колективного формування компромісу при вирішенні антагоністичної конфліктної ситуації двох систем.

13. Сформулюйте постановку оптимізаційної задачі прийняття управлінських рішень в умовах компромісної невизначеності.

14. Охарактеризуйте особливості застосування методу нечітких множин при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності. Наведіть відомі Вам приклади.

15. Охарактеризуйте особливості застосування стохастичного підходу при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності. Наведіть відомі Вам приклади.

16. В чому полягає статистичний метод оцінювання ризику при прийнятті управлінських рішень? Наведіть відомі Вам приклади.

17. В чому полягає аналітичний метод оцінювання ризику при прийнятті управлінських рішень? Наведіть відомі Вам приклади.

18. Які з методів комплексного оцінювання результатів прийняття управлінських рішень Вам відомі? Надайте їм стислу характеристику.

ГЛАВА 3

ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Термін “експертиза” походить, як відомо [74], від латинського *expertus* (франц. *expertise*) – дослідний. Враховуючи таке під експертизою у загальному виді нині розуміють метод дослідження і вирішення проблемних ситуацій шляхом вибору кваліфікованими фахівцями, що мають спеціальні знання, найбільш аргументованих рішень серед сукупності можливих альтернатив [74].

Фактично ставши нормою життя суспільства і престижною формою діяльності, експертиза, а точніше теорія експертиз або інакше експертологія дотепер остаточно не сформована [74, 75]. Як самостійна дисципліна вона почала формуватися лише після другої світової війни в рамках теорії управління (менеджменту), отримавши прикладне значення при вирішенні проблем природно-господарських систем. При цьому одним з основних напрямків її розвитку (табл. 3.1) став *функціональний напрямок* [74–78], який нині поділяється на монофункціональну та поліфункціональну групи.

До монофункціональної групи згідно табл. 3.1 належать контрольні, оцінні, діагностичні, прогностні та конфліктні експертизи. При цьому саме *контрольний вид експертиз*, основою якого є законодавчі акти, норми, нормативні документи, стандарти і правила, – набув останнім часом найбільшого розповсюдження. Нині він застосовується в технічних і науково-технічних експертизах проєктів, матеріалів і речовин, у сучасній екологічній експертизі й ряді інших експертиз.

Оцінний вид експертизи виступає як один з найважливіших напрямків розвитку експертного методу дослідження. Нині він знаходить широке застосування в процесі рішення науково-технічних, економічних і екологічних проблем й дозволяє більш чітко представити їх основні цілі, завдання та очікувані результати. Уразливим місцем оцінних експертиз є нормативна база оцінок, головним критерієм якої часто виступає грошова або товарна цінність. Враховуючи таке оцінний метод експертних досліджень інколи виступає як самостійний, а у переважній більшості як супутній метод прогнозу, особливо при нормативних типах прогнозу, і як основа контрольної функції експертиз.

Своєрідний характер в експертології мають *діагностичні експертизи*. Їх елементи зустрічаються в усіх видах експертної діяльності. Як особливий вид діагностичні експертизи поширені в юриспруденції, медицині та техніці. Показовими діагностичними є експертизи, що встановлюють причину аварій літаків та інших технічних конструкцій.

Напрямки розвитку класифікації експертиз

Класифікаційні напрямки	Підстава класифікації	Приклади класифікаційних категорій
1. Організаційний	рівень організації	– міждержавні – державні – суспільні – відомчі
	рівень пророблення	– первинні – вторинні
	форма	– постійні – тимчасові
2. Діяльний	вид діяльності	– вид державної діяльності – метод прийняття рішень – наукове дослідження
3. Об'єктний	реальні об'єкти природно-господарських і соціальних систем	– природно-господарські – технічні – інформаційні – соціальні
	матеріали, речовини й ін.	– фізичні – хімічні – бактеріологічні
	проекти й програми розвитку природно-господарських і соціальних систем	– всі види природно-господарських і соціальних систем, документація по створенню нової техніки, технологій, матеріалів, речовин й ін.
4. Світоглядний рівень рефлексії	форма відбиття	<u>ноологічні</u> : – трансцендентальні – містичні – астрологічні гуманітарні: – філософські – філолофсько-антропологічні <u>соцістальні</u> : – політичні – соціологічні – економічні – юридичні – соціально-медичні <u>природничо-наукові</u> : – гідрологічні – геологічні – географічні – геоекологічні – біологічні – метеорологічні – медико-біологічні – технологічні – інженерно-будівельні
	рівень відбиття	– монодисциплінарні – міждисциплінарні
5. Функціональний	основна задача, що виконується експертними дослідженнями	<u>монофункціональні</u> : – контрольні – оцінні – діагностичні – прогностні – конфліктні <u>поліфункціональні</u> : – прогностно-діагностичні – контрольно-оцінні – оціночно-прогностно-діагностичні й ін.

Прогнозні експертизи. Питання щодо прогнозу майбутніх подій набуло останнім часом надзвичайно важливого значення для розвитку науки, техніки, економіки та деяких соціальних процесів тощо. До його застосування ОПР прибігають здебільшого у тих випадках, коли проблема вивчена ними неповністю (тобто існує певна невизначеність), а більш суворі формальні методи є мало ефективними. Це потребує від ОПР знання закономірностей розвитку досліджуваного процесу (системи) не тільки від його минулого до сучасного стану, а й, як показують дослідження з синергетики, – від його можливого майбутнього до сьогодення. Особлива роль у прогнозуванні належить нині експертному оцінюванню. Його сутність полягає у тому, що в прогноз закладаються думки фахівця або колективу фахівців (експертної групи), засновані на його (їх) професійному, науковому та практичному досвіді, на які можуть вплинути внутрішні і зовнішні конфліктні ситуації, що виникають, як правило, на локальному, регіональному або глобальному рівнях.

Експертизи, в яких основна увага приділяється рішенню конфліктних ситуацій відносять до *конфліктного типу*. Вони зводяться до проблеми прийняття рішень в умовах невизначеностей, породжених природою об'єкта, протиборчою стороною або бажаннями (цілями). При цьому конфлікт прийнято розглядати як спосіб взаємодії процесів (складних технічних систем), спосіб їхнього саморозвитку, виходу на новий зверх рівень в ході яких конфліктуючі сторони виявились спроможними знайти ті підстави, які б їх поєднували.

Виходячи з викладеного можна констатувати, що *теорія експертиз та методи експертного оцінювання, що реалізовані в її межах, застосовується:*

- у випадках коли на підставі відомих законів неможливо спрогнозувати поведження системи в майбутньому;

- у випадках коли відсутня достатньо насичена статистична вибірка, яка б дозволила зробити деякі висновки та прийняти відповідне рішення;

- при неможливості урахування впливу багатьох факторів на поведження об'єкту (явища) та експериментальної перевірки передбачуваного ходу процесу;

 - при наявності невизначених факторів, які не піддаються контролю;

 - при наявності різноманітних шляхів рішення проблеми;

- при неможливості математичного опису (формалізації) відповідного об'єкту (явища) та неповноті інформації, на основі якої приймається рішення;

- при виникненні екстремальних ситуацій, коли необхідне прийняття швидких рішень.

3.1 Формування задачі експертного оцінювання. Головні етапи її реалізації

Під експертним оцінюванням нині розуміють комплекс взаємозалежних заходів, що визначають мету роботи, умови та способи її організації і проведення, а також права та обов'язки осіб, що залучаються [79]. Воно поділяється на інтегральне (оцінюються кінцеві результати), диференційоване (оцінюються окремі складові проблеми) та структурне (оцінюється ступінь взаємодії між елементами об'єкта з метою їх подальшого аналізу і синтезу) й здійснюється за певним набором критеріїв, що отримали назву оціночних факторів. Останні у свою чергу поділяються на основні і допоміжні й можуть носити як детермінований (визначаються на підставі суворих детермінованих залежностей), так стохастичний (описуються випадковими величинами з відомим законом розподілу) і невизначений (для кожного з них може бути відома лише область можливих значень) характер.

Виходячи з такого *будь-яка задача експертного оцінювання може бути сформульована в такий спосіб*: при заданих значеннях детермінованих $A_1, \dots, A_i, \dots, A_p$, невизначених $B_1, \dots, B_i, \dots, B_n$ і стохастичних $X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$ факторів, знайти оптимальне значення $Y_1, \dots, Y_i, \dots, Y_m$ з області $Q_{Y_1}, \dots, Q_{Y_i}, \dots, Q_{Y_m}$, тобто *розв'язати певну конфліктну ситуацію, через вихід на нове цілісне бачення об'єкта (процесу) з ширшим колом інтересів* (рис. 3.1).

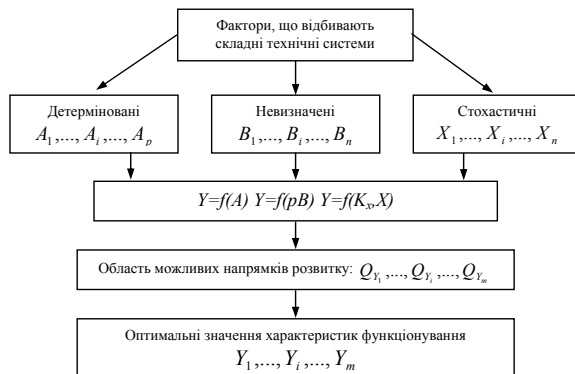


Рис. 3.1. Структурно-логічна схема проведення експертного оцінювання

Головними етапами реалізації цієї задачі є:

- формулювання мети і завдань оцінювання;
- формування рішення на організацію і проведення оцінювання та добір складу групи управління;
- добір експертної групи та формування опитувальних анкет;

вибір методу одержання експертної інформації та способу її опрацювання;

аналіз матеріалів експертного оцінювання;

інтерпретація отриманих результатів і підготовка висновку для ОНР;

упорядкування звіту.

Етап формулювання мети і завдань експертного оцінювання є основним. Багато в чому він визначається суттю проблеми, що розглядається. Від нього залежить також надійність і прагматична цінність очікуваного результату. Ступінь реалізації етапу здебільшого обумовлюється:

повнотою наявної вхідної інформації та її надійністю;

термінами і формою подання замовнику отриманих результатів;

можливістю залучення фахівців з інших галузей знань тощо.

Завдання на організацію і проведення експертного оцінювання на *другому етапі* цього процесу ставить та оформлює у виді рішення Замовник. Цим же рішенням визначається керівник експертизи який, у свою чергу, формує експертну групу управління. На *групу управління* в процесі експертного оцінювання покладається не тільки вся організаційно-планова робота з забезпечення сприятливих умов для ефективної творчої діяльності експертів, але й аналітична робота з добору експертної групи, визначення методів одержання і опрацювання інформації, упорядкування опитувальних анкет, змістовної інтерпретації одержуваних результатів. Для рішення цих задач в групу управління доцільно включити висококваліфікованих комунікабельних фахівців як в області розглядуваної проблеми, так і в інших областях знань – математиці, психології, соціології тощо.

Добір експертної групи і визначення її оптимального кількісного складу є чи не найголовнішим практичним завданням групи управління [80]. При цьому характеристики її членів визначаються на основі індивідуальних характеристик експертів, а саме їх компетентності, креативності, конформізму, відношення до експертизи, конструктивності мислення, колективізму, самокритичності тощо.

При *виборі методу одержання експертної інформації і способу її опрацювання* групою управління розробляється докладний сценарій проведення збору і аналізу експертних думок (оцінок), включаючи як конкретний вид експертної інформації (слова, умовні градації, числа, ранжировки, розбивки або інші види об'єктів нечислової природи) так і конкретні методи аналізу цієї інформації (обчислення медіани Кемені, статистичний аналіз люсіанів або парних порівнянь та інші методи статистики об'єктів нечислової природи й інших розділів прикладної статистики).

Опрацювання та якісний аналіз експертної інформації є заключним етапом експертного оцінювання. Він полягає у:

проведенні оцінювання ступеня погодженості думок експертів з урахуванням догм погодженості і одномірності;

виділенні груп експертів з близькою думкою (у випадку наявності істотної розбіжності в їхніх відповідях);

виявленні розкиду думок, впливу характеристик експертів на зміст їхніх відповідей;

ранжируванні відповідей в однорідних групах та формуванні об'єднаних відповідей.

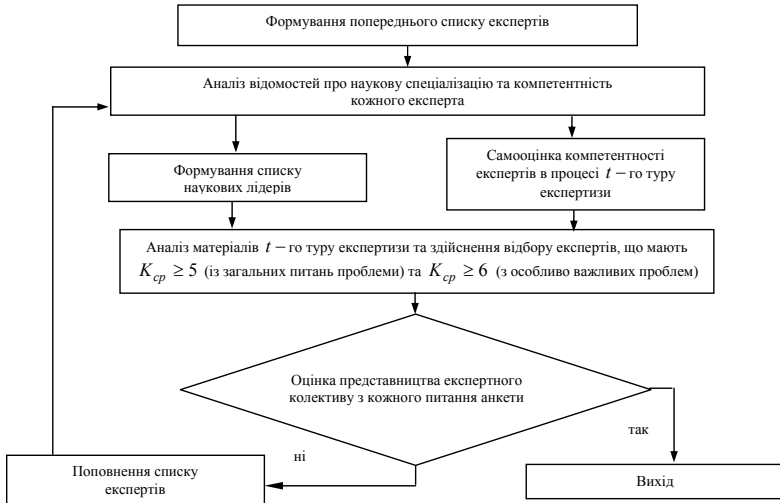
При цьому *догма погодженості* передбачає, що рішення може бути прийнято лише на основі погоджених думок експертів. Тому з експертної групи виключають тих, чия думка відрізняється від думки більшості, а саме відсіваються як некваліфіковані особи, що потрапили до складу експертної комісії з непорозуміння або з міркувань, що не мають відносини до їхнього професійного рівня, так і найбільш оригінальні мислителі, які проникнули в проблему набагато глибше, чим більшість. Перевірка погодженості здійснюється на основі коефіцієнтів рангової кореляції Кендалла або Спірмена, які одержали назву коефіцієнтів конкордації. При цьому позитивний результат перевірки погодженості означає ні більше, ні менше, як відхилення статистичної гіпотези про незалежність і рівномірну розподіленість думок експертів на множині всіх ранжировок. *Догма одномірності* відіграє роль у випадку, коли надто важливою є конкретна (вузька) постановка задачі перед експертами. Найчастіше ж така постановка відсутня й “ігри” з розробки узагальненого показника якості, наприклад, у вигляді лінійної функції від перерахованих змінних, не можуть надати об'єктивних висновків. Альтернативою єдиному узагальненому показнику є математичний апарат типу багатокритеріальної оптимізації – множини Парето й т.д. [67].

Етап інтерпретації отриманих результатів необхідний для організації зворотного зв'язку у процесі експертного оцінювання. Зворотний зв'язок з експертами група управління може здійснювати або за методом Дельфи, або за іншими методами (методом нарад тощо) з обговоренням результатів анонімних опитувань.

За результатами проведеної роботи та залежно від мети, поставленої особою, уповноваженою приймати рішення (ОПР), експертна група може видати або інформацію для ухвалення рішення ОПР, або проект самого рішення.

3.2 Процедура формування експертної групи та методи оцінювання компетентності її представників

Добір кандидатів до складу експертної групи (колективу) суттєво залежить від характеру і змісту досліджуваної проблеми й може проводитись або шляхом самооцінки кандидатів в експерти, або за результатами їх минулої діяльності, або з урахуванням їх компетентності, або ж за результатами оцінювання кожного кандидата групою. Останній метод є найбільш ефективним. Основним способом його проведення є соціометричне опитування (рис. 3.2). Воно полягає у проведенні низки ітерацій з формування як попереднього, так і остаточного складу експертної групи й завершується за умови, якщо список експертів перестає поповнюватися новими прізвищами. Процедура добору може бути перервана і раніше, коли буде зафіксовано біля 95% повторень. Як показує практика проведення експертиз, помилка в цьому випадку несуттєва для подальших оцінок.



Рису. 3.2. Алгоритм процесу формування експертного колективу

Задача формування експертної групи шляхом соціометричного опитування може бути сформульована таким чином [81–83]. Припустимо, що $EXP = (exp_1, \dots, exp_n)$ – множина можливих кандидатів до експертної групи, H – кількість учасників експертної групи, k_i – ваговий коефіцієнт або інакше ступінь компетентності i -го кандидата, p_i – ознака щодо включення ($p_i = 1$), або не включення ($p_i = 0$) i -го кандидата до експертної групи, c_i – вартість послуг i -го кандидата, а C – загальна

вартість проведення експертизи. Необхідно за обмежень $\sum_{i=1}^H c_i \cdot p_i \leq C$ та $20 \geq H \geq 10$,

тобто коли кількість експертів у групі має бути такою, щоб за кожним запитанням анкети було отримано не менш 15–20 оцінок, а кількість експертів з мінімальною компетентністю не повинна перевищувати 25% від загальної чисельності колективу, сформувати експертну групу, яка матиме максимальну компетентність:

$$\sum_{i=1}^H k_i \cdot p_i \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

Така постановка задачі правомірна лише за умови, якщо кандидати до експертної групи за компетентністю якісно однорідні, тобто:

$$W_{cp} = (1 - \sigma_{cp}) / K_{cp}^{cp} \geq 0.8, \text{ (висока однорідність)} \quad (3.2)$$

де σ_{cp} – точність оцінювання експертною групою; K_{cp}^{cp} – середнє значення коефіцієнта компетентності H членів експертної групи.

Якщо склад експертної групи за компетентністю неоднорідний, виникає, як правило, принципова помилка, яка для визначення ступеня впливу компетентності кожного окремого експерта на результат експертизи потребує застосування дисперсії σ^2 або середньоквадратого відхилення σ . При цьому чим менше дисперсія (відхилення), тим менше помилка і тим вище точність оцінювання експерта. Припустимо, що $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ – показники точності оцінювання експертів (середні оцінки), причому для кожного наступного експерта вони зменшуються рівномірно (тобто рівномірно у l разів збільшується відхилення). Тоді показник точності групового оцінювання може бути обчислений з виразу:

$$\sigma_{cp} = \frac{1}{H} \sqrt{\sum_{i=1}^H \sigma_i^2}. \quad (3.3)$$

Зважаючи, що всі експерти мають різну компетентність, упорядкуємо їх за цією ознакою $\sigma_1 < \sigma_2 < \dots < \sigma_H$ та, як результат, отримаємо:

$$\begin{aligned} \sigma_1; \sigma_2 = l \cdot \sigma_1; \sigma_3 = l \cdot \sigma_2; \dots; \sigma_H = l \cdot \sigma_{H-1} \text{ або} \\ \sigma_1; \sigma_2 = l \cdot \sigma_1; \sigma_3 = l^2 \cdot \sigma_1; \dots; \sigma_H = l^{H-1} \cdot \sigma_1. \end{aligned}$$

Відповідно до формули (3.3)

$$\sigma_{1-N} = \frac{1}{H} \sqrt{\sum_{i=1}^H \sigma_i^2} = \frac{1}{H} \sqrt{\sum_{i=1}^H (l^{i-1} \sigma_1)^2} = \frac{1}{H} \sqrt{\sum_{i=1}^H (l^{i-1})^2 \sigma_1^2} = \frac{\sigma_1}{H} \sqrt{\sum_{i=1}^H (l^2)^{i-1}}. \quad (3.4)$$

Розглянемо, як поводить графік залежності σ_{1-N} від H при різних значеннях l . Збільшення кількості експертів, починаючи з деякого моменту (рис. 3.3), призводить до росту помилки експертизи.

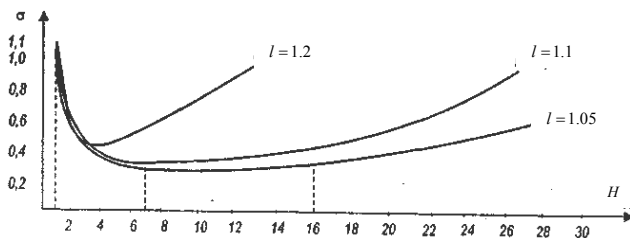


Рис. 3.3. Залежність середньої похибки σ від кількості членів експертної групи H .

Як видно з графіків, найвища точність оцінювання досягається за умови присутності у експертній групі лише одного кандидата. Якщо таких у групі більше одного і точність оцінок кожного наступного з них відрізняється від попереднього на 5% ($l=1.05$), то мінімальна помилка експертизи може бути досягнута при 16 експертах (верхня межа кількісного складу експертної групи — $m_n = 16$). При подальшому збільшенні кількості членів експертної групи помилка експертизи буде збільшуватися. Якщо точність оцінок кожного наступного члена експертної групи відрізняється від попереднього на 10% ($l=1.1$), то мінімум досягається при 7 експертах (нижня межа — $m_n = 7$).

Таким чином можна констатувати, що з урахуванням компетентності експертів, в експертну групу доцільно включати не більш 10–15 найбільш компетентних серед них. Разом з цим слід мати на увазі, що відповідно до масштабу експертного оцінювання кількість експертних груп, які притягаються до роботи, може коливатися від 1–2, наприклад, при прогнозуванні конкретних науково-технічних проблем до декількох десятків — при прогнозуванні комплексних галузевих проблем.

Методи оцінювання компетентності представників експертної групи

Компетентність експерта є ступенем його кваліфікації у певній галузі знань. Вона визначається за допомогою аналізу його професійної підготовки (посада, вчене звання, ступінь), професійної діяльності та широти кругозору щодо перспектив розвитку досліджуваної проблеми. Компетентність експерта повинна поширюватися як на об'єкт оцінювання якості (професійна компетентність), так і на методологію оцінювання (кваліметрична компетентність). Професійна компетентність припускає знання історії досліджуваної проблеми. Кваліметрична компетентність забезпечує чітке розуміння експертом методів оцінки, уміння користуватися різними типами

оцінюючих шкал, розрізняючи при цьому досить велику кількість їх градацій.

Нині при оцінюванні професійної компетентності експерта користуються, як правило, методами самооцінки [84], взаємної оцінки [85] та контрольних експертиз [86]. У першому випадку індивідуальну компетентність експерта оцінюють коефіцієнтом $k(0 \leq k \leq 1)$, який експерт визначає на основі власних суджень про ступінь своєї інформованості з проблеми, що розглядається (k_u), а також ступінь аргументації власних думок (k_a) [80]:

$$k = 0.5(k_u + k_a). \quad (3.5)$$

Коефіцієнт інформованості одержують на основі самооцінки експерта за десятибальною шкалою, як

$$k_u = 0.1 \cdot X_{inf}, \quad (3.6)$$

де X_{inf} – бал, виставлений експертом. При цьому на підставі аналізу літератури [82–87] для оцінювання ступеню інформативності експертів можна рекомендувати наступну 10-бальну шкалу:

$X_{inf} = 0$ – не знає даної проблеми (питання);

$0 < X_{inf} \leq 2$ – слабко знає проблему, цікавиться нею не систематично;

$2 < X_{inf} \leq 4$ – задовільно знає проблему, займається нею несистематично;

$4 < X_{inf} \leq 6$ – добре знає проблему по попередньому досвіду роботи; зараз, можливо, не працює в даній галузі, але систематично нею цікавиться;

$6 < X_{inf} \leq 8$ – добре знає проблему, постійно працює над нею і має опубліковані праці в даній галузі;

$8 < X_{inf} < 10$ – відмінно знає проблему, має в її рішенні загально визнані результати і є одним з вітчизняних лідерів (авторитетом) у її розробці;

$X_{inf} = 10$ – міжнародний авторитет у певній галузі.

Значення коефіцієнта k_a визначають як функцію, що залежить від коефіцієнта довіри $k_d = k' \cdot k''$ та коефіцієнта відповідності k_e :

$$k_a = F(k_d, k_e), \quad (3.7)$$

У певному випадку функція F може являти собою середньоарифметичне величин k_e і k_d . При цьому значення коефіцієнтів k' , k'' приймаються рівними 1 або 0,5 і можуть бути визначені з таблиці 3.2, а значення коефіцієнта відповідності k_e – з таблиці 3.3. Оцінюючи певне джерело за градаціями В, С та Н та користуючись еталонними значеннями таблиці 3.3 експерт у пустих клітинках такої таблиці

пропоставляє власні значення. Їх підсумовування за кожним стовпчиком надасть, як результат, значення коефіцієнта k_n . При цьому саме інтервальний характер пропонованих шкал дозволить помітно підвищити їх розрізнявальну здатність та надасть достатню значеннєву визначеність не тільки при доборі експертів, але і при аналізі компетентності експертної групи (колективу) в цілому.

Таблиця 3.2

Числові значення складових k' , k'' коефіцієнта довіри

Рівень обговорення	Рівень спеціалізації експерта		Галузь безпосередньої роботи $k'' = 1$
	$k' = 1$	$k' = 0,5$	
	$k' = 0,5$	$k' = 1$	Суміжна галузь $k'' = 0,5$

Таблиця 3.3

Еталонні значення оцінки коефіцієнта відповідності

Джерела аргументації	Ступінь впливу джерела на Вашу думку		
	В (висока)	С (середня)	Н (низька)
Проведений Вами теоретичний аналіз	0,3	0,2	0,1
Ваш виробничий досвід	0,5	0,4	0,2
Узагальнення робіт вітчизняних авторів	0,05	0,05	0,05
Узагальнення робіт закордонних авторів	0,05	0,05	0,05
Ваше особисте знайомство зі станом справ за кордоном	0,05	0,05	0,05
Ваша інтуїція	0,05	0,05	0,05
	max 1	max 0.8	max 0.5

Другий метод полягає в обчисленні індивідуальних коефіцієнтів компетентності на основі матриць, що складені експертами за результатами взаємного оцінювання. Він використовується за умови, якщо кандидати знають один одного за спільною діяльністю й полягає в оцінюванні кожним з них обсягу та якості знань інших кандидатів з питань анкети. При складанні анкет за цим методом необхідно заздалегідь виявляти можливі цілі експертів, що суперечать меті експертизи, тобто виключати ті причини, що можуть спонукати експерта свідомо спотворювати оцінки знань інших кандидатів.

Однією з ефективних модифікацій методу взаємного оцінювання є процедура, що ґрунтується на такій послідовності кроків.

Крок 1. Члени групи управління висловлюють власну думку щодо залучення кандидатів у групу експертів. Названі особи роблять, у свою чергу, те ж саме. За декілька турів такого опитування складається задовільний за повнотою список кандидатів.

Крок 2. За результатами опитування формується матриця суміжності $Z = \|z_{ij}\|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, елементами якої є одиниці або нулі залежно від того, чи висловився кандидат з номером i на користь залучення в групу кандидата з номером j або ні відповідно (i – номер рядка матриці суміжності, j – номер стовпця).

Крок 3. За матрицею суміжності $Z = \|z_{ij}\|$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$ обчислюються коефіцієнти компетентності кандидатів γ_i . Сутність алгоритму знаходження значень γ_i полягає в тому, що на першій ітерації ($t=1$) група управління підраховує відношення суми голосів, поданих за кандидата з номером γ , до загальної кількості всіх голосів (сума одиниць у матриці суміжності). На наступних ітераціях ($t > 1$) голоси зважуються коефіцієнтами компетентності кандидатів у $\gamma_i^{(t-1)}$, обчисленими на попередній ітерації. Для цього:

1) задається критерій зупинки і необхідна точність ε обчислення $\gamma_i = \overline{1, n}$. Значення аргументу ε вибирають на один-два порядки менше розміру $\frac{1}{n}$. Іноді як критерій зупинки використовують умову $t = t_{mp}$. При цьому t_{mp} вибирають в діапазоні 3–5, що обумовлено швидкою збіжністю процесу;

2) покладається, що $t = 0$ і усі $\gamma_i^{(t)} = \frac{1}{n}$, $i = \overline{1, n}$;

3) покладається $t = t + 1$ та обчислюється: $\gamma_j^{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} \gamma_i^{(t-1)}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \gamma_i^{(t-1)}}$, $j = \overline{1, n}$; (3.8)

4) перевіряється умова $|\gamma_i^{(t)} - \gamma_i^{(t-1)}| \leq \varepsilon$, $i = \overline{1, n}$. Якщо вона виконується, то здійснюється перехід до п. 5, інакше – до п. 3;

5) обчислення припиняється. Отримані $\gamma_i^{(t)}$ приймають за коефіцієнти компетентності γ_i .

Викладена процедура дозволяє не тільки оцінити компетентність уже відібраних кандидатів, але й одночасно виявити можливо повну множину фахівців із розглянутої проблеми та сформувані їх список.

Третій метод оцінювання індивідуальної компетентності кандидатів полягає у перевірці достовірності (надійності) суджень кожного з них у ході проведення контрольних експертиз. Контрольна експертиза передбачає опитування експертів за питаннями, яким можна присвоїти позитивний числовий еквівалент w_i , $i = \overline{1, N}$ в межах заданої шкали такий, що:

$$0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^N w_i = 1,$$

де N – загальна кількість поставлених запитань;

w_i – коефіцієнти відносної важливості (характеризують у скільки разів запитання важливіше одне за інше).

Керівникам опитування можуть бути заздалегідь відомі достовірні відповіді на такі запитання, які при цьому повинні бути абсолютно невідомими учасникам опитування. За таких умов коефіцієнт достовірності суджень кожного експерта визначається як відношення кількості запитань, на які експерт дав правильні відповіді, до їх загальної кількості:

$$\gamma_i^{[a]} = \frac{N_{\pi_i}}{N}, i = \overline{1, n} \quad (3.9)$$

де N_{π_i} – кількість правильних відповідей i -го експерта.

Якщо достовірні відповіді на поставлені запитання невідомі, для оцінювання компетентності експертів може бути використаний підхід, заснований на опрацюванні нормованих бальних оцінок. Він припускає, що спочатку всі експерти мають рівну компетентність. Як вагові коефіцієнти за таких обставин використовують значення середньозважених оцінок усіх запитань, які нормуються їхньою сумою і використовуються як уточнені значення коефіцієнтів компетентності. Результатом такої операції є те, що для експерта, оцінки котрого ближче до середньозважених, коефіцієнт його компетентності збільшується. Така процедура в ході контрольних експертиз може повторюватися неодноразово.

Наступним кроком є математична обробка оцінок індивідуальної компетентності експертів, результатом якої є остаточне уточнення складу експертної групи для забезпечення мінімального розкиду компетентності. Експерт, що одержав максимальний коефіцієнт компетентності, визначається як *Головний Експерт*. Він виступає далі як *Особа, яка уповноважена приймати рішення (ОПР)* й саме на яку покладається вибір раціонального рішення серед сукупності можливих альтернатив.

ПРИКЛАД 3.1 – формування експертної групи, компетентність якої порівняно з іншими є максимальною [15].

Припустимо, що верхня і нижня межа кількісного складу експертної групи становлять відповідно $m_n = 8$ та $m_n = 5$. Загальна вартість проведення експертизи $C = 1000$ у.о. Вагові коефіцієнти (k_i) та умовні вартості послуг (c_i , $i = \overline{1, N}$) кандидатів експертної групи подані у таблиці.

Список кандидатів	exp ₁	exp ₂	exp ₃	exp ₄	exp ₅	exp ₆	exp ₇	exp ₈	exp ₉	exp ₁₀
Ваговий коефіцієнт	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5
Умовна вартість послуг	250	300	200	160	170	150	160	120	100	90

Необхідно сформувати експертну групу, компетентність якої порівняно з іншими є максимальною при обмеженнях на вартість проведення експертизи.

Спочатку формуються різні експертні групи чисельністю у 8 осіб такі, що задовольняють умові: $\sum_{i=1}^H c_i \leq C$. Так як таких груп не існує, зменшуємо чисельність експертної групи до 7 осіб. У цьому випадку отримуємо три експертні групи, а саме:

$$EXP_1 = (\text{exp}_4, \text{exp}_5, \text{exp}_6, \text{exp}_7, \text{exp}_8, \text{exp}_9, \text{exp}_{10}), C_1 = 950;$$

$$EXP_2 = (\text{exp}_3, \text{exp}_5, \text{exp}_6, \text{exp}_7, \text{exp}_8, \text{exp}_9, \text{exp}_{10}), C_2 = 990;$$

$$EXP_3 = (\text{exp}_3, \text{exp}_4, \text{exp}_5, \text{exp}_6, \text{exp}_8, \text{exp}_9, \text{exp}_{10}), C_3 = 990.$$

Потім беруться групи EXP_1 і EXP_2 та обчислюються їх пріоритети P_1 і P_2 відносно компетентності їх експертів. Для цього будуються матриці відносної переваги групи EXP_1 над групою EXP_2 за кожним критерієм. Так, наприклад, за першим критерієм відносну перевагу групи EXP_1 над групою EXP_2 можна зобразити такою матрицею:

$$M_{12}^1 = \begin{vmatrix} 1 & 0,8/0,9 \\ 0,9/0,8 & 1 \end{vmatrix}.$$

Нормований власний вектор цієї матриці дорівнює: $W_{12}^1 = (0,4; 0,6)$.

Так як компетентності інших кандидатів у цих групах однакові, то отримаємо такі пріоритети цих груп: $P_1 = 0,4$ та $P_2 = 0,6$. Далі P_2 приймається за P_{\max} і аналогічно обчислюються груп EXP_3^* і $EXP_{\max}^*(EXP_2^*)$: $P_2 = 0,4$ і $P_3 = 0,6$. Як результат група EXP_3 саме й буде тією групою, яка має максимальну компетентність.

Оцінювання представниками експертної групи відносної важливості порівнюваних параметрів

Дані, отримані в результаті опитування m експертів, являють собою оцінки відносної важливості кожного параметра [82, 88, 89], які можуть бути виражені таблично або у балах відносної важливості j -го параметра i -м експертом (C_{ij}) за будь-якою шкалою, або у виді рангових оцінок (r_{ij}).

Експерти	Параметри (об'єкти, фактори, показники, заходи, напрямки дослідження тощо)					
	1	2	.....	j	.....	n
1	C_{11}, r_{11}	C_{12}, r_{12}		C_{1j}, r_{1j}		C_{1n}, r_{1n}
2	C_{21}, r_{21}	C_{22}, r_{22}		C_{2j}, r_{2j}		C_{2n}, r_{2n}
.....						
i	C_{i1}, r_{i1}	C_{i2}, r_{i2}		C_{ij}, r_{ij}		C_{in}, r_{in}
.....						
m	C_{m1}, r_{m1}	C_{m2}, r_{m2}		C_{mj}, r_{mj}		C_{mn}, r_{mn}

У першому випадку частіш за все використовуються 100-бальні або 10-бальні шкали, де максимально можливого ступеню важливості відповідає оцінка у 100 або у 10 балів відповідно. У другому випадку найбільш важливому параметру приписують ранг 1, а найменш важливому – ранг n .

При цьому як показники узагальнених міркувань m експертів, що прийняли участь в оцінюванні, за кожним j -м параметром з n можливих, найчастіше використовуються:

по-перше, середнє арифметичне значення оцінок за j -м параметром:

$$\bar{C}_j = \frac{1}{m_j} \cdot \sum_{i=1}^{m_j} C_{ij}, \quad (j = \overline{1, n}), \quad (3.10)$$

яке може змінюватись в інтервалі:

$$0 \leq \bar{C}_j \leq 100, \text{ якщо прийнята 100-бальна шкала оцінок;}$$

$$0 \leq \bar{C}_j \leq 10, \text{ якщо прийнята 10-бальна шкала оцінок;}$$

по-друге, сума рангів оцінок, отриманих j -м параметром:

$$R_j = \sum_{i=1}^{m_j} r_{ij}, \quad (j = \overline{1, n}). \quad (3.11)$$

Значення R_j визначається для кожного з параметрів i змінюється в інтервалі від 1 (одиниці) до n . При цьому, як правило, найбільш важливому параметру (має максимальний бал) приписується порядковий номер, що дорівнює одиниці, а найменш важливому – номер n . Чим менше значення R_j , тим значимішим (більш важливим) є досліджуваний параметр;

по-третє, частота максимальних оцінок в балах або присудження експертами першого рангового місця j -му параметру:

$$K_j = m'_j / m_j, \quad (3.12)$$

де m'_j – кількість експертів, які присудили j -му параметру перше місце або

поставили йому максимальну оцінку в балах, m_j – кількість експертів, які оцінювали важливість j -го параметра.

3.3 Методи індивідуального і колективного одержання вихідної інформації евристичного походження. Їх основні переваги та недоліки

Методи одержання експертної інформації поділяються на методи індивідуального і колективного експертного оцінювання.

У групі методів індивідуального експертного оцінювання найбільшого практичного застосування отримали морфологічний метод (метод морфологічного аналізу), метод сценаріїв підґрунтям для якого є методи згортання і розгортання проблем, а також методи інтерв'ю та аналітичних доповідних записок [87, 90].

Морфологічний метод, уперше запропонований Ф. Цвіккі, дозволяє вирішувати великомасштабні проблеми на кшталт конструкторських задач загального плану. Достатньо ефективним він є при проектуванні об'єктів і пошуку системних рішень. Метод заснований на комбінаториці – систематичному дослідженні всіх теоретично можливих варіантів рішення, що випливають із закономірностей побудови об'єкту, який аналізується. Його робочі процедури зводяться до:

точного формулювання розв'язуваної проблеми та визначення її меж;

визначення найважливіших як уже досягнутих, так і теоретично можливих характеристик і параметрів аналізованих об'єктів, що впливають на вирішення певної проблеми;

побудови морфологічної “множини” або інакше морфологічної двомірної або тривимірної матриці виду:

$$\begin{matrix} p_1^1 & p_1^2 & \dots & p_1^{k_1} \\ p_2^1 & p_2^2 & \dots & p_2^{k_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_n^1 & p_n^2 & \dots & p_n^{k_n} \end{matrix}; \quad (3.13)$$

аналізу отриманих варіантів рішень та вибору відносно кращого серед них на підставі індивідуальних оціночних критеріїв.

Недоліками методу є відносна трудомісткість (необхідність перегляду варіантів) та відсутність надійного методу оцінювання ефективності застосування того чи іншого варіанту.

Метод сценаріїв є напіваналітичним методом, який застосовується для створення штучних ситуацій (сценаріїв) у тому випадку, коли реальні факти відсутні, наприклад, при визначенні цілі і виходів операції, в ході вибору

показників і критеріїв ефективності тощо. При цьому під сценарієм розуміють логічний і правдоподібний опис подій з встановленням орієнтованого часу щодо їх здійснення і зв'язків, в результаті яких ці події можуть відбутися. Він складається з метою уточнення умов, за яких буде вирішуватися проблема і разом з тим стимулює та дисциплінує мислення експерта (групи експертів), заставляє його (їх) враховувати деталі і динаміку, висвітлювати взаємозв'язок багатьох факторів, наглядно у спрощеному виді представляти складну багатоваріантну дійсність. Особлива увага при розробці сценаріїв приділяється “критичним” точкам, після яких події можуть розвиватися в різних напрямках.

Метод сценаріїв, як правило, базується на аналізі результатів, що отримані за допомогою методів “розгортання” (“згортання”) проблем. Ідея першого з них – методу “розгортання” проблем, полягає у послідовному поділі проблем певного рівня на підпроблеми, що складають елементи наступного рівня. В результаті цього формується “розгортка” підпроблем. При цьому досить важливо, щоб дотримувався причинно-наслідковий зв'язок, тобто проблеми нижчих рівнів обумовлювалися проблемами верхніх рівнів. Це досягається багатоетапним цілеспрямованим експертним опитуванням аж до повного узгодження суджень усіх експертів. Ідея другого з них – методу “згортання” проблем, полягає в послідовному зведенні проблем нижчих рівнів до проблем більш високих рівнів. В результаті застосування методу формується проблема, вирішення якої необхідно в майбутньому.

За результатами методів “розгортання” (“згортання”) проблем, які передбачають залучення груп експертів і носять ітеративний характер, обирається один опорний сценарій або їх мінімально можлива кількість.

Методи інтерв'ю та аналітичних доповідних записок використовують у задачах формування вихідної множини стратегій, задачах аналізу невизначеностей. При цьому перший з них полягає в опитуванні експерта за задалегідь сформульованими питаннями, на які експерт дає відповіді експромтом, а другий припускає тривалу і ретельну самостійну роботу експерта над аналізом тенденцій розвитку, оцінкою поточного стану і шляхів розвитку об'єкта дослідження.

Основні переваги методів індивідуального експертного оцінювання полягають в їх оперативності, можливості повною мірою використовувати індивідуальні здібності експерта, відсутності тиску авторитетів, низьких витрат на експертизу. Головним недоліком цих методів є високий ступінь суб'єктивності одержуваних оцінок через обмеженість знань одного фахівця.

У групі методів колективного експертного оцінювання найбільшого практичного застосування отримали метод мозкової атаки, метод Дельфи,

метод аналізу ієрархій, метод анкетування та метод колективної генерації ідей [91]. Головними кроками їх реалізації є (рис. 3.4):

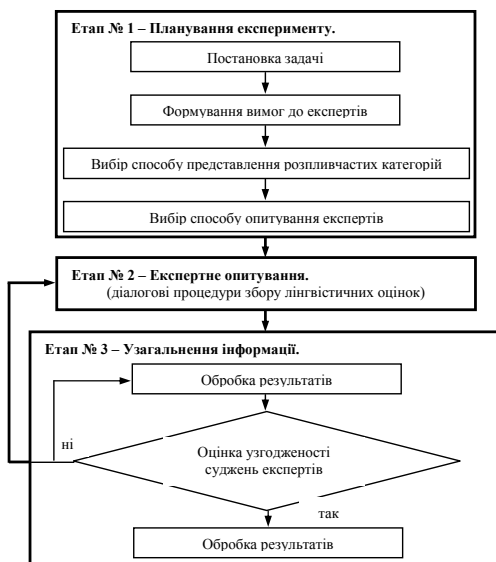


Рис. 3.4. Загальна схема збору та колективної обробки логіко-лінгвістичної експертної інформації.

1) надання організаторами експертизи кожному експертові інформації з проблеми у виді сформульованої мети опитування та анкети, що включає сукупність оцінюваних факторів або подій;

2) вирішення кожним експертом сформульованого завдання незалежно від інших членів експертної групи;

3) проведення організаторами експертизи статистичної обробки анкет, виявленні та узагальнюють аргументів, що відповідають різним судженням;

4) формування організаторами експертизи колективного рішення та ознайомлення з ним членів експертної групи;

5) пояснення членами експертної групи причин незгоди з колективним рішенням та перегляд за згодою власної точки зору.

6) проведення починаючи з 2-го кроку з метою звуження діапазону оцінок експертів 2-го туру експертизи і т.д.

При цьому процедура експертного оцінювання (цикл експертизи) може повторюватися декілька разів (до 3–4), до встановлення певної стабільності у судженнях кожного експерта.

Метод мозкової атаки (Breinstorming) або “мозкового штурму” (винайдений у 1939 р. Осборном, м. Буффало, США) – є одним із методів

колективного генерування ідей (пропозицій, гіпотез тощо), заснованим на припущенні, що серед їх розмаїття є хоча б декілька таких, які, принаймні, заслуговують уваги. Метод широко застосовується як у теорії та практиці управління, так і у процесах одержання та використання соціологічної інформації, тобто у ситуаціях коли необхідно: одержати уявлення про напрямки формування (розвитку) певної проблеми; одержати набір варіантів можливих рішень щодо реалізації цих напрямків; виявити коло факторів, доцільних з точки зору вибору раціонального варіанту рішення певного напрямку.

Головними етапами методу є [92]:

1) формування групи управління (з 2–4 членів) та експертної групи (з 10–15 членів);

2) складання групою управління проблемної записки де визначені: мета дослідження та перелік обмежень, пропонованих до варіантів можливих рішень проблеми; масштаб і точність вимірів та оцінок; організаційне, фінансове й матеріально-технічне забезпечення тощо. Вручення проблемної записки особисто кожному члену експертної групи або оголошення її змісту Головним експертом (ОПР) перед усіма членами експертної групи;

3) генерація кожним експертом власних ідей (гіпотез тощо) за певною проблемою. Критика попередніх висловлювань при цьому не допускається, але вітається комбінування та подальший розвиток ідей. Результатом етапу може стати формування списку варіантів можливих рішень проблеми;

4) систематизація (класифікація і групування) групою управління всіх висловлених ідей (пропозицій, гіпотез тощо);

5) аналіз і оцінювання експертною групою усіх висловлених ідей (пропозицій, гіпотез тощо) на практичну реалізованість;

6) систематизація групою управління всіх висловлених зауважень та формування нею списку раціональних ідей (пропозицій, гіпотез тощо).

Основні правила, яких мають дотримуватись члени експертної групи в ході “мозкової атаки” полягають у:

недопущенні озвучення учасниками наради явно помилкових ідей;

недопущенні призупинення на нараді обговорення жодної з ідей, висловлених експертами;

підтримці в ході наради ідей будь-якого роду, навіть якщо їх доречність або реалізованість здаються сумнівними;

наданні однакової підтримки усім учасникам наради, не зважаючи на їх службове становище, вчене звання та досвід роботи.

Не зважаючи на явні переваги методу “мозкової атаки” порівняно з іншими

методами колективного експертного оцінювання, йому притаманні й деякі слабкі сторони. Так, наприклад, на судження більшості експертів можуть вплинути висловлювання найбільш авторитетних або активних фахівців, що значною мірою обезцінює заходи, які проводяться. З іншого боку, інколи віддзеркалюється психологічна риса: експерт не намагається виділитися з середі більшості або, висловивши свою точку зору, не намагається її відстояти.

Метод Дельфи (the Delphi method) – метод групового експертного опитування із збереженням анонімності суджень його учасників. Його сутність полягає в тому, що прогнозні оцінки на майбутнє визначаються на підставі висновків учасників опитування, яким доручається аргументоване обґрунтування власної точки зору про стан і розвиток певної проблеми або проблемної ситуації [93]. Метод ґрунтується на припущенні, що визначення майбутнього буде більш точним, якщо в процесі експертного опитування братимуть участь від 20 до 60 осіб ($20 \leq X \leq 60$), а не одна людина. При цьому узагальнена оцінка експертів повинна мати найменшу дисперсію, а медіанне значення індивідуальних оцінок має наближуватися до фактичного значення прогнозованого показника. Процедура експертного опитування за методом Дельфи зводиться до проведення комплексу операцій, які формують групову думку за окремими предметами обговорення. Для цього групі експертів на підставі переліку показників за темою дослідження [80, 93] пропонують скласти анонімний прогноз у певній галузі знань на близьку і більш віддалену перспективу. Обробка думок членів експертної групи здійснюється з використанням прийомів математичної статистики та евристичних методів (табл. 3.4) [94]. Узгодження їх індивідуальних оцінок забезпечується за рахунок послідовного анонімного ознайомлення кожного експерта з оцінками інших. Зворотній зв'язок, що регламентується у цьому випадку аналітиками, дозволяє виявити переважні судження фахівців та зблизити їхні точки зору на проблему. Він встановлюється у виді повідомлення про середньостатистичний результат обробленої інформації по всій групі експертів на попередніх етапах опитування. З урахуванням цієї інформації кожен експерт корегує власний прогноз, кінцевим результатом якого знову вважається середній показник, що повідомляється експертам, і весь процес повторюється.

У своєму первісному виді метод Дельфи мав ряд недоліків, обумовлених головним чином організацією опитування (змістом анкети) і суб'єктивними основами самого методу, що відбивають великий вплив поглядів авторів запитань і якості підбора експертів. Головними з них слід вважати:

зниження ваги значення, що додається подіям більш віддаленого майбутнього;

прагнення до пророкувань інтуїтивного характеру і спрощення змісту прогнозу тощо.

Таблиця 3.4

Статистичні й евристичні показники математичної статистики.		
Вид показника	Формула	Позначення
Статистичні	$\bar{\varphi}(i) = \frac{\sum_{j=1}^m \varphi(i)_j}{m}$	$\bar{\varphi}(i)$ - середнє арифметичне значення вагомості i -го показника; $\varphi(i)_j$ - вагомість, зазначена j -м експертом по i -му показнику; m - число експертів
	$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m [\varphi(i)_j - \bar{\varphi}(i)]^2}{m}}$	$\bar{\sigma}$ - середньо-кватратове відхилення для i -го показника;
Евристичні	$V = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{\varphi}(i)} \cdot 100$	V - коефіцієнт варіації (коефіцієнт мінливості думок експертів) по i -му показнику
	$s = \sum_{i=1}^m \rho_i$	ρ_i - ранг оцінки вагомості i -го показника (ціле або дробове число);
	$\bar{s} = \frac{s}{n}$	\bar{s} - середнє арифметичне значення суми рангів по всім n показникам
	$d_i = s - \bar{s}$	d_i - відхилення суми рангів від середнього арифметичного значення
	$T_i = \sum_{i=1}^L (t_i^3 - t_i)$	T_i - показник зв'язаності рангів; L - кількість груп зв'язаних рангів; t_i - кількість зв'язаних рангів в L -й групі;
	$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{i=1}^n T_i}$	W - коефіцієнт конкордації. Основний показник, що характеризує погодженість думок експертів по усіх n показниках
$\chi_R^2 = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n d_i^2}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n T_i}$	Фактичне значення критеріальної статистики χ_R^2 , яка розподілена по χ^2 при $\mathcal{G} = n - 1$	

З метою усунення цих недоліків та знаходження нових галузей застосування в існуючий методичний апарат методу Дельфи останнім часом були впроваджені нові підходи до формування експертних груп, а також сучасні методи оцінювання міркувань експертів із застосуванням багатомірних шкал і моделювання. Це дозволило підвищити надійність методу, яка вважається відносно високою при прогнозуванні на період як від 1 до 3 років, так і на більш віддалений період часу, а також застосовувати його для:

- 1) визначення переліку подій, які є найбільш важливими;
- 2) визначення переліку припущень щодо часу, коли ці події можуть відбутися;
- 3) визначення переліку припущень про можливості виникнення подій у певний час;

4) визначення переліку припущень про наслідки певних подій у разі їх виникнення;

5) оцінювання бажаності наслідків певних подій у разі їх виникнення;

6) обґрунтування причин існування вкрай протилежних думок на будь-якому етапі процесу прийняття рішення;

7) опису та оцінювання альтернативних подій, які могли б збільшити (зменшити) можливість виникнення бажаних (небажаних) серед них тощо.

Метод аналізу ієрархії (MAI) [80, 95] є системною процедурою для ієрархічного представлення елементів (об'єктів, зразків і систем техніки), які визначають суть будь-якої (довільної) проблеми. Метод поєднує в собі процедури багатокритеріального опису проблеми, синтезу різних міркувань, отримання пріоритетності функцій і критеріїв, а також знаходження альтернативних рішень (рис. 3.5). Його основне призначення – підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції проблеми, що розглядається, на більш прості складові частини та подальше рейтингування обраних альтернатив на основі їх попарного порівняння.

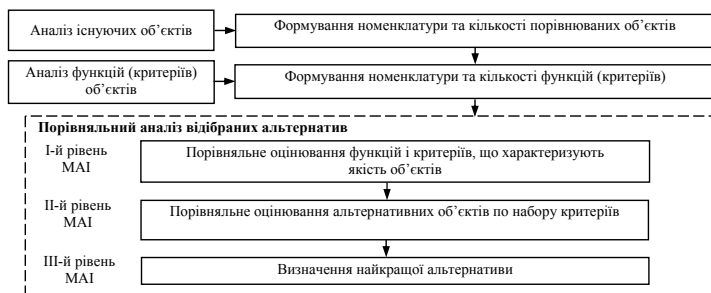


Рис3.5. Схема проведення досліджень

В результаті декомпозиції проблеми виділяють мету, наприклад, придбання найкращого програмного засобу (ПЗ) серед сукупності подібних засобів однакового функціонального призначення. Вона відповідає першому рівню ієрархії. Наступний рівень – основні функції, що мають бути реалізовані цим ПЗ. Після поділу функцій другого рівня може бути сформований третій рівень – це сукупність критеріїв (підфункцій) другого рівня і так далі. Останній рівень створюють альтернативи, тобто варіанти ПЗ, що реалізують вказані дослідником функції та підфункції.

Для оцінювання альтернатив та визначення серед них найважливішої (найбільш раціональної для вирішення конкретного завдання) застосовують метод попарних порівнянь оцінок функцій і критеріїв з точки зору їхнього

впливу на ціль та обраних альтернатив між собою за кожним критерієм окремо. При цьому на кожному рівні ієрархії застосовуються власні принципи, а саме:

- на першому – принцип ідентичності та декомпозиції;
- на другому – принцип дискримінації та порівняльного аналізу;
- на третьому – принцип синтезування (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Зміст принципів та етапів МАІ		
Рівень ієрархії	Застосовуваний на етапі принцип МАІ	Проведені на етапі операції
1	Принцип ідентичності та декомпозиції	<ol style="list-style-type: none"> 1. Складання і попереднє обґрунтування переліку й числа оціночних показників. 2. Підготовка таблиці вихідних даних (в кількісному або якісному вираженні) для всіх варіантів зразка СТС. 3. Структурування проблеми та її декомпозиція в ієрархію (мережу).
2	Принцип дискримінації та порівняльного аналізу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оцінка кожного варіанту (альтернативи) за обраними критеріями (показниками) і формування матриць парних порівнянь для рівнів 2 й 3 ієрархії. 2. Проведення експертизи й заповнення парних порівнянь. Порівняння відбувається у відповідності з вербальною шкалою, враховуючи вплив порівнюваних зразків СТС на загальну для них характеристику. Для визначення альтернативи можуть бути використані судження як одного експерта, так і колективні погляди групи експертів. Емпіричним шляхом встановлено, що найбільш оптимальною в кількісному відношенні є група експертів з 10-15 чоловік. 3. Виявлення найважливішого варіанту (альтернативи)
3	Принцип синтезування	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення локальних пріоритетів. 2. Оцінка погодженості матриць парних порівнянь. 3. Визначення глобальних (складових) пріоритетів. 4. Порівняння глобальних пріоритетів СТС й вибір однієї з них для подальшої розробки

Першим етапом використання методу є здійснення експертами парних порівнянь оцінюваних критеріїв. Для цього кожен експерт, користуючись спеціальною вербально-числовою шкалою (табл. 3.6), основна мета застосування якої полягає в тому, щоб забезпечити об'єктивність оцінок, полегшити задачу залучених до експертизи фахівців і забезпечити єдине тлумачення оцінок різними експертами, заповнює матрицю виду:

$$A_l = \begin{bmatrix} a_{11}^{(l)} & a_{12}^{(l)} & \dots & a_{1m}^{(l)} \\ a_{21}^{(l)} & a_{22}^{(l)} & \dots & a_{2m}^{(l)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1}^{(l)} & a_{m2}^{(l)} & \dots & a_{mm}^{(l)} \end{bmatrix}, l = 1, n, \quad (3.14)$$

де n – кількість експертів; $a_{jk}^{(l)}$ – результат порівняння l -м експертом j -го показника з k -м, $j = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, m}$.

Попарне порівняння об'єктів повинне бути виконане за умови – якщо важливість одного об'єкта в порівнянні з іншим дорівнює k (де $k = \overline{1, 9}$), то важливість другого об'єкта в порівнянні з першим дорівнює $1/k$ (тобто, має

виконуватись властивість зворотної симетричності). При цьому елементи матриці парних порівнянь a_{jk} розглядаються як оцінки відносин w_j і w_k , тобто $a_{jk} = w_j/w_k$, де $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ – вектор дійсних шуканих коефіцієнтів відносної важливості (ВВ) показників, оцінка коефіцієнтів яких зводиться до розрахунку за формулою: $w_i = 1/a_{ki}$, де $i = \overline{1, m}$.

Таблиця 3.6

Оціночна шкала відносної важливості (ваг)

Інтенсивність відносної важливості ν_{jk}	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний внесок двох видів діяльності в обрану мету
3	Помірна перевага одного над іншим	Досвід і судження (експертний аналіз) дають легку перевагу одного виду діяльності над іншим
5	Істотна або велика перевага	Досвід і судження (експертний аналіз) дають велику перевагу одного виду діяльності над іншим
7	Значна перевага	Одному виду діяльності дається настільки велика перевага, що він стає практично значним
9	Дуже велика перевага	Очевидність переваги одного виду діяльності над іншим підтверджується найбільше
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються в компромісних випадках
Зворотні розміри цих чисел	Якщо при порівнянні одного виду діяльності з іншим отримано, наприклад, 3, то результат зворотного порівняння - 1/3.	

Наступним кроком в обчисленнях є нормалізація отриманої таким чином колонки чисел шляхом ділення кожного з них на їх загальну суму:

$$c_i = a_i / \sum_{i=1}^m a_i, \quad (3.15)$$

де c_i – нормалізована компонента власного вектора попередньо сформованої матриці по рядку i .

Оскільки на першому рівні ієрархії завжди знаходиться один елемент (фокус проблеми), що передбачено методичними положеннями МАІ, то матриця попарних порівнянь для елементів другого рівня теж буде одна. Як наслідок, її нормований власний вектор $C(c_1, c_2, \dots, c_m)$ і буде вектором пріоритетів другого рівня ієрархії.

Для визначення пріоритетів окремих компонент інших рівнів ієрархічної структури досліджуваного процесу (починаючи з третього і до останнього) кількість матриць попарних порівнянь завжди відмінна від одиниці. У випадку повної ієрархії їх число зумовлюється кількістю структурних елементів вищого рівня, а при неповній ієрархії – кількістю причинно-наслідкових зв'язків між сусідніми рівнями. Тому з'являється необхідність зважування нормалізованих векторів, отриманих з

матриць попарних порівнянь для елементів нижчого рівня, на пріоритети елементів вищого рівня. Це досягається шляхом перемноження справа матриці нормалізованих векторів, розрахованих для кожного причинно-наслідкового зв'язка між елементами сусідніх рівнів, на вектор пріоритетів елементів вищого рівня. У матричному вигляді розрахунки здійснюються за формулою:

$$B^{r+1} = C^{r+1} \times B^r, \quad (3.16)$$

де B^{r+1}, B^r – вектор пріоритетів елементів ієрархії на рівнях $r+1$ та r ; C^{r+1} – матриця нормалізованих векторів елементів $r+1$ рівня ієрархії [80, 95].

Оскільки при низькій погодженості матриці зменшується об'єктивність прийнятого рішення вибору раціонального варіанта з заданої множини альтернатив, необхідно провести аналіз її погодженості, тобто

$$b_{ji} \cdot b_{ik} = b_{jk}. \quad (3.17)$$

Для того, щоб підрахувати індекс погодженості необхідно спочатку підсумувати кожен стовпець порівнянь, потім суму першого стовпця збільшити на значення першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів, суму другого стовпця на другий компонент і т.д. Потім отримані числа додати з урахуванням власного числа матриці $B - \lambda_{\max}$. У тому випадку, коли судження експертів цілком погоджені, має виконуватися рівність $B \cdot w = m \cdot w$. Якщо властивість погодженості елементів матриці не дотримується і має місце непослідовність у відповідях експертів, то справедлива рівність: $B \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$, і задача оцінки коефіцієнтів відносної важливості зводиться до визначення максимального власного значення матриці B та відповідного йому власного вектора w з використанням ступеневого алгоритму.

Для характеристики ступеня погодженості суджень кожного експерта у методі Сааті розглядається величина С.І. (*consistency index*), що отримала назву індексу погодженості – $k_{\text{узгодж}}$:

$$C.I. = k_{\text{узгодж}} = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1). \quad (3.18)$$

Матрицю парних порівнянь, отриманих від експерта, можна використовувати для подальших розрахунків без уточнення, якщо $k_{\text{відн}} = k_{\text{узгодж}} / k_{\text{вин}} < 0.1$, де $k_{\text{вин}}$ – випадковий індекс (random index), $k_{\text{відн}}$ – відношення відповідності (*consistency ratio*). Якщо $k_{\text{узгодж}}$ розділити на число, що відповідає випадковій погодженості матриці B того ж порядку, одержимо відношення погодженості (ВП), що не повинне перевищувати значення 0.1. У деяких випадках воно може досягати 0.2, але не більше.

Незважаючи на те, що МАІ не має суворого наукового обґрунтування він знайшов широке практичне застосування через свою простоту й наочність. Так, наприклад, застосування МАІ в якості методологічної основи в методиках порівняльної воєнно-економічної оцінки озброєння дає можливість:

по-перше, виключити застосування апарату регресійного аналізу;

по-друге, більш об'єктивно враховувати якісні характеристики в корисності системи;

по-третє, завдяки ієрархічному представленню структури розв'язуваної задачі (проблеми) чітко виражати судження експертів;

по-четверте, уникнути необхідності пошуку функціональних залежностей корисності (важливості) альтернативи від її часткових критеріїв;

по-п'яте, завдяки використанню парних порівнянь часткових критеріїв у шкалі відносин виключити необхідність нормування метричних критеріїв і зменшити погрішність при перекладі якісних характеристик у числові (тому що експерту значно простіше провести порівняння двох неметричних критеріїв, чим привласнити їм числові значення).

Тим не менш в ході детального дослідження МАІ виявлені такі істотні недоліки, як:

неузгодженість, пов'язана із труднощами оцінки відносин складних елементів (1-й вид неузгодженості);

неузгодженість, пов'язана із запропонованою дискретною шкалою для оцінки елементів (2-й вид неузгодженості);

різке збільшення кількості оцінок зі збільшенням набору елементів, тобто коли набір обраних для порівняння елементів більше 9;

перерахування відносин значимості елементів у їхню важливість здійснюється наближеним методом;

відсутність формального механізму синтезу колективного судження, у результаті чого воно виробляється безпосередньо в експертній групі шляхом проведення "круглого столу" (проведенням дебатів і досягненням консенсусу).

Метод анкетування є одним з найбільш перспективних методів щодо вирішення проблем з соціальним, політичним та воєнним змістом [92-94]. Його можна застосовувати для безпосереднього використання суджень та інтуїції експертів у деякій формалізованій структурі. При цьому експерти, що входять до складу різних організацій, об'єднуються в декілька груп, що дозволяє спростити адміністративне управління їх роботою. У кожній групі призначається виконавець. Він несе відповідальність за організацію роботи своєї групи, основним способом збору інформації якої є опитувальний лист –

анкета, що містить логічно ув'язану систему питань за проблемою, яка цікавить.

В анкетах варто передбачити стандартний перелік питань або подій, на які експерти повинні дати свої відповіді. Питання в анкетах необхідно формулювати таким чином, щоб поряд з якісною можна було дати кількісну характеристику відповідям експертів. Крім цільових запитань анкета повинна містити інформацію про правила її заповнення та передбачати можливість уточнення питань і відповідей. До того ж щоб експертні висновки забезпечували об'єктивність інформації, при складанні анкет необхідно також передбачити й включення ряду показників компетентності експертів у відношенні кожної із зроблених ними оцінок.

Опитування експертів здійснюється анонімно у декілька етапів. Під етапом розуміється сукупність операцій із збору та обробки експертних висновків (думок і оцінок), що закінчується одержанням остаточного результату з певної частини проведеного експерименту. Кожен етап проводиться в декілька турів (тур – це цикл робіт з експертами, що включає постановку завдання експертам, збір і обробку думок (оцінок) експертів). Кількість турів на кожному етапі визначається складністю і кількістю взаємозалежних запитань, а також необхідним ступенем подібності експертних висновків при одержанні остаточного результату по оцінюваному питанню.

На першому етапі проводять опитування по анкетах з питаннями відкритого типу. В подальшому опитування, як правило, проводять по анкетах з питаннями закритого типу. При цьому в анкеті не повинно міститися запитань, що допускають подвійне тлумачення. Сама побудова запитань повинна бути такою, щоб експерт послідовно розкривав суть проблеми, щоразу спираючись на інформацію, яка міститься у попередніх питаннях. Це означає, що відповіді на перші в загальній ієрархії питання повинні базуватися на самій надійній і доступній для експерта інформації та носити по можливості якісний характер. Експерт повинний зазначити, наприклад, розходження альтернатив по перевазі. Подальші запитання анкети повинні складатися так, щоб для відповіді на них була потрібна більш досконала інформація, наприклад, у формі діапазонів значень чинників, що цікавлять дослідника. Останніми питаннями анкети мають бути такі, для відповіді на які потрібна інформація у вигляді крапкової оцінки (числа). Якщо, наприклад, мета експертизи полягає у виявленні відносного внеску кожного з чинників в досягнення цілі операції, то останнім в анкеті повинне бути питання: “Який на Вашу думку внесок кожного чинника в підвищення ефективності? Оцініть внесок кожного чинника в десятибальній шкалі”. Якщо експерту відразу задати останнє питання, то

відповідь на нього викликає значні труднощі або він взагалі відмовиться відповідати. Організація анкети за принципом логічного ув'язування й ускладнення запитань дозволяє експерту самому глибше розібратися в проблемі і видати обґрунтовану, позбавлену від протиріч інформацію.

Залежно від мети тура й змісту поставлених в анкеті питань відповіді експертів можуть будуватися на *логічному* (передбачає, що експерт на основі логічних міркувань, синтезуючи наявні в його розпорядженні матеріали, визначає відповідь на поставлене питання), *якісному* (передбачає, що експерт, виділяючи найбільш важливі ознаки й досліджуючи вже існуючу їх градацію, буде узагальнену відповідь на основі декількох ознак), *комплексному* (є синтезом двох попередніх підходів і полягає в тім, що крім якісної одночасно виробляється й логічна градація) або *каталізаційному* (передбачає наявність вихідної інформації, яку експерт повинен оцінити й доповнити) підходах.

Обробка експертних даних при застосуванні методу анкетування залежно від складності або ступеня невизначеності проблеми, її конкретних аспектів та динаміки здійснюється різними математичними методами або їх сполученнями. Це, як результат, дає можливість отримати узагальнену думку (оцінку) та визначити ступінь узгодженості експертних висновків.

Таким чином, метод анкетування, як впорядкований та систематизований процес виявлення у визначеній послідовності суджень спеціалістів раціонального, відкриває реальні можливості для поглибленого вивчення тих проблем, які не можуть бути вирішені іншими методами.

Окрім перелічених вище методів для одержання колективної експертної оцінки доволі часто застосовують методи компенсації, комісій та зваженої суми оцінок критеріїв, методи індивідуальної і безпосередньої оцінки, метод розміщення тощо [91].

Метод компенсації – використовується при попарному порівнянні альтернатив. Метод комісії припускає вільне обговорення проблеми між експертами. Його успіх багато в чому залежить від підбору складу відповідної комісії та рівня організації її роботи. Основний недолік – прагнення кожного експерта до компромісу. Метод зваженої суми оцінок критеріїв припускає, що кожній альтернативі приписується кількісна (бальна) оцінка за кожним із критеріїв. Критеріям приписуються кількісні ваги, що характеризують їхню порівняльну важливість. Ваги множаться на критеріальні оцінки, отримані показники підсумовуються – так визначається цінність альтернативи. Далі вибирається альтернатива з найбільшим показником цінності.

Індивідуальний метод або метод узгодження оцінок полягає в тому, що кожний експерт дає оцінку події незалежно від інших, а потім, за допомогою

якого-небудь прийому ці оцінки поєднуються в одну узагальнену (погоджену). Зважаючи на те, що висновки, до яких часто приходять фахівці, часто залежать від їхнього наукового і особистого інтересів, необхідності підтримки репутації, від сформованих поглядів і переконань, бажано щоб усі вихідні дані, на базі яких робляться оцінки, були обґрунтовані і доступні для перевірки і критики.

Метод безпосередньої оцінки використовується в тих випадках, коли існує чітка різниця між альтернативами, що розглядаються та (або) вони піддаються безпосередньому вимірюванню, так як мають однакову природу. Суть методу полягає у тому, що експерт повинен кожну складну систему, яка розглядається, поставити на відповідне їй місце відповідно ступеня наявності тієї чи іншої властивості, або відповідно із запропонованим цим же експертом коефіцієнтом значимості. В такому випадку більше значення комплексної оцінки відповідає кращій системі.

Метод розміщення (judgmental bootstrapping) часто використовується при створенні комп'ютерних експертних програм. Він застосовується у випадку, коли залучаються експерти з різним рівнем компетентності або знаннями тільки про окремі аспекти проблеми й прогнози яких неможливо прямо порівнювати один з одним. Якщо при експертному оцінюванні за звичай прийнято вважати, що думки всіх фахівців однаково вагомі, то метод розміщення виходить з того, що до одних експертів варто прислухатися більш уважно, ніж до інших. Фахівці ранжуються залежно від оцінного рівня їхньої компетентності (хоча б з суб'єктивної точки зору аналітика) та обсягу інформації про певну проблему, яким вони володіють. Після цього за досить складною схемою відбувається “зважування” і визначення кінцевого прогнозу, найбільший вплив на який має думка самих авторитетних експертів.

Процедури експертного оцінювання. Основні переваги та недоліки індивідуальних і групових методів

Описані методи експертного оцінювання базуються на відповідних процедурах опитування, що розрізняються за формою спілкування з експертом і способом постановки йому запитань. До таких процедур належать очні та заочні, відкриті і закриті опитування. При виборі конкретної процедури опитування слід враховувати як реальні обмеження проведення експертизи, так достоїнства і недоліки цих процедур.

Очні опитування мають переваги перед заочними за інформативністю. Вони дозволяють виключити можливе неправильне тлумачення експертом

питань анкети або ж оперативно конкретизувати поставлені запитання шляхом нових формулювань і уточнень. Разом з тим з урахуванням витрат на одержання інформації та можливістю виключення психологічного тиску на експерта з боку ОПР (який може спотворити одержувану інформацію) більш кращим вважається *метод заочного опитування*. Але і йому властиві певні недоліки пов'язані з тим, що в ході заочного опитування експерт взагалі може не дати відповіді на деякі питання анкети через їхнє незрозуміння.

Важливу роль у процедурах експертного опитування відіграє, як правило, спосіб постановки запитань. Якщо ОПР бажає одержати конкретну відповідь з проблеми, яка цікавить, і разом з тим невпевнений у бажанні експерта надати повну інформацію – використовують, як правило, *процедуру закритого опитування*. Вона передбачає постановку перед експертом таких запитань, у формулюванні яких свідомо міститься перелік альтернативних відповідей. При цьому якщо питання передбачає відповідь у формі тільки “так” або “ні”, то таке питання називається чисто закритим. Якщо потрібно зазначити один з більш, ніж двох запропонованих варіантів відповіді, то таке питання називається відкритим. *Процедуру відкритого опитування* застосовують, як правило, в ситуаціях, що вимагають нетривіального рішення (за своїм цільовим призначенням ця процедура подібна з методом колективної генерації ідей), а саме у задачах формування вихідної множини стратегій, вибору показників і критеріїв ефективності, прогнозування поведінки інших суб'єктів операції та в інших випадках, що вимагають виявлення за допомогою експертів неясних елементів проблемної ситуації. Процедура дає повну свободу відповідей експерта з розглянутої проблеми. Її недоліки обумовлюються тим, що обов'язковим є застосування неформальних методів опрацювання отриманої інформації у виді довільної інтерпретації питань і відповідей, а також високої кваліфікації експертів.

Враховуючи викладене можна стверджувати, що *достоїнством всіх індивідуальних і групових методів експертного оцінювання* є відносна простота і зручність застосування для прогнозування практично будь-яких ситуацій (наприклад, на ранніх етапах розробки або модернізації СТС), у тому числі в умовах неповної, невизначеної або неточної початкової інформації. Їх важливою особливістю є можливість:

встановлення ступеню складності і актуальності ситуацій (проблем);

визначення основних цілей ситуацій (проблем) та критеріїв оцінювання їх ефективності;

виявлення найбільш важливих факторів, що впливають на досягнення поставлених цілей та взаємозв'язки між ними;

оцінювання ступеня відповідності ситуацій (проблем) світовому науково-технічному рівню;

ранжирування ситуацій (проблем) шляхом багатокритеріального кількісного оцінювання для вибору найкращої альтернативи тощо.

До основних недоліків таких методів слід віднести суб'єктивізм думок експертів і обмеженість їхніх суджень.

3.4 Математичні методи опрацювання вихідної інформації евристичного походження

Одним з принципових питань, що виникають при використанні суджень експертів, є питання про ступінь збереження об'єктивності дослідження. На практиці це може бути забезпечено за рахунок високої компетентності членів експертної групи, а також аргументованості їх суджень. Зважаючи, що останні за оцінюваними експертами питаннями, як правило, розходяться виникає завдання щодо їх систематизації та формалізації. Для цього останнім часом застосовують методи парних порівнянь, ранжирування і шкальних оцінок, методи теорії корисності та теорії перспектив, методи ELECTRE та інші.

Метод парних порівнянь

Метод парних порівнянь призначений для визначення порядку розташування n певних факторів (об'єктів) з погляду їхньої важливості (переваги) шляхом їх попарного порівняння один з одним [96]. Тобто, розглядаючи всі можливі пари факторів (об'єктів), експерт у кожній з них встановлює ту причину, що на його думку найсильніше впливає на наслідок. Виникає логічне запитання, як отримати оцінку всієї сукупності об'єктів на основі результатів парного порівняння, виконаного групою експертів.

Припустимо, що кожен з m експертів, оцінюючи вплив на результат всіх пар факторів (об'єктів), встановлює таку числову оцінку:

$$r_{ij}^h = \begin{cases} 1, & \text{якщо об'єкт } O_i \text{ має більше значення, ніж } O_j \\ 0.5, & \text{якщо об'єкти } O_i \text{ та } O_j \text{ рівноправні} \\ 0, & \text{якщо об'єкт } O_i \text{ має менше значення, ніж } O_j \end{cases},$$

де $h = \overline{1, m}$ – номер експерта; $i = \overline{1, n}$ та $j = \overline{1, n}$ – номери об'єктів, досліджуваних при експертизі.

При цьому, якщо:

m_i експертів з їх загальної кількості віддали перевагу O_i ;

m_j експертів висловились на користь O_j ;

m_p експертів вважає порівнювані фактори (об'єкти) рівноправними, – то

оцінка МОЧ дискретної випадкової величини r_{ij} дорівнюватиме:

$$x_{ij} = M[r_{ij}] = 1 \cdot \frac{m_i}{m} + 0.5 \cdot \frac{m_p}{m} + 0 \cdot \frac{m_j}{m}, h = \overline{1, m}. \quad (3.19)$$

Враховуючи, що загальна кількість експертів $m = m_i + m_p + m_j$, а $m_p = m - (m_i + m_j)$ з виразу (3.19), отримаємо:

$$x_{ij} = \frac{m_i}{m} + 0.5 \cdot \frac{(m - m_i - m_j)}{m} = \frac{1}{2} + \frac{m_i - m_j}{2 \cdot m}, \text{ де } x_{ij} + x_{ji} = 1. \quad (3.20)$$

Таким чином, сукупність величин x_{ij} утворить, як результат, матрицю МОЧ оцінок всіх парних порівнянь факторів (об'єктів) розмірності $n \times n$ (табл. 3.7), що дозволить визначити коефіцієнти їх відносної важливості, тобто сформуванати вектор $k = [k_1, k_2, \dots, k_n]^T$.

Таблиця 3.7

Результати попарних порівнянь різних факторів

	O_1	....	O_j	....	O_n	
O_1						k
....						k_1
O_i			$x_{ij} = M[r_{ij}]$			....
....						k_i
O_n						....
						k_n

Одним із способів визначення значень елементів вектора k є ітераційний алгоритм виду:

а) початкова умова: $t = 0, k^0 = \underbrace{[1, 1, \dots, 1]}_n^T$;

б) рекурентні співвідношення: $k^t = \frac{1}{\lambda^t} \times X \times k^{t-1}, \lambda^t = [1, 1, \dots, 1] \times X \times k^{t-1}, t = \overline{1, n}$, де X – матриця МОЧ оцінок пар об'єктів, k^t – вектор коефіцієнтів відносної важливості об'єктів порядку t . $\sum_{i=1}^n k_i^t = 1$ – умова нормування;

в) ознака закінчення алгоритму $\|k^t - k^{t-1}\| < E$.

Якщо матриця X невід'ємна і нерозкладна (тобто шляхом перестановки рядків і стовпців її не можна привести до трикутного вигляду), то при збільшенні порядку $t \rightarrow \infty$ величина λ^t сходиться до її максимального власного числа, тобто $k = \lim_{t \rightarrow \infty} k^t, \sum_{i=1}^n k_i = 1$. Це твердження випливає з теореми Перрона-

Фробеніуса й доводить збіжність наведеного вище алгоритму.

ПРИКЛАД 3.2 [15].

Припустимо, що в результаті опитування трьох ($m=3$) експертів про ступінь впливу на результат трьох ($n=3$) різних факторів (об'єктів) отримані такі таблиці парних порівнянь:

Експерт 1 (R_1)			
	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	1	1
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

Експерт 2 (R_2)			
	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	0,5	0,5
O_2	0,5	0,5	0,5
O_3	0,5	0,5	0,5

Експерт 3 (R_3)			
	O_1	O_2	O_3
O_1	0,5	1	0,5
O_2	0	0,5	0
O_3	0,5	1	0,5

Для одержання групової оцінки ступеня впливу кожного з об'єктів на результат, побудуємо матрицю математичних очікувань оцінок кожної з пар об'єктів, що для розглянутого приклада буде мати вигляд:

	O_1	O_2	O_3
O_1	3/6	5/6	4/6
O_2	1/6	3/6	1/6
O_3	2/6	5/6	3/6

Значення елементів цієї матриці отримані з наступних виразів:

$$x_{11} = \frac{1}{2} + \frac{0-0}{2 \times 3} = \frac{1}{2}, \quad x_{12} = \frac{1}{2} + \frac{2-0}{2 \times 3} = \frac{5}{6}, \quad x_{13} = \frac{1}{2} + \frac{1-0}{2 \times 3} = \frac{4}{6}$$

$$x_{11} = x_{22} = x_{33} = \frac{1}{2}.$$

$$x_{21} = 1 - x_{12} = \frac{1}{6}, \quad x_{23} = \frac{1}{2} + \frac{0-2}{2 \times 3} = \frac{1}{6}, \quad x_{31} = 1 - x_{13} = \frac{2}{6}, \quad x_{32} = 1 - x_{23} = \frac{5}{6}.$$

Для наочності, кожний із кроків формування вектора відносної важливості об'єктів представимо у вигляді:

Крок 0: $k^0 = [1 \ 1 \ 1]^T$.

Крок 1:

$$Y^1 = X \times k^0 = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3 & 5 & 4 \\ 1 & 3 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3+5+4 \\ 1+3+1 \\ 2+5+3 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix},$$

$$\lambda^1 = [1 \ 1 \ 1] \times Y^1 = [1 \ 1 \ 1] \times \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times 27 = \frac{27}{6},$$

$$k^1 = \frac{1}{\lambda^1} \times Y^1 = \frac{6}{27} \times \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{27} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.444 \\ 0.185 \\ 0.370 \end{bmatrix}.$$

Крок 2:

$$Y^2 = X \times k^1 = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3 & 5 & 4 \\ 1 & 3 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix} \times \frac{1}{27} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 36 + 25 + 40 \\ 12 + 15 + 10 \\ 24 + 25 + 30 \end{bmatrix} = \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix},$$

$$\lambda^2 = [1 \ 1 \ 1] \times Y^2 = [1 \ 1 \ 1] \times \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \frac{217}{6 \times 27},$$

$$k^2 = \frac{1}{\lambda^2} \times Y^2 = \frac{6 \times 27}{217} \times \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \frac{1}{27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.465 \\ 0.171 \\ 0.364 \end{bmatrix}.$$

$$\max(|0.465 - 0.444|, |0.171 - 0.185|, |0.364 - 0.370|) = 0.021 > 0.001.$$

Крок 3: Продовжуючи ітераційний процес доти, поки норма оцінки не буде менше заданої ($\max_i |k_i^t - k_i^{t-1}| < 0.001$) отримаємо, що за групову оцінку ступеня впливу на результат може бути прийнятий вектор коефіцієнтів відносної важливості об'єктів виду: $k = k^4 = [0.468 \ 0.169 \ 0.363]^T$.

Метод ранжирування

Метод ранжирування застосовують, як правило, у випадку коли необхідно впорядкувати у часі або просторі певні фактори (об'єкти), які визначають кінцеві результати, але не піддаються безпосередньому виміру [97, 98].

Для цього експерт повинен розташувати їх у порядку, що представляється йому найбільш раціональним (порядку зростання або убунання) і приписати кожному з факторів (об'єктів) числа натурального ряду – порядкові номери або інакше ранги. Порядковий номер, що дорівнює 1 одержує найкращий фактор (об'єкт), а найменш важливий серед усіх можливих отримує порядковий номер – n . Якщо серед параметрів x_1, x_2, \dots, x_n відсутні групи факторів (об'єктів), рівнозначних з погляду їхньої важливості, то порядковий номер (ранг) такого фактора (об'єкта) у ранжируваній послідовності матиме, наприклад, такий вид $x_3^{(1)}, x_6^{(2)}, x_1^{(3)}, \dots, x_k^{(n)}$. Для кожної групи рівнозначних факторів (об'єктів) їх ранги є однаковими і якнайчастіше дробовими. Вони знаходяться як середнє арифметичне відповідної вибірки порядкових номерів факторів (об'єктів), що входять до певної групи. Припустимо, що фактори (об'єкти) x_2, x_7, x_1, x_5 є рівнозначними й мають порядкові номери з 1 по 4. Ранг кожного з факторів x_2, x_7, x_1, x_5 у цьому випадку дорівнює $\frac{1+2+3+4}{4} = 2\frac{1}{2}$.

Якщо ранжирування проводиться декількома (m) експертами, то для кожного фактора (об'єкта) спочатку підраховують суму рангів, отриману від

усіх експертів, а потім, виходячи з отриманого результату встановлюють його результуючий ранг. Найвищий (перший ранг) привласнюють при цьому фактору (об'єкту), який одержав найменшу суму рангів й, навпаки, фактору (об'єкту), який одержав найбільшу суму рангів – найнижчий ранг. Інші фактори (об'єкти) впорядковують відповідно із значенням суми рангів щодо фактора (об'єкта), якому привласнюється перший ранг.

На підставі здобутих даних формується матриця рангів $\|x_{ij}\|$ розмірності $n \times m$, де n – кількість факторів (об'єктів), m – кількість експертів ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$). Отримані дані зводяться в таблицю такого виду.

Ознаки	Експерти			
	1	2	...	m
k_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1m}
k_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2m}
...
k_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nm}

Значення x_{ij} відбивають порядок віддання переваги i -му фактору (об'єкту) j -м експертом перед іншими факторами (об'єктами). При цьому сума рангів для i -го фактора (об'єкта) з урахуванням компетентності експертів може бути обчислена за формулою:

$$x_i = \sum_{j=1}^m (p_j \cdot x_{ij}), \quad (3.21)$$

де p_j – показник компетентності експертів: $0 \leq p_j \leq 1$, $j = \overline{1, m}$.

Отримані значення дозволяють впорядкувати фактори (об'єкти) за ланцюжком нерівностей: $x_r < x_l < \dots < x_q$, де $x_r = \min_i(x_i)$, $x_l = \min_{i, i \neq r}(x_i)$, $x_q = \max_{i, i \neq r, i \neq l}(x_i)$.

Наступним кроком визначається середній ранг, тобто середнє статистичне значення i -го фактора (об'єкта) за формулою:

$$S_i = \left(\sum_{j=1}^m x_{ij} \right) / m, \quad (3.22)$$

де j – номер експерта ($j = \overline{1, m}$), i – номер ознаки ($i = \overline{1, n}$).

Слід зазначити, що побудова таких ранжировок є коректною процедурою лише в тому випадку, якщо ранги призначаються як місця об'єктів у вигляді натуральних чисел $1, 2, \dots, n$. Однак ранги об'єктів визначають тільки порядок розташування об'єктів за показниками порівняння. Як числа вони не дають можливість зробити висновок про те, на скільки або у скільки разів один об'єкт є переважнішим за інший.

Разом з тим для використання знань, отриманих від експертів, необхідно не тільки впорядкування або ранжирування факторів (об'єктів) за ступенем їхнього впливу на кінцевий результат, але й визначення кількісної оцінки ступеня такого впливу. Найпростішим методом для реалізації цієї задачі є алгоритм, заснований на комплексному підході, що передбачає перехід від матриці ранжирувань до матриці парних порівнянь. Для цього усіма експертами на основі матриці $\|x_{ij}\|$ будуються m матриць парних порівнянь $X_j (j = 1, 2, \dots, m)$, елементи яких визначаються з умови:

$$X_j = \|x'_{ir}\| = \begin{cases} 1, \text{ якщо } O_i^j > O_r^j \text{ тобто } x_{ij} < x_{rj} \\ 0.5, \text{ якщо } O_i^j \approx O_r^j \text{ тобто } x_{ij} = x_{rj} \\ 0, \text{ якщо } O_i^j < O_r^j \text{ тобто } x_{ij} > x_{rj} \end{cases}, \quad (3.23)$$

де m – кількість експертів; j – номер експерта;
 i та r – номери порівнюваних факторів (об'єктів).

До отриманих m матриць застосовується метод обробки парних порівнянь, ітераційна процедура якого дозволяє одержати коефіцієнти відносної важливості об'єктів за ступенем їхнього впливу на результат.

ПРИКЛАД 3.3 [15].

Нехай три експерти ($m = 3$) провели ранжирунку трьох об'єктів ($n = 3$) за ступенем їх впливу на певний результат. Матриця рангів подана таблично.

Об'єкт O_i	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
O_1	1	1	2
O_2	2	3	1
O_3	3	2	3

Матриці парних порівнянь для першого, другого і третього експертів, отримані на основі цієї таблиці, мають вид:

$$X_1 = \|x'_{ij}\| = \begin{vmatrix} 0.5 & 1 & 1 \\ 0 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{vmatrix}, \quad X_2 = \|x'_{ij}\| = \begin{vmatrix} 0.5 & 1 & 1 \\ 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 1 & 0.5 \end{vmatrix}, \quad X_3 = \|x'_{ij}\| = \begin{vmatrix} 0.5 & 0 & 1 \\ 1 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{vmatrix}.$$

Використовуючи метод обробки парних порівнянь отримаємо послідовність векторів коефіцієнтів відносної важливості об'єктів:

Крок	O_1	O_2	O_3
0	1,0	1,0	1,0
1	0,481	0,330	0,185
2	0,489	0,346	0,156
3	0,5	0,348	0,152
4	0,5	0,349	0,151

Ітераційна процедура з заданою точністю ($E = 0.001$) є збіжною на четвертому кроці до значень:

$$K = [0.500 \quad 0.349 \quad 0.151]^T,$$

що дозволяє кількісно оцінити ступінь впливу кожного об'єкта на результат, отриманий на основі вихідного ранжирування експертів.

Одним із різновидів методу ранжування є *метод ідеальної точки*, що був запропонований К.Юнгом та С.Вангом [90]. Метод базується на тому, що кращі рішення мають найменші відстані від від'ємно-ідеального рішення. При цьому передбачається, що кожний критерій має монотонно убутну або збільшувану корисність. Тоді додатньо-ідеальне рішення формується з кращих значень критеріїв за всіма альтернативними варіантами, а від'ємно-ідеальне – з гірших.

Алгоритм методу полягає у виконанні таких кроків.

Крок 1. Формування зваженої нормалізованої матриці альтернатив-критеріїв. Для цього попередньо визначається вагомість $W = (w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_q)$ кожного критерію для кожної альтернативи C_{ik} , де $k = \overline{1, q}$ – кількість критеріїв, $i = \overline{1, n}$ – кількість альтернатив.

Крок 2. Визначення додатньо-ідеального (A^+) та від'ємно-ідеального (A^-) рішення, які описуються відповідно таким чином:

$$A^+ = \left\{ \max_i V_{ik} \mid i \in [1, n], k \in [1, q] \right\} = \{V_1^+ \dots V_k^+ \dots V_q^+\}, \quad (3.24)$$

$$A^- = \left\{ \min_i V_{ik} \mid i \in [1, n], k \in [1, q] \right\} = \{V_1^- \dots V_k^- \dots V_q^-\}. \quad (3.25)$$

Крок 3. Обчислення відстані від поточної альтернативи до додатньо-ідеальної та від'ємно-ідеальної точок за формулами:

$$G_j^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^q (V_{jk} - V_k^+)^2}, \quad (3.26)$$

$$G_j^- = \sqrt{\sum_{k=1}^q (V_{jk} - V_k^-)^2}. \quad (3.27)$$

Крок 4. Обчислення відносної близькості альтернативи a_i до додатньо-ідеальної точки (A^+) за формулою: $L_i^+ = \frac{G_i^-}{G_i^+ + G_i^-}$, $0 < L_i^+ < 1$. Чим ближче L_i^+ до одиниці, тим a_i ближче до (A^+).

Крок 5. Ранжирування альтернативних варіантів у напрямку убунання. Якщо $L_i^+ > L_j^+$, то $a_i > a_j$.

Враховуючи викладене можна констатувати, що точність і надійність процедури ранжирування значною мірою залежать від кількості об'єктів (n). У принципі, чим таких об'єктів менше ($n < 10$), тим вище їх "розрізнення" з погляду експерта, і, отже, тим надійніше можна встановити ранг об'єкта.

Метод ELECTRE

Французькою школою теорії прийняття рішень, очолюваною Б. Руа [21, 23], свого часу був запропонований конструктивний підхід до формування рішень, у рамках якого методи, моделі і концепції почали розглядатися як допоміжні засоби практичного аналізу ситуації. Вони дозволяли досліднику не тільки усвідомити мету прийняття рішення, а й краще зрозуміти переваги ОПР. Невдовзі такий підхід отримав узагальнену назву – *метод ELECTRE*.

Метод ELECTRE полягає в тому, що навіть за умови математичного домінування однієї альтернативи над іншою, ОПР може розглядати альтернативу a_i майже стовідсотково кращою за альтернативу a_j . Його головними кроками є:

1) формування матриці альтернатив-критеріїв. Для цього попередньо визначається вагомість $W = (w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_q)$ кожного критерію для кожної альтернативи C_{ik} , де $k = \overline{1, q}$ - кількість критеріїв, $i = \overline{1, n}$ - кількість альтернатив;

2) нормалізація отриманої матриці за правилами:

$$C_{ik}^r = \frac{C_{ik} - C_k^{\min}}{C_k^{\max} - C_k^{\min}} \text{ для критерію ефективності (чим більше, тим краще);}$$

$$C_{ik}^r = \frac{C_k^{\max} - C_{ik}}{C_k^{\max} - C_k^{\min}} \text{ для критерію вартості (чим менше, тим краще);}$$

де C_k^{\max} та C_k^{\min} – максимальне і мінімальне значення k -го критерію на всьому наборі альтернатив;

3) визначення масивів узгодженості і неузгодженості.

Для пари альтернатив a_i та a_j множина критеріїв поділяється на дві підмножини. При цьому масив узгодженості включає всі критерії за якими a_i є переважнішою за a_j : $F_{ij} = \{k | V_{ik} > V_{jk}\}$ і навпаки масив неузгодженості включає всі інші критерії – $G_{ij} = \{k | V_{ik} < V_{jk}\}$;

4) розрахунок індексів узгодженості і неузгодженості.

Індекс узгодженості визначається як сума ваг критеріїв, що входять в масив узгодженості: $f_{ij} = \sum_{k \in F_{ij}} W_k$. Індекс неузгодженості відбиває ступінь того,

наскільки альтернатива a_i є гіршою за a_j й визначається таким чином:

$$g_{ij} = \max_{k \in G_{ij}} |V_{ik} - V_{jk}| / \max_{k \in [1, g]} |V_{ik} - V_{jk}|. \quad (3.28)$$

Очевидно, що $f_{ij} \in [0,1]$ та $g_{ij} \in [0,1]$. Більше значення f_{ij} а означає, що a_i є переважнішою за a_j . Більше значення g_{ij} а означає, що за критерієм неузгодженості навпаки альтернатива a_j є переважнішою за a_i ;

5) визначення індексів домінування (порогів) узгодженості і неузгодженості. На цьому етапі ОПР задає значення порогу узгодженості P та порогу неузгодженості Q :

$$\text{якщо } f_{ij} > P \text{ та } g_{ij} < Q, \text{ то } a_i > a_j. \quad (3.29)$$

Недоліком методу ELECTRE є те, що він є допоміжним засобом, а не способом вироблення кращого рішення як при аксіоматичному підході й не дозволяє інтелектуалізувати процес прийняття рішення, тому, що вироблення остаточного рішення завжди залишається за керівником (ОПР).

Метод шкальних оцінок

Метод шкальних оцінок дозволяє одержати кількісну оцінку ступеня важливості кожного з факторів, що належать певній сукупності [99, 100] відносно шкали їх певних базових (еталонних) згачень. У цьому випадку оцінки відносної важливості кожного фактора виражаються в балах за деякою β -бальною шкалою. Найчастіше використовується 100-бальна шкала, де максимально можливій важливості відповідає оцінка в 100 балів, мінімально можливій – оцінка в 0 (нуль) балів.

При обробці експертних даних результати опитування зводяться в табл. 3.8, де c_{ji} – відносна важливість параметра x_i з погляду j -го експерта, що виражається або відповідним балом, або значенням рангу.

Таблиця 3.8

Результати опитування експертів по методу шкальних оцінок різних факторів

Експерт	Фактор (параметр)					
	x_1	x_2	...	x_i	...	x_n
1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1i}	...	C_{1n}
2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2i}	...	C_{2n}
...
j	C_{j1}	C_{j2}	...	C_{ji}	...	C_{jn}
...
m	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mi}	...	C_{mn}

Середнєарифметичне оцінок C_i кожного з факторів визначається з виразу

$C_i = \frac{1}{m_i} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} C_{ji}$, де m_i – кількість експертів, що оцінювали важливість фактора x_i .

Величини C_{ji} й відповідно C_i можуть виражатися кількісно як у балах, так і у рангах. В першому випадку величина C_i має назву середнього бала (середньої величини) фактора x_i , у другому – середнього рангу.

Якщо ранжирування факторів проводити за методом попарних порівнянь, то дані таблиць від m експертів зводяться в одну загальну таблицю, сумарну матрицю порівнянь. У кожній чарунці ij цієї таблиці стоїть певне число γ_{ij} , що аргументує перевагу i -го фактора над j -м, отриманому від усіх m експертів. За повної згоди експертів C_n^2 чарунок загальної таблиці буде містити число $\gamma = m$, а інші чарунки – 0. При мінімальній кількості згод кожна чарунка міститиме число $\gamma = \frac{1}{2} \cdot m$, якщо m парне і $\gamma = \frac{1}{2} \cdot (m+1)$, якщо m непарне.

Підсумовування чисел γ_{ij} по рядках з наступним діленням отриманого результату на m дає середню ранжировку факторів x_1, x_2, \dots, x_n , що, у свою чергу, служить показником узагальненої думки про важливість факторів (чим менше сума по рядку j , тим більш важливу роль відіграє фактор i . Відносно сум по стовпцях має місце зворотна картина).

Оскільки показник узагальненої думки C_i й еталонне значення по своїй суті представляють одне й те саме та відрізняються лише своїм призначенням, надалі для простоти міркувань будемо говорити про центр групування шкальних оцінок, вважаючи, що це поняття включає два попередніх. Методика пошуку центра групування експертних даних на шкалі оцінок для будь-якого закону розподілу використовує або середньостатистичне значення оцінок, або середньозважене. Такий підхід (особливо використання середньозваженого значення) дозволяє в достатньому ступені наближення об'єктивно визначати центр групування. Однак при великому діапазоні значень шкали урахування всіх значень без винятку в деяких випадках, як це буде показано нижче, може дати відчутне зрушення центра групування.

Позначимо центр групування оцінок при заданому розподілі експертів по значеннях, що надаються ними через C . Значення C залежить від таких величин:

$$C = F(k, h, W_h), \quad (3.30)$$

де k - кількість експертів у групі; h - крок пошуку області групування; W_h - діапазон значень оцінок, якому відповідає кількість експертів не менш θ_k , при найменшому кроці ($0 < \theta_k < 1$).

Нехай є шкала зі значеннями i , де $i=0,1,2,\dots,n$. Тоді m_i – є кількість експертів, що дали i -е значення. Якщо в групі k експертів, то $\sum_{i=1}^n m_i = k$.

Припустимо, що має місце такий розподіл (рис. 3.6).

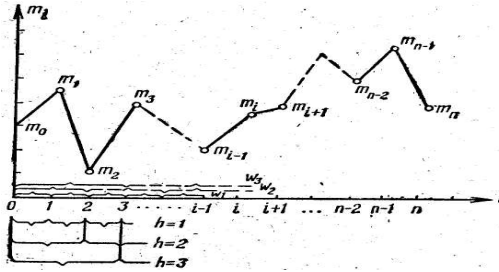


Рис. 3.6. Розподіл оцінок висловлювань експертів

На першому кроці пошуку центра групування $h=1$ визначаються ті пари значень, які задовольняють наступному співвідношенню:

$$\sum_{i \in W_h} m_i \geq \theta_k. \quad (3.31)$$

При цьому можливі три випадки:

1) жодна пара значень на даному кроці пошуку не задовольняє співвідношенню (3.31). Тоді крок пошуку області групування зростає на одиницю, тобто область «зважування» розширюється, і процедура пошуку повторюється;

2) існує рівно одна область на шкалі при даному кроці пошуку, що задовольняє співвідношенню (3.31). У цьому випадку область групування знайдена й центр групування визначається як середньозважене всіх значень, що належать даній області:

$$C = \frac{\sum_{i \in W_h} i \cdot m_i}{\sum_{i \in W_h} m_i}; \quad (3.32)$$

3) існує кілька областей, що задовольняють співвідношенню (3.32). Тоді область групування визначається в такий спосіб: ліва границя являє собою найменше значення для всіх значень знайдених областей, а права границя - відповідно їхнє найбільше значення. Область групування визначається як середньозважене всіх значень, що належать області групування:

$$C = \frac{\sum_{i \in G} i \cdot m_i}{\sum_{i \in G} m_i}, \quad (3.33)$$

де G - безліч всіх значень шкали, що належать області групування.

ПРИКЛАД 3.4 [15].

Нехай, наприклад, дана шкала від 0 до 10 і відповідне кожному значенню шкали число експертів m_i .

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_i	3	17	9	1	31	3	2	4	15	12	3

Нехай $\theta = 0.5$, оскільки 50% порівняння на практиці найпоширеніше. Загальна кількість експертів $m = 100$. Поклавши $h = 1$, підрахуємо кількість експертів, що доводиться на кожен область.

W_1	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
$\sum_{i \in W_1} m_i$	20	26	10	32	34	5	6	19	27	15

За даними останньої таблиці жодна область при заданому кроці не задовольняє співвідношенню (3.31). Тому крок пошуку збільшується й здійснюється підрахунок розширених областей, результати чого подані у таблиці, що наведена нижче.

W_2	0-2	1-3	-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10
$\sum_{i \in W_2} m_i$	29	27	41	35	36	9	21	31	30

Як видно з наведених даних, і на цьому кроці немає жодної області, що задовольняє співвідношенню (3.32). Тому крок пошуку знову збільшується й процедура повторюється.

W_3	0-3	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9	7-10
$\sum_{i \in W_3} m_i$	30	58	44	37	40	24	33	34

У цьому випадку існує рівно одна область, що задовольняє співвідношенню (3.32), – область 1–4. Вона і є областю групування. Використовуючи співвідношення (89), знаходимо значення центра групування

$$C_1 = \sum_{i \in G} i \cdot m_i / \sum_{i \in G} m_i = \frac{1 \cdot 17 + 2 \cdot 9 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 31}{17 + 9 + 1 + 31} = \frac{162}{58} \approx 3.$$

Якщо ж брати як центр групування середньозважене значення всієї шкали, то одержимо

$$C_1 = \sum_{i \in G} i \cdot m_i / \sum_{i \in G} m_i = \frac{475}{100} \approx 5.$$

Як видно з наведеного приклада, підрахунок через область групування дав корекцію порядку 40% у порівнянні з середньозваженим значенням.

ПРИКЛАД 3.5 [15].

Розглянемо, як приклад випадок, коли кілька областей на деякому кроці пошуку задовольняють співвідношенню (3.31). Нехай як і раніше кількість експертів у групі $m = 100$, $\theta = 0.5$ і має місце такий розподіл.

i	1	0-3	4	5	6	7	8	9	10
m_i	τ,	0	1	8	19	30	12	21	9

На першому кроці отримаємо такі результати.

W_1	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
$\sum_{i \in W_1} m_i$	1	9	27	49	42	33	30

Враховуючи, що жодна область не задовольняє співвідношенню (3.31), то, поклавши $h = 2$, одержимо такі результати.

W_1	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9	8-10
$\sum_{i \in W_1} m_i$	1	9	28	57	61	53	42

Як видно з таблиці у цьому випадку три області задовольняють співвідношенню (3.32): 5–7, 6–8, 7–9, і, отже, областю групування буде область 5–9. Використовуючи співвідношення (3.32), одержимо $C = 7,21$. При цьому середньозважене значення оцінок цього розподілу дорівнює $C = 7,43$.

Таким чином, як видно, застосування методу шкальних оцінок значно полегшує математичну обробку результатів експертних висновків та їх інтерпретацію. Для цього можуть використовуватися:

показники узагальненої думки (середнє арифметичне оцінок, медіана оцінок, центр групування оцінок і частота максимальних оцінок у балах);

показники ступеня погодженості думок експертів (коефіцієнт варіації оцінок, коефіцієнт конкордації (коефіцієнт згоди) і діапазон кварти лей).

Запропонований метод узагальнення шкальних оцінок, одержуваних при проведенні групової експертизи, забезпечує для будь-якого розподілу експертних даних формування найбільш надійного показника узагальненої думки – центра групування оцінок (при симетричному розподілі оцінок експертів центр групування збігається з їх середньозваженою). Цей показник можна, зокрема, використати як еталон при оцінці роботи експертів.

3.5 Аналіз матеріалів експертного оцінювання. Визначення ступеня погодженості суджень групи експертів та їх статистичної достовірності

Якісний аналіз експертної інформації є заключним етапом експертного оцінювання. Він полягає у [101, 102]:

- проведенні оцінювання ступеня погодженості думок експертів;
- виділенні груп експертів з близькою думкою (у випадку наявності істотної розбіжності в їхніх відповідях);
- виявленні розкиду думок, впливу характеристик експертів на зміст їхніх відповідей;
- ранжируванні відповідей в однорідних групах та формуванні об'єднаних відповідей.

Коефіцієнти оцінювання ступеня погодженості суджень експертів

Як показники ступеня погодженості суджень експертів частіш за все використовуються коефіцієнт варіації [81], коефіцієнт парної рангової кореляції та коефіцієнт конкордації.

Коефіцієнт варіації (v_j) характеризує відносну ступінь варіювання параметрів і обчислюється за формулою:

$$v_j = \frac{S_j}{C_j} \cdot 100\%, \quad (3.34)$$

де $S_j = \sqrt{D_j}$ – стандартне (середньоквадратове) відхилення оцінок, отриманих j -м параметром [103];

$$D_j = \frac{1}{m_j - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - \bar{C}_j)^2 \text{ – дисперсія оцінок.}$$

Чим менше v_j , тим вище ступінь погодженості групи експертів про відносну важливість j -го параметра (фактора). Наближено значення похибки коефіцієнта варіації може бути обчислене за формулою:

$$S_{v_j} = \frac{v_j}{\sqrt{2 \cdot m_j}} \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot \left(\frac{v_j}{100}\right)^2}. \quad (3.35)$$

З певним наближенням можна вважати, що у генеральній сукупності коефіцієнт варіації для j -го параметра знаходиться в межах $v_j \pm 3 \cdot S_{v_j}$.

Коефіцієнт парної рангової кореляції ($\rho_{\alpha\beta}$) – характеризує окремих експертів, міркування яких у цілому погоджуються, або, навпроти, експертів, які мають різке розходження в судженнях про важливість факторів. Він приймає

значення в інтервалі $(-1 \leq \rho_{\alpha\beta} \leq +1)$ і може бути обчислений за формулою:

$$\rho_{\alpha\beta} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n \psi_j^2}{\frac{1}{6} \cdot (p^3 - p) - \frac{1}{12} \cdot (T_\alpha - T_\beta)}, \quad (3.36)$$

де ψ_j^2 – абсолютне значення різниці рангів R_{α_j} і R_{β_j} оцінок j -го параметра (фактора), призначених експертами α та β :

$$\psi_j = |R_{\alpha_j} - R_{\beta_j}|, \quad (3.37)$$

T_α, T_β – показники зв'язних рангів у ранжировках експертів α і β ;

p – загальна кількість груп ранжировок.

При цьому значення $\rho_{\alpha\beta}$ знаходяться в інтервалі $-1 \leq G \leq +1$ й можуть відповідати таким випадкам:

$$\rho_{\alpha\beta} = \begin{cases} 0, & \text{означає, що показники незалежні (відсутність зв'язку між судженнями експертів)} \\ +1, & \text{означає, що ранжирування за показниками співпадає (погодженість думок)} \\ -1, & \text{означає, що ранжирування за показниками цілком протилежне} \end{cases}.$$

Коефіцієнт рангової кореляції для сумарної ранжировки був запропонований у 1940 році М. Кендаллом та Б. Смітом [80, 88] і отримав назву *коефіцієнта конкордації* (W). Він характеризує ступінь погодженості суджень групи експертів у цілому за сукупністю параметрів (об'єктів, факторів, показників, заходів, напрямків дослідження тощо) та обчислюється за таким алгоритмом.

На першому кроці [103–105] визначається середнє арифметичне сум рангів оцінок, отриманих усіма параметрами:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n R_j \quad (3.38)$$

де R_j - сума рангів оцінок, отриманих j -м параметром.

На другому кроці розраховується відхилення d_j сум рангів оцінок, отриманих j -м параметром, від середнього арифметичного сум рангів оцінок, отриманих усіма параметрами:

$$d_j = R_j - \bar{R}. \quad (3.39)$$

На третьому кроці обчислюється сума квадратів цих відхилень:

$$S = \sum_{j=1}^n d_j^2. \quad (3.40)$$

На четвертому кроці визначається показник T_i зв'язаних (рівних) рангів оцінок, призначених i -м експертом. Якщо всі n рангів, отриманих i -м експертом, є різними, то $T = 0$. Якщо серед рангів є однакові, то: $T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l)$. Розглянемо приклад розрахунку T_i для одного експерта, результати опитування якого щодо відносної важливості 9 параметрів подані таблично.

Показники	Параметри: $j = 1 \dots 9$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бали	70	100	90	70	100	70	80	50	40
Ранги	6	1.5	3	6	1.5	6	4	8	9

В цьому прикладі $L = 2$ (одна група відповідає оцінці у 100 балів, ранг 1.5; друга – 70 балів, ранг 6). Кількість зв'язаних рангів у першій групі $t_1 = 2$, тобто є дві оцінки по 100 балів; у другій групі $t_2 = 3$ (три оцінки по 70 балів). Звідси

$$T = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l) = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30. \quad (3.41)$$

На п'ятому кроці визначається коефіцієнт конкордації W [103]:

$$W = \frac{S}{Sm} = \frac{12 \cdot \Delta S^2}{m^2 \cdot (p^3 - p)}, \quad (3.42)$$

де $\Delta S^2 = m^2 \cdot \sum_{i=1}^n \left(C_i - \frac{1}{2} \cdot (p+1) \right)^2$ – міра ступеня узгодженості думок експертів (сума квадратів відхилень фактичних значень рангів від їх ідеальних значень).

При цьому значення коефіцієнта конкордації може змінюватися в інтервалі $0 \leq W \leq +1$:

$$W = \begin{cases} 0, & \text{означає, що міркування експертів не співпадають} \\ +1, & \text{означає, що міркування експертів повністю співпадають} \end{cases}.$$

Якщо у ранжировці є ранги, що співпадають [80, 88, 103], то коефіцієнт конкордації обчислюється за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot S}{z^2 \cdot (p^3 - p) - z \cdot \sum_{i=1}^L T_i}, \quad S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m r_{ij} - \bar{r}^2 \right), \quad \bar{r} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n r_i, \quad r_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}, \quad (3.43)$$

де z – кількість груп ранжировок зв'язаних (рівних) рангів; T_i – кількість зв'язаних рангів у i -й ранжировці; t_l – кількість зв'язаних (рівних) рангів у l -й групі i -ї ан жировки; L – кількість груп зв'язаних (рівних) рангів у i -й ранжировці; r_{ji} – матриця результатів ранжирування i -ї альтернативи j -м експертом.

У таблиці, що приведена нижче, подано приклад груп зв'язаних (рівних) рангів.

У цьому випадку для трьох груп зв'язаних (рівних) рангів ($L=3$), для яких $t_1=2$, $t_2=3$, $t_3=2$:

$$T_i = (2^3 - 2 + 3^2 - 3 + 2^3 - 2) = 36.$$

Оцінка j -м експертом	Фактор (параметр)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	k
Ранги	5	1,5	3	7,5	1,5	7,5	5	9	5

На шостому кроці проводять оцінку статистичної достовірності коефіцієнта конкордації W шляхом перевірки нульової гіпотези $H_0: W=0$. При цьому методика перевірки залежить від значень m та n . При невеликих m і $n \leq 7$ для перевірки нульової гіпотези при рівні значимості $q=0.05$ можна скористатися табличними значеннями S_{kp} , що подані нижче.

Кількість експертів ($i=1, m$)	Кількість параметрів ($j=1, n$)				
	3	4	5	6	7
3	---	---	64.6	103.9	157.3
4	---	49.5	88.4	143.3	217.0
5	---	62.6	112.3	182.4	276.2
6	---	75.7	136.1	221.4	335.2
8	48.1	101.7	183.7	299.0	453.1
10	60.0	127.8	231.2	376.7	571.0

При $n > 7$ і значенні m , що змінюється від 3 до 20, за звичай, використовують критеріальну статистику χ_R^2 , яка розподілена по χ^2 при $g = n - 1$

$$\chi_R^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot n \cdot (n+1)}. \quad (3.44)$$

Якщо кількість зв'язків велика або їх довжина є значною, то

$$\chi_R^2 = \frac{12 \cdot S}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^m T_j}. \quad (3.45)$$

Правила прийняття статистичного рішення:

H_0 приймається при $\chi_R^2 < \chi_{q,g}^2$;

H_0 відхиляється при $\chi_R^2 \geq \chi_{q,g}^2$, де $\chi_{q,g}^2$ критичне значення при $g = n - 1$ та заданому рівні значимості q , яке подане таблично:

Число ступенів свободи	Рівні значимості		Число ступенів свободи	Рівні значимості	
	$q = 0.2$	$q = 0.1$		$q = 0.2$	$q = 0.1$
1	1.5	2.7	16	20.5	23.5
2	3.2	4.6	17	2.61	24.8
3	4.6	6.3	18	22.8	26.0
4	6.0	7.8	19	23.9	27.2

Число ступенів свободи	Рівні значимості		Число ступенів свободи	Рівні значимості	
5	7.3	9.2	20	25.0	28.4
6	8.6	10.6	21	26.2	29.5
7	9.8	12.0	22	27.3	30.8
8	11.0	13.4	23	28.4	32.0
9	12.2	14.7	24	29.6	33.2
10	13.4	15.0	25	30.7	34.4
11	14.6	16.3	26	31.8	35.6
12	15.8	18.5	27	32.9	36.7
13	17.0	19.8	28	34.0	37.9
14	18.2	21.1	29	35.1	39.1
15	19.3	22.3	30	36.3	40.3

Нульову гіпотезу можна знайти й іншим чином, а саме: за таблицею, що подана вище знаходять значення $q_{табл}$ для емпіричного χ^2_R при $\mathcal{G} = n - 1$. Потім порівнюють $q_{табл}$ із заданим $q = 10\%$. Якщо $q_{табл} < 10\%$, то має місце невинна узгодженість суджень групи експертів.

Незалежно від використовуваних коефіцієнтів у результаті розрахунків отримують квадратну матрицю мір близькості експертів за характером відповідей. При цьому її можна розбити на однорідні групи одним з алгоритмів таксономії (багатомірної класифікації). Результати таксономії з визначеною щільністю зводяться до однієї з ситуацій, коли:

по-перше, відповіді більшості експертів утворюють компакту групу, склад якої стабільний при різних розбивках;

по-друге, в процесі розбивки виділяється декілька стабільних, чітко розмежованих груп;

по-третє, відповіді експертів рівномірно розташовані в просторі ознак (альтернатив), але на різних етапах розбивки утворюють нестабільні групи.

У першому випадку існує достатня погодженість думок більшості експертів. В другому можливе висування гіпотези про неоднорідність колективу експертів, яка припускає виявлення набору об'єктивних характеристик експертів, що викликають цю неоднорідність та формування упорядкованої послідовності ознак для кожної виділеної групи експертів. Третій випадок є результатом або невдалої побудови анкети опитування з погляду набору альтернатив і кількості градацій шкали, або сильно вираженої неоднорідності та некомпетентності експертної групи. Можливий вплив і обох причин одночасно. Тоді переходять до більш детального дослідження відповідей за окремими альтернативами, і якщо ступінь варіації по окремих з них різко відрізняється, то можливі два рішення: або переробити анкету опитування, або ранжувати тільки ті альтернативи, по яких існує досить висока погодженість експертів.

ПРИКЛАД 3.6 – оцінювання відносної важливості п'яти параметрів.

Грунтуючись на результатах колективної експертизи, вирішити статистичну задачу по оцінці відносної важливості п'яти параметрів. Первинна інформація наведена у таблиці, що подана нижче.

$$\bar{R}_j = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 R_j = \frac{150}{5} = 30.$$

Для визначення коефіцієнта конкордації W необхідно: за формулою (3.39) знайти d_j ; за формулою (3.40) знайти S ; за формулою (3.41) знайти T_i .

Експерти ($i=1,10$)	Параметри (n=5)									
	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й	
	Бали	Ранг	Бали	Ранг	Бали	Ранг	Бали	Ранг	Бали	Ранг
1	100	1	10	5	80	3	70	4	90	2
2	80	2.5	60	4	100	1	10	5	80	2.5
3	80	3	80	3	100	1	10	5	80	3
4	20	4.5	2	4.5	100	1	40	3	90	2
5	100	1	10	5	80	2.5	30	4	80	2.5
6	90	2	30	4	100	1	50	3	10	5
7	30	3	10	5	100	1	20	4	80	2
8	80	2	60	3	90	1	40	4	20	5
9	100	1	10	4.5	80	3	10	4.5	90	2
10	80	2	20	4	100	1	10	5	60	3
R_j	22		42		15.5		41.5		29	
Загальний ранг	2		5		1		4		3	

Значення d_j та d_j^2 подані у таблиці.

d_j	8	12	-14.5	11.5	-1
d_j^2	64	144	210.25	132.25	1

Сума квадратів відхилень $S = 551.5$. Показники зв'язаних рангів для кожного i -го експерта мають такі значення:

$$T_1 = 0; T_2 = (2^3 - 2) = 6; T_3 = (3^3 - 3) = 24; T_4 = (2^3 - 2) = 6; T_5 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_6 = 0; T_7 = 0; T_8 = 0; T_9 = (2^3 - 2) = 6; T_{10} = 0; \sum_{i=1}^{10} T_i = 48.$$

Коефіцієнт конкордації W обчислимо за формулою (3.34):

$$W = \frac{12 \cdot 551.5}{10^2 \cdot (5^2 - 5) - 10 \cdot 48} = \frac{6606}{11520} = 0.55.$$

Так як $n < 7$, то оцінку значимості емпіричного коефіцієнта проведемо для критичних значень S (для коефіцієнта W). При рівні значимості $q = 0.05$, $n = 5$ та $m = 10$, $S_{kp} = 231.2$. Емпіричне значення $S = 551.5$. Так як $S > S_{kp}$, то нульова гіпотеза $H_0: W = 0$ відхиляється та із заданим рівнем значимості q приймається суттєвість значення $W = 0.55$. Тобто узгодженість суджень експертів при оцінюванні відносної

важливості параметрів є суттєвою.

ПРИКЛАД 3.7 – оцінювання відносної важливості восьми параметрів.

Ґрунтуючись на результатах колективної експертизи, вирішити статистичну задачу по оцінюванню відносної важливості восьми параметрів.

Результати опитування п'яти експертів наведені у таблиці, що подана нижче. Показники зв'язаних рангів для кожного i -го експерта мають при цьому такі значення:

$$T_1 = (2^3 - 2) = 6; T_2 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12; T_3 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_4 = (2^3 - 2) + (3^3 - 3) = 30; T_5 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12.$$

Експерти ($\bar{i}=1,5$)	Параметри (n=8)															
	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й		6-й		7-й		8-й	
1	90	2	40	4	100	1	50	3	10	6.5	0	8	10	6.5	30	5
2	30	3	20	4.5	100	1	20	4.5	80	2	10	6	0	7.5	0	7.5
3	80	2	60	3.5	100	1	40	5	20	6	0	8	10	7	60	3.5
4	100	1	10	6	90	2.5	10	6	90	2.5	20	4	0	8	10	6
5	80	1.5	40	4	80	1.5	10	6	60	3	0	7.5	0	7.5	20	5
R_j	9.6		22.0		7		24.5		20		33.5		36.5		27	
Загальний ранг	2		4		1				3		7		8		6	
d_j	-13		-0.5		-15.5		2		-2.5		11		14		4.5	

Середнє значення рангів: $\bar{R}_j = \frac{1}{8} \cdot \sum_{j=1}^8 R_j = \frac{180}{5} = 22.5$. Сума квадратів d_j :

$S = \sum_{j=1}^8 d_j^2 = 757$. Коефіцієнт конкордації W обчислимо за формулою (3.39):

$$W = \frac{12 \cdot 757}{5^2 \cdot (8^2 - 8) - 5 \cdot 66} = \frac{9084}{12300} = 0.7. \text{ Для оцінки емпіричного коефіцієнта } W = 0.7$$

висловимо нульову гіпотезу про відсутність погодженості суджень експертів $H_0: W = 0$. Так як $n > 7$, то для перевірки H_0 скористаємося формулою (3.45):

$$\chi_R^2 = \frac{12 \cdot 757}{5 \cdot 8 \cdot (8 + 1) - \frac{1}{8-1} \cdot 66} = \frac{9084}{350.6} = 25.35. \text{ Знаходимо } \chi_{q,9}^2. \text{ При } q = 0.1 \text{ та}$$

$g = n - 1 = 8 - 1 = 7$, $\chi_{10\%,7}^2 = 12$. Так як $\chi_R^2 \geq \chi_{q,9}^2$, H_0 відхиляється й приймається гіпотеза H_1 , яка свідчить про наявність погодженості думок експертів. Схема алгоритму рішення статистичної задачі з оцінки відносної важливості параметрів за результатами колективної експертизи наведена на рис. 3.7.

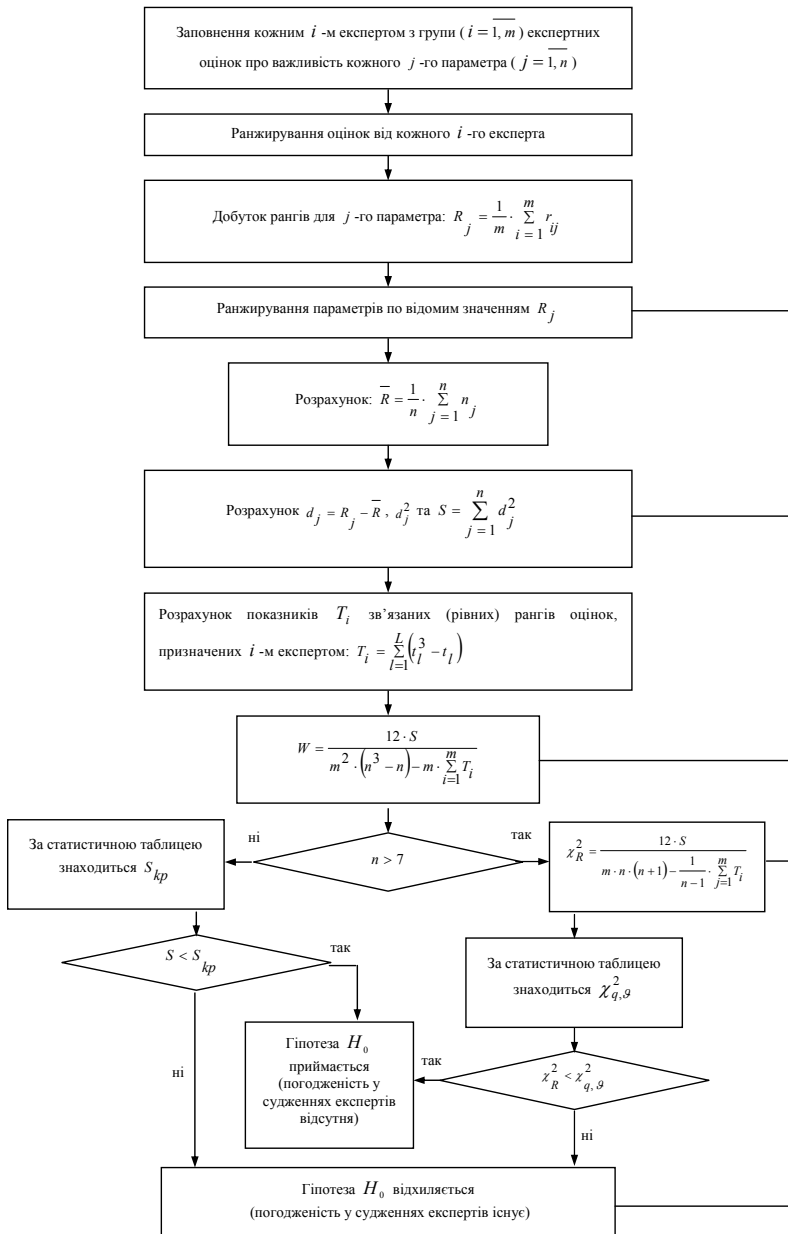


Рис. 3.7. Схема алгоритму рішення статистичної задачі з оцінки відносної важливості параметрів (при знаків, об'єктів, факторів, заходів тощо) за результатами колективної експертизи

3.6 Парето-аналіз множини альтернатив

Обробку результатів колективних експертних оцінок розглянемо стосовно до найбільш розповсюдженого цільового призначення експертизи, коли колективне експертне опитування проводиться з метою оцінювання відносної важливості того або іншого параметра (об'єкта, фактора, показника, заходу тощо). Обробка даних колективної експертизи у цьому випадку зводиться до обчислення певних статистичних характеристик, які в компактній формі описують як узагальнені міркування експертів, так і ступінь їх узгодженості.

Альтернативою єдиному узагальненому показнику може виступати математичний апарат типу багатокритеріальної оптимізації – *Парето-аналіз множини альтернатив* [106-108]. Методика наближеної побудови множини Парето достатньо проста. Якщо заповнити область допустимих рішень у багатомірному просторі факторів рівномірно розташованими пробними точками, в кожній точці обчислити значення всіх критеріїв, а потім виключити всі неефективні точки, то точки, що залишилися (ефективні) служать наближенням до множини Парето. Точка називається неефективною, якщо існує інша точка, у якій значення всіх критеріїв не гірше, ніж у розглядуваній, а хоча б один критерій є суттєво кращим.

З математичної точки зору: припустимо Q^1, \dots, Q^N – це точки, що отримані за допомогою ОПР і в яких знайдені значення всіх критеріїв. Виберемо довільну точку Q^1 з цієї множини і після порівняння її з іншими точками виключимо ті з них, для яких хоча б при одному $\gamma = \gamma_0, \gamma = \overline{1, M}$ має місце суворі нерівність $K_\gamma(Q^1) < K_\gamma(Q^M)$. Потім серед точок, що залишилися виберемо будь-яку іншу точку й повторимо процес виключення відносно гірших точок. По завершенні кожного кроку отримаємо наближено ефективні точки, сукупність яких утворює область ефективних альтернатив (M_γ).

При цьому необхідно враховувати, що жодна альтернатива з множини ефективних точок не може "поліпшити" значення певних показників якості, не "погіршивши" при цьому значення хоча б одного з тих, що залишилися. Тому ефективну альтернативу деколи називають такою, яку неможливо поліпшити за множиною показників якості, не погіршивши систему або оптимальною по Парето, не домінуючою, непідпорядкованою.

Функція вибору згідно правилу Парето в цьому випадку матиме вид:

$$C^{Par}(Q) = \{q \in Q \mid \forall g \in Q, q \neq g \exists i, q_i > g_i\}, \quad (3.46)$$

тобто точка q обирається в Q тільки в тому випадку, коли будь-яка точка g з Q має хоча б за однією координатою значення менше, чим q .

Виділення множини Парето при рішенні багатокритеріальних задач часто не відповідає задовільному рішенню. Це пов'язано з тим, що при достатньо великій вихідній множині варіантів множина Парето виявляється неприпустимо великою для того, щоб ОПР був у змозі здійснити кінцевий вибір самостійно. Таким чином, виділення множини Парето можливо розглядати лише як попередній етап оптимізації з обов'язковим подальшим скороченням цієї множини. Для здійснення останньої процедури множину Парето доцільно формувати не за всіма критеріями, а лише за найважливішими, що попередньо впорядковані за показниками вагомості. Виходячи з того, що скорочення кількості критеріїв за якими обирається множина Парето, не завжди приводить до скорочення цієї множини – впорядковану слоїсту структуру альтернатив доцільно формувати на підставі впорядкування критеріїв без надання їм коефіцієнтів ваги.

ПРИКЛАД 3.8 [15].

Припустимо існує набір альтернативних варіантів (a_1, a_2, \dots, a_n) та набір впорядкованих за важливістю критеріїв (w_1, w_2, \dots, w_n) . Алгоритм дій за описаною процедурою має бути таким:

1) обирається два найважливіших критерії w_1 та w_2 (або компактна група). За ними формується множина Парето, яка включає, наприклад, l альтернатив. Обрані варіанти формуються у верхню групу впорядкованої слоїстої структури. Якщо верхня компактна група не може бути сформованою або ж взагалі відсутня, то вибирається не більше п'яти перших показників, таких, що: $w_j = 1/k \cdot \sum_{i=1}^k w_i$. При цьому якщо останній відібраний показник входить у компакту групу, то до розгляду береться вся група;

2) береться наступний за важливістю критерій (компактна група) та виділяється паретівський зріз по усім попереднім критеріям плюс новий критерій (компактна група) на усій множині альтернатив. Припустимо, що до нього належить l_{i+1} альтернатива. При цьому $l_{i+1} \in l_i$. З цієї множини виключаються альтернативні варіанти, що входили у попередні групи впорядкованої слоїстої структури. Варіанти, що залишились, формують чергову групу. Другий крок алгоритму повторюється доти, поки до впорядкованої слоїстої структури не потраплять всі варіанти, або ж поки не будуть вибрані всі критерії.

Розглянемо алгоритм застосування критерію Парето на прикладі оцінювання існуючих альтернатив, характеристики яких задані таблично.

Альтернативи показники	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	70	20	7	3	-2
2	60	17	6	1	-4
3	30	15	9	6	2
4	40	16	8	5	1
5	50	14	7	2	-2
6	40	12	5	4	3
Імовірність - p	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3

Для цього відкинемо домінуючі альтернативи, провівши попарне порівняння всіх заданих у таблиці.

(1)	20 7 3 -2		(1)	70 20 7 3 -2	
(2)	v v v v	2-га альтернатива є домінуючою	(3)	v v Λ Λ Λ	непорівнянні альтернативи
(3)	60 17 6 1 -4		(3)	30 15 9 6 2	
(1)			(1)		
(4)	70 20 7 3 -2	непорівнянні альтернативи	(5)	70 20 7 3 -2	5-та альтернатива є домінуючою
(4)	v v Λ Λ Λ		(5)	v v Π v Π	
(4)	40 16 8 5 1		(5)	50 14 7 2 -2	
(1)			(3)		
(6)	70 20 7 3 -2	непорівнянні альтернативи	(4)	30 15 9 6 2	непорівнянні альтернативи
(6)	v v v v Λ Λ		(4)	Λ Λ v v v	
(6)	40 12 5 4 3		(4)	40 16 8 5 1	
(3)			(4)		
(6)	30 15 9 6 2	непорівнянні альтернативи	(6)	40 16 8 5 1	непорівнянні альтернативи
(6)	Λ v v v Λ		(6)	Π v v v Λ	
(6)	40 12 5 4 3		(6)	40 12 5 4 3	

Висновок: 2-га та 5-та альтернативи є домінуючими, тому використовувати їх невігодно.

Запитання для самоконтролю

1. Що Ви розумієте під терміном «експертиза»? Які види експертиз Вам відомі? Дайте їм стислу характеристику.
2. Що слід розуміти під проведенням експертного оцінювання? Сформулюйте задачу експертного оцінювання та головні етапи її реалізації.
3. Розкрийте сутність головних етапів експертного оцінювання.
4. Розкрийте сутність процедури формування експертної групи. Наведіть приклад її реалізації.
5. Які методи оцінювання компетентності представників експертної групи Вам відомі?
6. Опишіть процедуру оцінювання індивідуальної компетентності експерта

методом самооцінки.

7. *Опишіть процедуру оцінювання індивідуальної компетентності експерта методом взаємної оцінки.*

8. *Опишіть процедуру оцінювання індивідуальної компетентності експерта методом контрольних експертиз.*

9. *Розкрийте сутність процедури оцінювання представниками експертної групи відносної важливості порівнюваних параметрів.*

10. *Які методи індивідуального одержання вихідної інформації евристичного походження Вам відомі? Назвіть їх основні переваги та недоліки.*

11. *У чому полягають морфологічний метод одержання експертної інформації та метод сценаріїв?*

12. *Для вирішення яких задач застосовують методи інтерв'ю та аналітичних доповідних записок?*

13. *Розкрийте сутність та етапність реалізації відомих Вам методів колективного експертного оцінювання.*

14. *Дайте характеристику головним етапам методу мозкової атаки.*

15. *Для вирішення яких задач застосовують методи Дельфи? Які недоліки йому притаманні?*

16. *Для чого призначений метод аналізу ієрархій? Розкрийте зміст принципів і головних етапів МАІ. Які недоліки йому притаманні?*

17. *У чому полягають головні кроки реалізації методу анкетування?*

18. *Назвіть основні переваги та недоліки методів колективного одержання вихідної інформації евристичного походження.*

19. *Які індивідуальні і групові методи експертного оцінювання Вам відомі? Назвіть їх головні переваги та недоліки.*

20. *Які методи опрацювання інформації евристичного походження Вам відомі? Метод парних порівнянь: призначення, приклади застосування.*

21. *Метод ранжирування: призначення, приклади застосування.*

22. *Метод ідеальної точки: алгоритм реалізації та приклади застосування.*

23. *Метод ELECTRE: алгоритм реалізації та приклади застосування.*

24. *Метод шкальних оцінок: алгоритм реалізації та приклади застосування.*

25. *У чому полягає проведення аналізу експертної інформації? Які показники ступеня погодженості суджень експертів Ви знаєте?*

26. *Розкрийте сутність коефіцієнтів варіації та парної рангової кореляції.*

27. *Розкрийте сутність коефіцієнта конкордації. Наведіть приклади його застосування.*

28. *У чому полягає Парето-аналіз множини альтернатив?*

ГЛАВА 4

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У цей час *інформація* – універсальна субстанція, яка пронизує усі сфери діяльності людства та слугує провідником його знань і умінь, інструментом його спілкування, взаєморозуміння і співробітництва, ствердження ним стереотипів мислення і поведінки тощо є чи не найважливішим стратегічним ресурсом сучасного високо техногенного суспільства. Нині вона є основою управління [109-111]. З її допомогою в інформаційному просторі:

1) реалізуються зв'язки між об'єктами інформаційної інфраструктури – інформаційними ресурсами (ІР), інформаційно-телекомунікаційними (ІТ) системами і мережами усіх форм власності, що керуються автоматизованими системами (АС) та використовуються як для передавання інформації, яка в них циркулює, так й для впливу на аналогічні об'єкти протилежної сторони;

2) забезпечується комплексна обробка інформаційних продуктів – матеріалів, відомостей, даних та знань, що зафіксовані в інформаційних системах (ІС) або на відповідних носіях інформації і призначені для реалізації світовою спільнотою певних інформаційних потреб.

Зважаючи, що нині інформаційний простір складається з низки слабо зв'язаних між собою інформаційних секторів, кожний з яких в силу різних причин мало доступний для використання і розширення., а сучасні ІС та АС функціонують у ньому без належної взаємодії, – стан інформатизації регіонів суспільства та держави в цілому стає одним з важливих факторів, що стимулюють їхній розвиток. Одну з головних ролей у цьому процесі відіграють інформаційні та/або інформаційно-телекомунікаційні (ІТ) технології, що функціонують і взаємодіють на основі єдиних законів і принципів.

Під *інформаційними (ІТ) технологіями* в цьому сенсі розуміють систему, яка включає об'єднані у технологічний ланцюжок *функціональні* (процеси циркуляції й переробки інформації), *змістовні* (інформаційно-технологічні процеси планування й управління, структуризація й постановка завдань, методи, моделі, прикладні й персональні програмні продукти), *забезпечувальні* (загальносистемне програмне забезпечення, СУБД, банки даних, персональні бази даних, інструментальні обчислювальні засоби, включаючи персональні компоненти та яка забезпечує виконання інформаційних процесів з метою підвищення їхньої надійності і оперативності, а також зниження трудомісткості ходу використання ІР. Нині їх класифікують за:

способом реалізації в ІС і АС – на традиційні та нові технології;

за ступенем охоплення завдань управління – на технології електронної обробки даних, автоматизації функцій управління, підтримки прийняття рішень, електронного офісу (документообігу) тощо;

за класом технологічних операцій, що реалізуються – на роботу з текстовим редактором та електронними таблицями, на роботу з СУБД та з графічними об'єктами, на мультимедійні та гіпертекстові системи;

за типом інтерфейсу користувача – на пакетні, діалогові, мережеві;

за способом побудови мережі – на локальні, багаторівневі, розподілені;

за видом предметної області, що обслуговується – на системи бухгалтерського обліку, банківської, податкової та страхової діяльності тощо.

Особливе місце серед інформаційних та ІТ технологій нині належить так званим *новим інформаційним технологіям* (НІТ), головними принципами яких є інтерактивний режим роботи з комп'ютером, інтегрованість із іншими програмними продуктами, а також гнучкість процесу зміни постановок завдань і даних. Враховуючи таке їх можна поділити на два великих взаємозалежних класи:

1) програмно-технічні засоби інформатизації, які з'явилися практично одночасно з створенням ЕОМ у виді спеціального і загального програмного забезпечення (СПЗ і ЗПЗ), операційних систем (ОС) різного класу і призначення, пакетів прикладних програм (ППП) та які призначені перш за все для вирішення завдань проектування;

2) прикладні інформаційні технології, що забезпечують прийняття і підтримку рішень перш за все у народному господарстві та військовій справі.

Найбільшого поширення серед них останнім часом отримали:

а) гіпертекстові технології (гіпертекст – форма організації семантичної або інакше понятійної інформації у виді тексту, розділеної на фрагменти, для кожного з яких визначені переходи до інших фрагментів з вказівкою типу їхнього взаємозв'язку), специфіка яких полягає в тому, що користувач сам обирає варіант створення або вивчення нових знань залежно від власних здібностей, схильностей, рівня кваліфікації і підготовленості. Особливо корисними вони є при створенні нових соціально-економічних концепцій, в ході аналізу сформованого інформаційного фонду на повноту, несуперечність і надмірність тощо;

б) CaSe-технології (Computer Aided Software Engineering) – програмно-технологічні засоби спеціального класу, що дозволяють охопити процес розробки складних логіко-аналітичних моделей в цілому. Вони засновані на методології структурного або об'єктно-орієнтованого проектування і програмування, що для опису системних вимог використовують специфікації у виді діаграм або текстів, зв'язків між моделями системи, динаміки поведіння

системи та архітектури програмних засобів;

в) телекомунікаційні методи доступу – телефонні (призначені для передачі мовної інформації), радіо (призначені для передачі мовної інформації і даних), комп'ютерні (призначені для передачі даних у будь-якій формі) та телевізійні (призначені для передачі мовної інформації та зображення) мережі, лідируюча роль яких у сучасному інформаційному суспільстві обумовлена:

потребою держав світу в одержанні найрізноманітнішого економічного, наукового, культурного та іншого ІР;

рівнем телефонізації держав світу, розвиненістю їх систем електрозв'язку та їх інтегрованістю з міжнародними мережами;

ступенем комп'ютеризації держав світу (обчислюється за загальною кількістю комп'ютерів та їхньою щільністю в розрахунку на 1000 мешканців країни, а також рівнем застосування комунікаційного встаткування – комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів);

наявністю у державах світу досить розгалуженої системи загальнодоступних баз даних та різних довідкових служб;

злиттям технологій радіо, телефонних та інших ІТ мереж тощо;

г) системи штучного інтелекту, призначені для рішення формальних (математика, теорія ігор), загальнозначущих (робототехніка, природна мова, міркування на основі здорового глузду) та експертних (аналіз фінансового стану, медична діагностика, науковий аналіз й інші області) задач на кшталт пошуку необхідних відомостей у базах даних (знань), розпізнавання та діагностування складних процесів, висування і перевірки гіпотези тощо;

д) машинна графіка (забезпечує візуалізацію даних з метою наочного подання певних науково-технічних результатів);

ж) мультимедіа – інтерактивні системи, що забезпечують роботу не тільки з текстами і нерухливими зображеннями, але й з відео, що рухається, анімаційною комп'ютерною графікою, мовою й високоякісним звуком. Поява таких систем приводить до кардинальних змін у різних сферах професійної діяльності людини, дозволяє відслідковувати індивідуальні запити світового ринку, створювати відеокаталоги, проводити ділові відеоконференції тощо.

4.1 Поняття про автоматизацію та автоматизовані системи. Послідовність створення АС

Автоматизація – один з напрямків науково-технічного прогресу, що знаходить вираження у застосуванні саморегулюючих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем управління, які [112, 113]:

повністю звільняють людину від безпосередньої участі в процесах отримання,

перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів або інформації;

заощаджують матеріальні ресурси при розв'язанні різноманітних задач професійної діяльності спеціалістів різних галузей народного господарства.

Її головними напрямками вважають нині як удосконалення організації процесу управління, так і удосконалення інформаційного забезпечення та традиційних технологій опрацювання і представлення інформації. При цьому практична реалізація першого напрямку пов'язана з впровадженням автоматизованих систем управління (АСУ). Другий напрямок спрямований на покращення якісних характеристик інформації, яка "постачається" органам управління. Перспективною формою його реалізації є створення автоматизованих інформаційних систем (АІС). Практична реалізація третього напрямку пов'язана з впровадженням безпаперового документообігу, та розробкою офісного програмного забезпечення (електронний офіс). Перспективною формою його реалізації є створення автоматизованих систем електронного документообігу (СЕДО).

Під АСУ в цьому випадку розуміють систему автоматичних і обчислювальних пристроїв, яка за участю людини здійснює збір, передавання та опрацювання інформації, а також її надання зацікавленим споживачам. АІС у вузькому значенні являє собою комплекс програмних, технічних, інформаційних, лінгвістичних, організаційно-технологічних засобів і персоналу, призначений для рішення завдань довідково-інформаційного обслуговування й/або інформаційного забезпечення користувачів інформації. У розширеному – це людино-машинний комплекс програмних, технічних, інформаційних, лінгвістичних, організаційно-технологічних засобів і персоналу, призначений для збору, первинної обробки, зберігання, пошуку, вторинної обробки й видачі даних у заданій формі (виді) для рішення різнорідних професійних завдань користувачів системи. Під СЕДО прийнято розуміти організаційно-технічні системи, що за участю людини забезпечують процес створення, керування доступом, використання і поширення електронних документів у комп'ютерних мережах із застосуванням електронних засобів комунікацій, а також контроль над потоками документів в установі.

Усі ці системи (АСУ, АІС та СЕДО) належать до класу автоматизованих (АС), мета розробки яких полягає у створенні комплексів засобів автоматизації (КЗА), що відповідають вимогам до систем підтримки прийняття рішень й головними завданнями яких є:

виявлення, пошук, збір та добування інформації з різних джерел;

реєстрація, оброблення та видача інформації, що характеризує стан виробництва й управління;

розподіл інформації між керівниками, підрозділами та виконавцями

відповідно до їх участі в кожному конкретному виді діяльності.

При цьому будь-яка з таких систем повинна забезпечувати:

постійне спостереження за поточним станом об'єкта автоматизації та його характеристик;

незалежність процесів збору, первинної обробки та введення даних, а також їх відновлення (актуалізації);

незалежність прикладних програм від фізичної організації баз даних;

можливість доступу до БД користувачів зі своїх робочих місць;

взаємодію користувачів між собою на основі безпаперової технології;

підтримку професійної діяльності користувачів та взаємодію з обслуговуючим персоналом тощо.

Ці можливості АС реалізуються, як правило, через їх функції – сукупність дій, яка спрямована на досягнення певної мети. До них належать:

обчислювальна (вчасно і якісно виконує оброблення інформації в усіх аспектах, що цікавлять систему управління);

відслідковувальна (відстежує і формує всю необхідну для управління зовнішню та внутрішню інформацію);

запам'ятовувальна (забезпечує безупинне накопичення, систематизацію, збереження і відновлення всієї необхідної інформації);

комунікаційна (забезпечує передачу потрібної інформації в задані пункти);

інформаційна (реалізує швидкий доступ, пошук і видачу необхідної інформації);

регульовальна (здійснює інформаційно-керуючий вплив на об'єкт управління і його ланки при відхиленні їхніх параметрів функціонування від заданих значень);

оптимізаційна (забезпечує оптимальні розрахунки в міру зміни цілей, критеріїв та умов функціонування об'єкта управління);

прогнозна (визначає основні тенденції, закономірності та показники розвитку об'єкта управління);

аналітична (визначає основні показники техніко-економічного рівня виробництва і господарської діяльності);

документувальна (забезпечує формування всіх обліково-звітних, конструкторсько-технологічних та інших форм документів).

При виборі серед них низки доцільних слід виходити з того, що наново створена або досконалювана АС повинна:

бути інваріантною до типу і кількості використовуваних засобів ЕОТ, а також до організаційної структури об'єкта управління;

бути адекватною реальним умовам об'єкта управління, а також забезпечувати надійну і вчасну обробку інформації;

налаштовуватись на позамашинне і машинне інформаційне середовище,

включаючи параметри інформаційних потоків;

мати закладені спеціальні програмно-алгоритмічні засоби, які дозволять розвивати і вдосконалювати її в процесі функціонування тощо.

Послідовність створення будь-якої АС подана у таблиці 4.1 [114-121].

Таблиця 4.1

Послідовність заходів щодо створення перспективної АС

№ з/п	Назва стадій та етапів робіт, що виконуються	Чим має завершитись робота	Організація-виконавець
Проведення підготовчих заходів щодо включення робіт (НДР та ДКР) зі створенні перспективної АС до щорічного ДЗ			Замовник
1	Стадія: формування вимог до АС в рамках виконання планових НДР (згідно з вимогами ГОСТ В15.101-79, ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.602-89 та РД 50-34.698-90)		
	1.1 Обстеження об'єкту та обґрунтування необхідності створення АС	<p>В ході проведення НДР має бути здійснено:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розробка методики проведення заходів з обстеження об'єкта автоматизації; - дослідження інформаційних потоків об'єкта автоматизації; - збір даних про об'єкт автоматизації та видах його діяльності; - формування вимог до перспективної АС та до структури БД вхідних інформаційних документів; - аналіз вітчизняного і закордонного досвіду з автоматизації процесів інформаційної діяльності, а також існуючих на ринку відповідних програмних /програмно-апаратних/ засобів; - визначення мети створення АС, її складу і функціональної структури, призначення, завдань і схем взаємодії її функціональних підсистем; - розроблення узагальненої схеми інформаційних потоків об'єкта автоматизації, визначення їх якісних і кількісних характеристик, а також тенденції їх зміни; - розроблення функціональних моделей процесів пошуку, збору, добування, обробки та надання інформації споживачам; - оцінювання відповідності технічних засобів пошуку, збору і добування інформації характеристикам інформаційних джерел; - визначення переліку відкритих і закритих джерел пошуку, збору і добування інформації; - визначення кількісного завантаження каналів передачі інформації; - обстеження процесів обробки інформації та надання отриманих результатів споживачам; - оцінювання можливостей програмно-апаратної платформи АС завданням обробки інформації; - визначення рівня автоматизації об'єкта інформаційно і діяльності та висвітлення проблемних питань, що виникають під час їх реалізації; - визначення основних напрямків та першочергових заходів з автоматизації функціональних задач, об'єкта інформаційної діяльності. 	НДІ Замовника
Проведення тендеру, спрямованого на вибір організації-розробника (Головного виконавця робіт)			Тендерний комітет Замовника
	1.2 Формування вимог користувача до АС	<p>Вимоги до АС на підставі вихідних даних про:</p> <ul style="list-style-type: none"> - об'єкт автоматизації та видах інформаційної діяльності; - обмеження допустимих витрат на розробку АС; - ефект, що очікується від системи; - умови створення та функціонування системи. 	Замовник, НДІ Замовника
	1.3 Оформлення заявки на розробку тактико-технічного завдання (ТТЗ) на НДР	Проект технічного завдання на НДР «XXXXXXX» («Розробка Концепції та ТТЗ на ДКР зі створення АС») з урахуванням вимог ГОСТ В15.101-79.	НДІ Замовника
Прийняття Керівництвом Замовника рішення щодо проведення робіт зі створення АС (Підписання між Замовником та Головним виконавцем робіт Договору на відкриття НДДКР зі створення АС). <i>Дана робота проводиться по завершенню етапу 1.3.</i>			Замовник, Головний виконавець

№ з/п	Назва стадій та етапів робіт, що виконуються	Чим має завершитись робота	Організація-виконавець
2	Стадія: Розробка концепції АС в рамках виконання НДР «XXXXXXXX» (згідно з вимогами ГОСТ 34.601-90, РД 50-34.698-90)		
	2.1 Вивчення об'єкту	<ol style="list-style-type: none"> 1. Збір інформації про установу й про реалізацію нею функцій і задач службової (інформаційно-аналітичної) діяльності. 2. Анкетування й інтерв'ювання співробітників установи. 3. Формалізація вимог до перспективної АС. 4. Визначення умов та шляхів реалізації: оперативного-тактичних та системотехнічних вимог до АС в цілому; вимог до підсистем та програмно-технічних комплексів АС; вимог до видів забезпечення АС: математичного; лінгвістичного; програмного; технічного; організаційного; науково-методичного тощо. 	Головний виконавець та НДІ Замовника, як співвиконавець
	2.2 Розроблення варіантів концепції АС та вибір серед них остаточного варіанта, що задовольнить Замовника	Проект варіанту Концепції АС (поняття, погляди та принципово можливі правові і організаційні засади створення і впровадження перспективної АС, а також перелік і черговість заходів, що мають бути виконані при цьому).	Головний виконавець
3	Стадія: Розробка технічного завдання (ТЗ) на ДКР зі створення АС в рамках виконання НДР «XXXXXXXX» (згідно з вимогами ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.602-89 та В15.201-83)		
	3.1 Розроблення ТЗ на створення АС	Проект технічного завдання на створення АС (за необхідності – проекти технічних завдань на складові частини АС).	Головний виконавець
	3.2 Розроблення ТЗ на створення комплексної системи захисту інформації (КСЗІ) в АС	Проект технічного завдання на створення КСЗІ в АС.	Співвиконавець Головного виконавця за напрямом КСЗІ
4	Стадія: Ескізного та технічного проектів (згідно з вимогами ГОСТ 34.601-90 та ГОСТ 34.201-89)		
	4.1 Розроблення попередніх проектних рішень по АС та її частинам (ГОСТ 34.601-90)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формалізація функціонально-алгоритмічної структури АС: функцій АС в цілому та її окремих підсистем; складу комплексів та окремих задач. 2. Моделювання раціональних схем реалізації процесів ІАД, інформаційних потоків і документообігу. Розробка комп'ютерної інформаційної моделі з використанням, наприклад, CASE - засобів. 3. Розробка концепції інформаційної бази перспективної АС та її укрупненої структури. 4. Проектування структури та складу перспективної АС, а також її АРМ. Розробка програмно-технічних специфікацій АРМ. 5. Визначення необхідних робіт з інформаційного забезпечення, налаштування та адаптації, а також системної інтеграції. 6. Обґрунтування функцій та параметрів основних програмних засобів. 7. Формування переліку завдань на розробку спеціалізованих технічних засобів; лінгвістичного, програмного та методичного видів забезпечення. 8. Розробка календарного і фінансового планів реалізації проекту впровадження перспективної АС: калькуляція витрат на впровадження; розробка календарного графіка робіт; розробка графіка платежів 	Головний виконавець та НДІ Замовника, як співвиконавець
	4.2 Розроблення проектної документації на АС (ГОСТ 34.201-89)	Комплект документів в обсязі, необхідному для опису повної сукупності проектних рішень та достатньому для подальшого виконання робіт зі створення АС, а саме: відомість технічного проекту; відомість покупних виробів; перелік вхідної та вихідної інформації; пояснювальна записка до технічного проекту; опис автоматизованих функцій; опис постановки задач, інформаційного забезпечення, систем класифікації та кодифікації, комплексу технічних засобів та ПЗ.	Головний виконавець

№ з/п	Назва стадій та етапів робіт, що виконуються	Чим має завершитись робота	Організація-виконавець
	4.2.1 Розроблення документації на поставання засобів, що необхідні для комплектування АС та (або) ТЗ на їх розр. 4.2.2 Розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту об'єкту автоматизації	Комплект документів в обсязі, необхідному для комплектування АС технічними засобами та (або) технічних завдань на їх розробку, а саме: відомість обладнання та матеріалів; попередній розрахунок вартості системи; технічні завдання на складові частини АС Проекти технічних завдань на створення АС співвиконавцям робіт (за умови поетапного виконання ДКР)	
5	Стадія: Робоча документація на АС (згідно з вимогами ГОСТ 34.201-89, ГОСТ 34.601-90 та ГОСТ 19.101-77)		
	5.1 Розробка робочої документації на АС згідно з вимогами ГОСТ 34.201-89	Комплект робочої документації на АС, а саме: проектна оцінка надійності системи; відомість експлуатаційних документів; специфікація обладнання; відомість потреб в матеріалах; склад вхідних і вихідних даних та опис технологічного процесу їх обробки; каталог баз даних (інструкція по її формування та веденню); методика автоматизованого проектування; технологічна інструкція; інструкція користувачу; інструкція по експлуатації комплексу технічних засобів; загальний опис системи; програма і методика випробувань; паспорт та формуляр.	Головний виконавець. Співвиконавці
	5.2 Розробка компонентів спеціального програмного та методичного забезпечення (ГОСТ 19.101-77)	Тексти програм на магнітних (оптичних) носіях та їх опис	
	5.3 Закупівля засобів технічного та ліцензійного програмного забезпеч.	Встановлення на об'єкті автоматизації комп'ютерної та оргтехніки, мережних і комунікаційних засобів. Інсталяція програмного забезпечення.	Головний виконавець
6	Стадія: Впровадження АС в дію (згідно з вимогами ГОСТ 34.201-89, ГОСТ 34.601-90 та ГОСТ 34.603-92)		
	6.1 Підготовка об'єкту автоматизації до впровадження.	1. Проведення заходів щодо: реалізації проектних рішень по організаційному забезпеченню (розробка організаційних положень про роботу структурних підрозділів установи); забезпечення структурних підрозділів інструктивно-методичними матеріалами. 2. Інформаційне насичення перспективної АС: впровадження номенклаторів та класифікаторів інформації, а також спеціалізованих довідників; впровадження типових елементів, БД тощо. 3. Системна інтеграція перспективної АС з підсистемами: електронного документообігу; адміністративно-господарської діяльності; бухгалтерського обліку тощо.	Головний виконавець
	6.2 Комплектація АС програмними та технічними засобами, програмно-технічними комплексами, інформаційними виробами	Акти приймання-передачі програмних та технічних засобів, програмно-технічних комплексів та інформаційних виробів	Головний виконавець. Замовник
	6.3 Будівельно-монтажні роботи	1. Передача технічних засобів для проведення пускалагоджувальних робіт. 2. Акти виконання робіт з: будівництва спеціалізованих будівель (приміщень) для розташування технічних засобів та персоналу АС; розгортання структурованої кабельної мережі; виконання робіт з монтажу технічних засобів та ліній зв'язку; випробування змонтованих технічних засобів.	Головний виконавець. Співвиконавці. Замовник

№ з/п	Назва стадій та етапів робіт, що виконуються	Чим має завершитись робота	Організація-виконавець
	6.4 Пусконаладжувальні роботи	Проведення заходів щодо: автономного налагодження технічних і програмних засобів; загрузки інформації в базу даних та перевірки системи її ведення; комплексного налагодження всіх засобів системи. Акти приймання монтажних і пусконаладжувальних робіт СКС ЛКМ, системи електроживлення, охоронної та пожежної сигналізації, контуру технологічного заземлення.	
	6.5 Підготовка персоналу	1. Розробка функціональних інструкцій з роботи користувачів перспективної АС на АРМ. 2. Навчальні програми з підготовки користувачів до роботи із системою: ознайомлювальні та інформаційні семінари; навчальні заняття та практикуми. 3. Акт про завершення навчання.	Головний виконавець, Замовник
	6.6 Проведення попередніх випробувань	1. Адаптація системи під конкретну специфіку підприємства. 2. Налаштування й тестування роботи системи 3. Акти та протоколи попередніх випробувань.	Головний виконавець. Співвиконавці. Замовник, НДІ Замовника
	6.7 Проведення дослідної експлуатації	1. Перехід користувачів на роботу в системі. 2. Рішення всіх виникаючих питань. 3. До-настроювання системи по побажаннях користувачів. 4. Акти та протоколи дослідної експлуатації.	
	6.8 Проведення приймальних випробувань	1. Акти та протоколи приймальних випробувань. 2. Передача в промислову експлуатацію.	
7	Стадія: Супроводження АС (згідно з вимогами ГОСТ 34.601-90)		
	7.1 Виконання робіт на об'єкті автоматизації відповідно до гарантійних зобов'язань.	Підтримка, супровід, доробка за побажаннями користувачів, надання нових версій програмного забезпечення системи тощо.	Головний виконавець. Співвиконавці.
	7.2 Післягарантійне обслуговування		

4.2 Склад і функціональна структура перспективної АС

Як основний інструмент інформаційної діяльності будь-яка АС, як видно з таблиці 4.1, повинна створюватись як єдиний комплекс. Враховуючи таке вона повинна поєднувати такі структурні елементи (рис. 4.1) [122–126]:

1) аналітичний блок (комплексну модель, що поєднує алгоритми і методики вирішення відповідних задач розв'язувальної діяльності);

2) інформаційний фонд – джерело інформаційного забезпечення роботи комплексної моделі за напрямками формування:

- інформаційної бази для настроювання ідентифікації моделі;
- бази даних вхідної інформації для вирішення поставлених завдань;
- бази даних нормативно-довідникової інформації;
- бази даних вихідної інформації з результатами розрахунків;

3) ситуаційний центр (СЦ) для аналітиків і осіб, що приймають управлінські рішення, призначений для:

постійного відстеження, аналізу та структурування інформації, а також її висвітлення на колективних та індивідуальних засобах відображення;

колективного обговорення ситуації (проблеми), прогнозування та моделювання можливого розвитку подій у надзвичайних і кризових ситуаціях, розробки можливих варіантів рішень тощо;

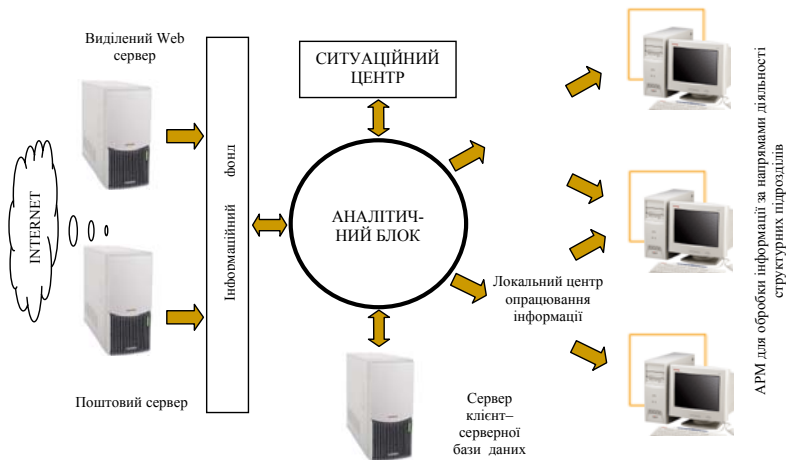


Рис. 4.1. Структурна схема перспективної АС

4) інформаційно-комунікаційний центр, що забезпечує виконання функцій управління корпоративною комп'ютерною мережею, взаємодію користувачів як між собою, так і з зовнішніми інформаційними ресурсами, функціонування систем електронного обміну повідомленнями з використанням системи Internet Mail та телекомунаційної системи;

5) локальні центри опрацювання інформації, які використовуються для: пошуку, добування, збору, накопичення, зберігання, автоматизованої обробки за заданими алгоритмами, аналізу та видачі у встановлені терміни інформації користувачам за їх запитом у вигляді, зручному для виконання визначених задач розвідувальної діяльності тощо;

6) індивідуальні центри опрацювання інформації – АРМ та РСт користувачів [127–129], а саме: АРМ фахівців-аналітиків, АРМ повсякденної діяльності, АРМ комплексу засобів автоматичного зв'язку і передачі даних, АРМ системних операторів, АРМ адміністраторів безпеки, АРМ адміністраторів БД тощо;

7) мережеве середовище, а саме кабельне обладнання, мережеві апаратні та програмні засоби тощо;

8) прикладні ІТ технології – програмно-апаратні комплекси (ПАК), що автоматизують процеси управління інформаційною діяльністю, здійснюють їх контроль і підвищують їх ефективність та на сучасному етапі розвитку науки і техніки класифікуються на:

- типові (призначені для використання широким колом користувачів);
- функціональні (призначені для автоматизації технологічних процесів роботи структурних підрозділів);
- інформаційні (призначені для формування та ведення централізованих інформаційних ресурсів і організації доступу до даних);

9) засоби управління: конфігурацією (шляхом забезпечення контролю за змінами у ПЗ, його встановлення, налагодження і розповсюдження мережею, управління маршрутами передачі даних тощо), розподіленням мережевих ресурсів (шляхом ведення БД працездатності мережі, контролю швидкостей каналів зв'язку, коригування наданням ресурсів тощо), обробкою відмов (шляхом забезпечення контролю працездатності усіх мережевих засобів, локалізації відмов та відновлення робочого стану засобів), обліком (шляхом збирання і аналізу даних, а також складання звітів з питань використання мережі), топологією (шляхом надання можливості аналізу фізичної та логічної структури мережі) тощо.

При цьому проектування конфігурації перспективної АС має проходити через три основних етапи (рис. 4.2):

- визначення вимог до корпоративної мережі установи в цілому;
- аналіз альтернативних конфігурацій перспективної АС;
- синтез альтернативних конфігурацій перспективної АС.

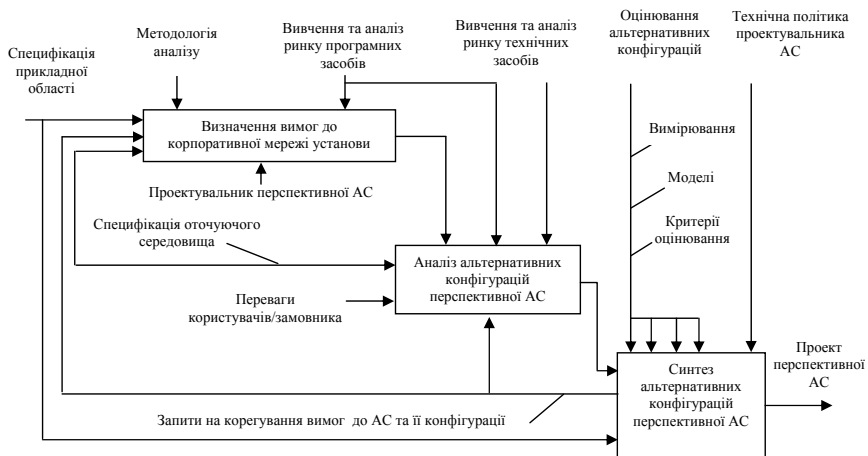


Рис. 4.2. Функціональна модель проектування конфігурації перспективного АС

З функціональної точки зору перспективна АС має розглядатися як система, яка складається з ряду взаємозалежних функціональних елементів – підсистем та їх окремих компонент (рис. 4.3), що орієнтовані на виконання відповідних функцій шляхом розв'язання певного комплексу завдань [130] та створюватись на базі розширеної мережі “клієнт-серверної” архітектури з використанням професійної термінальної клієнтської частини. При цьому головними підсистемами АС, згідно з [122] мають бути підсистеми добування інформації з відкритих і відносно відкритих джерел, інформаційно-аналітичної роботи, планування та управління силами і засобами, комплексного захисту інформації в системі, – тобто функціональні підсистеми основного призначення, а також підсистеми обслуговування і забезпечення, одним з елементів яких має бути, наприклад, блок так званого системного адміністрування (забезпечує вибірковий доступ користувачів до інформації та БД, а також дієздатність СПЗ і ЗПЗ АРМ комплексу тощо).

Під компонентами перспективної АС розуміють, як правило [130], елементи засобу забезпечення, що виконуватимуть визначені функцію в тій або іншій підсистемі. Враховуючи таке до складу технічних і програмних засобів системи повинні входити об'єктно-орієнтовані компоненти технічного та інформаційно-методичного забезпечення, а також обслуговуючі компоненти організаційного і нормативно-правового забезпечення. При цьому, наприклад, технічний компонент повинен включати: засоби обчислювальної техніки – сервери, АРМ (РСт), засоби відображення, кодування та захисту інформації; мережеве обладнання та периферійні пристрої; структуровану кабельну систему тощо. Найдоцільніші варіанти можливих технічних рішень щодо створення перспективного АС та їх стисла характеристика надані у табл. 4.2.

Варіанти подані у порядку зниження ступеня їх придатності та можливостей подальшого ефективного розширення системи. Таким чином, характеристики зазначених технічних засобів перспективного АС повинні забезпечити:

- створення необхідної конфігурації ПАК системи та їх спільне і взаємопов'язане функціонування;
- виконання функцій з передачі, збереження та обробки інформації;
- реалізацію мережевого принципу побудови АС та концепції розподіленої обробки інформації;
- формування, зберігання, оновлення і відбудову БДн (БЗн) системи тощо.

Інформаційно-методичний компонент повинен включати в себе компоненти лінгвістичного, математичного, програмного, методичного та інформаційного забезпечення. При цьому, наприклад, компонент лінгвістичного забезпечення повинен включати термінологічні словники, правила формалізації даних, а також

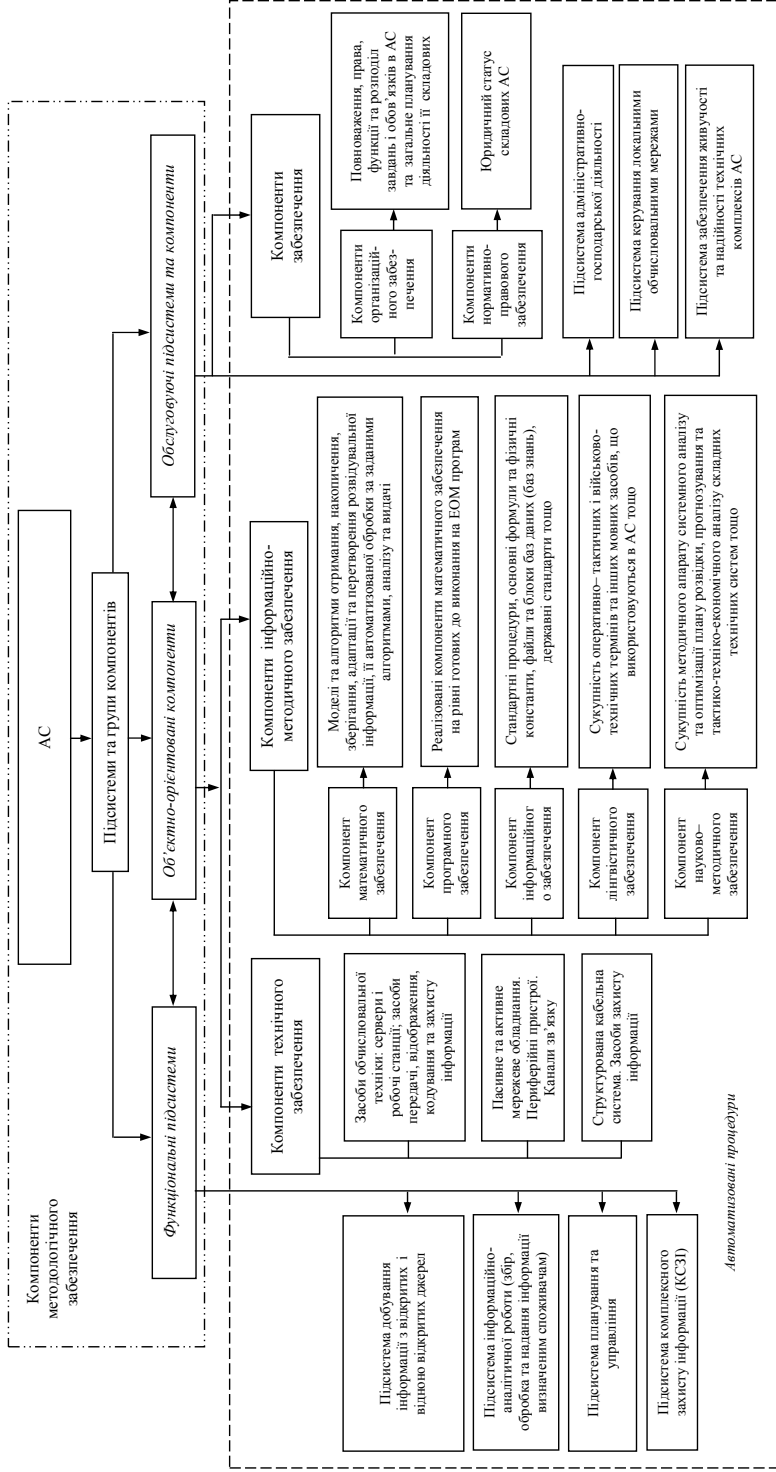


Рис. 4.3. Взаємозв'язок підсистем та компонент перспективного АС

засоби діалогової взаємодії посадових осіб із засобами автоматизації. Компонент математичного забезпечення має складатися з загального і спеціального математичного забезпечення (математичних методів, моделей, процедур та алгоритмів).

Таблиця 4.2

Варіанти можливих технічних рішень створення перспективного АС та їх стисла характеристика	
Варіант рішення	Особливості реалізації
<p>“Клієнт-серверне” рішення на базі тонкого (“супертонкого”) клієнта. Орієнтація на послідовне ієрархічне нарощування інформаційно-керуючих можливостей, смності та кількості користувачів.</p>	<p>Застосування “тонких” клієнтів дозволяє знизити вартість підтримки та модернізації настільних обчислень у цілому на 75%. Дозволяє в (ході розширення системи) використовувати кілька серверів, розподіляючи при цьому навантаження між серверами (load balancing). Можна використовувати відповідний додаток, навіть якщо один із серверів у мультипроцесорній конфігурації тимчасово недоступний. Дозволяє здійснити керування доступом до додатків і документів, забезпечує перегляд і керування організаційною структурою, керування користувальницькими сесіями й безпосередньо здійснює: керування безпекою; відновлення і керування станом додатків; запуск додатків і механізмів їхнього відображення; керування сесіями користувачів; оптимізацію часу, затрачуваного на активізацію клієнта і запуск додатків на будь-яких мережевих з’єднаннях. Дає можливість зменшити вартість розпечатування (за рік, у перерахуванні на один лист – у 3–10 разів).</p>
<p>Реалізація технології “клієнт-сервер” на базі типової універсальної ПЕОМ як клієнта.</p>	<p>Збільшуються необхідні витрати, знижується сумарна продуктивність системи у зв’язку з необхідністю постійного моніторингу обміну між сервером та клієнтами, а також усіх проміжних і остаточних результатів на предмет “вірусної чистоти”. Збільшуються працевтрати на супровід та реінсталяцію програмного забезпечення</p>
<p>Закупівля визначеної кількості побутових комп’ютерів</p>	<p>Потреба в постійній (не рідше одного разу на рік) “повзучої” модернізації в обсязі 20–50% від вихідної вартості у зв’язку із збільшенням мінімальних вимог з боку операційної системи та природним моральним старінням комп’ютерів і локальних пристроїв.</p>

Компонент ПЗ повинен включати:

1) загальне програмне забезпечення (ЗПЗ) – ОС АРМ користувачів, мережеві ОС ЛОМ, операційні платформи серверів, СУБД, текстові процесори для забезпечення створення і редагування спеціальних документів (звітів, доповідей, електронних таблиць тощо), графічні редактори для підготовки ілюстративних документів (матеріалів), а також інші прикладні програмні засоби реалізації додаткових функцій; утиліти для обслуговування системи та АРМ (архіватори, драйвери зовнішніх пристроїв тощо), програми, що реалізують математичні моделі (процедури) та алгоритми;

2) спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) – програмно-апаратні засоби, що дозволять вирішувати специфічні задачі управління, які не можуть бути вирішені програмами ЗПЗ. СПЗ має бути спрямоване на автоматизацію процесів:

добивання інформації (пошуку, збору та реєстрації інформації у зовнішніх масивах відкритої електронної інформації);

обробки інформації (трансформації інформації з різних видів носіїв в електронний вигляд, електронного перекладу документів з мови оригіналу на

державну мову, оперативного забезпечення інформаційної роботи, первинної та функціональної обробки інформації);

збереження, пошуку та розповсюдження інформації (створення і супроводження інформаційних баз даних та систем управління базами даних, підтримки інформаційних рішень, електронного документообігу);

технічного захисту інформації в ІТС;

3) програмну документацію.

Компонент методичного забезпечення в свою чергу повинен включати комплекс методик, що мають бути реалізованими при рішенні визначених інформаційно-розрахункових задач розвідувальної діяльності. Компонент інформаційного забезпечення повинен включати:

відомості (характеристики, права доступу тощо) про користувачів;

систему форм та шаблонів електронних документів;

системи класифікації та кодування інформаційних об'єктів;

розподілені бази даних (бази знань) електронних документів;

колективні сховища гіпертекстових сховищ;

системні та інші журнали, що необхідні для відслідковування та контролю етапів функціонування системи;

індивідуальні та колективні сховища повідомлень електронної пошти.

При цьому сукупність упорядкованої інформації, використовуваної при функціонуванні системи, називається її інформаційним фондом. Він має включати позамашинну (бази даних і бази знань вхідної та вихідної інформації), а також внутрішньомашинну (базу для настроювання ідентифікації комплексної моделі АС) інформаційні бази. Метою формування інформаційного фонду є створення відповідних умов для підвищення ефективності діяльності відповідних органів розвідки шляхом інтеграції і централізованого управління інформаційними ресурсами у єдиному програмно-технологічному середовищі.

Головними принципами, з урахуванням яких повинне розроблятися інформаційне забезпечення, мають бути принципи:

1) сумісності систем класифікації, кодування і документації всіх підсистем АС з Єдиною системою класифікації та кодування;

2) незалежності від застосованих в АС технічних засобів;

3) можливості реплікації необхідної підмножини загальнодержавних і відомчих класифікаторів для різних класів користувачів;

4) одноразового введення даних в обчислювальні засоби АС та їх багаторазового використання;

5) структуризації баз даних.

Інформаційне забезпечення повинне здійснюватися через розподілений БнД перспективного АС, що має бути складовою частиною, наприклад, інтегрованого БнД силових та/або інших міністерств і відомств України. Організаційна та нормативно-правова компоненти перспективного АС повинні включати: базу даних нормативно-правових актів законодавства України, силових та інших міністерств і відомств; розподіл повноважень, прав, завдань та обов'язків між задіяними структурними підрозділами; порядок загального і різних видів спеціального планування; режимні правила та обмеження згідно чинного законодавства тощо.

4.3 Головні фази життєвого циклу документів в АС

В умовах сучасної ринкової економіки важливою складовою розвитку високотехнологічних галузей виробництва стало саме їх всебічне інформаційне забезпечення. До нього пред'являються, як правило, вимоги щодо [131-133]:

якості (стислість і чіткість формулювань, своєчасність надходження);

цілеспрямованості (задоволення конкретних потреб);

точності та вірогідності (правильний відбір початкових матеріалів та відомостей, безперервність їх збору та обробки, оптимальність систематизації інформації та її доведення/передавання).

У діяльності державних структур, що представляють собою комплекси з великої кількості повсякденно зв'язаних і взаємодіючих підрозділів, саме точність і вірогідність інформаційного забезпечення відноситься до першорядних і неодмінних факторів їх нормального функціонування. Вони забезпечуються за рахунок матеріальних носіїв з використанням сучасної ЕОТ та технічних засобів телекомунікацій. При цьому під матеріальними носіями інформації, яка певним чином фіксується, розуміють документи, що в процесі свого життєвого циклу проходять такі визначені стадії та етапи, як (рис. 4.4):

“народження” документа: створення його першої версії (в електронній формі);

рецензування першої версії: рух документа по маршруту узгодження;

зміна документа, створення наступної, виправленої версії;

рецензування виправленої версії: узгодження і затвердження;

роздрукування та підписання документа (початок паперової фази життєвого циклу), введення документа в дію (відправлення адресатові);

реєстрація і зберігання паперового документа в період його дії, контроль доступу до документа;

організація зберігання та контроль доступу до електронного образу діючого документа;

автоматичний контроль терміну дії, вказівка місця зберігання паперового оригіналу;

по закінченні терміну дії: переклад паперового оригіналу і його електронного образу на архівне зберігання: створення електронного архіву документів;

забезпечення доступу до електронного архіву;

автоматизація обліку видачі на руки паперових оригіналів;

автоматичний контроль строків зберігання архівних документів;

підготовка оригіналів до знищення після закінчення строків зберігання.



Рис. 4.4. Головні етапи життєвого циклу документа

Рух документів здійснюється у вигляді потоків, що циркулюють між пунктами обробки інформації та власне пунктами технічної обробки документів. Відносно до апарата управління розрізняють, як правило, такі документопотоки: вхідні (що надходять); вихідні (що відправляються); внутрішні (що створюються в установі й не виходять за її межі).

Нажаль сучасний документ не підпорядковується постійно зростаючим життєвим потребам та суворим правилам життєвого ритму, що з року в рік суттєво прискорюється. Це пояснюється такими притаманними документу властивостями, як: можливістю губитися, зникати, не виконуватися у строк, «вмирати» в архівах тощо. Одним з очевидних шляхів заставити документ «йти за правильним напрямком», звівши при цьому до мінімуму людський фактор, є автоматизація їх

руху та процесів їх опрацювання в пунктах обробки, а саме:

введення інформації в систему;

колективну роботу з документами;

зберігання інформації, а також навігацію, пошук і фільтрацію документів;

виведення інформації з системи.

Функціональна схема зазначених процесів подана на рис.4.5.

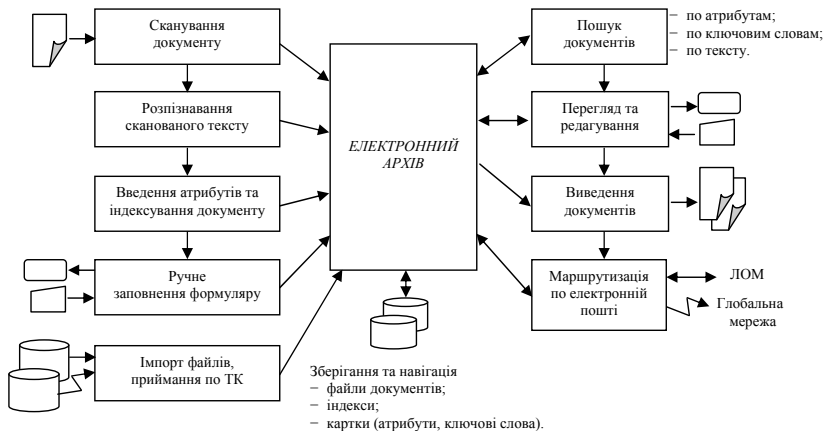


Рис.4.5. Функціональна схема автоматизації управління електронними документами

Їх головною складовою є введення даних до системи. Одним із способів реалізації цього процесу є сканування документів з їх наступним збереженням у вигляді графічних образів, переведенням останніх до текстового вигляду та подальшим виправленням помилок, що виникли під час розпізнавання. Процедура введення даних супроводжується при цьому класифікацією документів шляхом надання їм атрибутів і ключових слів, анотуванням їхнього змісту та проведенням повнотекстового індексування. Важливе значення для організації життєвого циклу документів та ефективного управління ними мають також методи зберігання інформації, навігації, пошуку та фільтрації документів, що приведені у таблиці 4.3.

Організація та автоматизація в структурних підрозділах установи колективної роботи з документами будується на технологіях *groupware* та *workflow*. Перший різновид технологій (*groupware*) орієнтований на невеликі робочі групи та характеризується підтримкою виконання одного колективного завдання й відсутністю структуризації в організації робіт. Підтримка обмежується забезпеченням колективного доступу до інформації за допомогою різних методів, а саме: мережевого доступу до файлів і бази даних; локальної і глобальної

електронної пошти; перегляду та інтерпретації гіпертексту (гіпермедіа) тощо. Технології класу *workflow* служать для автоматизації документообігу в середніх і великих установах. Для них характерна: підтримка багатокористувальницької роботи з декількома завданнями одночасно; чітка структуризація виконання робіт по ролям і документам з обов'язковим контролем їх виконання.

Таблиця 4.3

Схеми зберігання інформації та методи навігації, пошуку і фільтрації документів.		
Схема зберігання	Навігація	Пошук і фільтрація
Файлова система	Каталоги й папки	По іменах і параметрах файлів
Поштові скриньки	Особисті й колективні папки	По атрибутах і тексту повідомлення
База документів (<i>Lotus Notes</i>)	Сторінки, бази документів і категорії	По атрибутах і тексту повідомлення
Бібліотеки документів	Проекти (папки)	По атрибутах, ключових словах і тексту
Гіпертекст	Гіперпосилання	По гіпертексту
Текстова база даних	Таблиці й подання	По атрибутах і тексту
Універсальна база даних	Таблиці й подання	По атрибутах

Як видно з викладеного вище з моменту підписання і до моменту знищення паперового оригіналу, документ існує одночасно у двох «агрегатних станах»: у вигляді оригіналу та у вигляді його електронного образу. Тобто життєвий цикл розпаралелюється. У момент закінчення терміну дії документа, його оригінал повинен бути переведений в архівне сховище, а його образ – в електронний архів. По закінченні термінів архівного зберігання оригінал знищується, а його образ може продовжувати життя. При цьому обробка інформації, що міститься у документах базується на методах і засобах офісної автоматизації, а її виведення здійснюється шляхом розпечатування останніх, публікації їх на *Web*-серверах, у загальних поштових папках та електронних дошках оголошень або розсилання по телекомунікаціях.

4.4 Якість АС, як узагальнена властивість їх відповідності цільовому призначенню

Таке поняття як якість сприймається і визначається нині здебільшого порізному. Якщо його філософське трактування поширюється на матеріальний світ й охоплює всю сукупність властивостей продукції, то визначення якості, яке приводять у діючих нормативно-методичних документах [134–136] (сукупність властивостей і характеристик виробу або послуги, що відносяться до його здатності задовольняти встановлені або передбачувані потреби), – орієнтовано лише на застосування цього поняття стосовно певного виду продукції. Як узагальнена властивість АС якість не в змозі охарактеризувати ступінь відповідності системи її цільовому призначенню. Тому для

характеристики рівня якості АС, як і будь-якої складної технічної системи вводяться показники її окремих властивостей і якості АС в цілому.

В цьому сенсі показник – це особливого виду поняття, що виражає кількісну сторону явищ, процесів і об'єктів матеріального світу в єдності з їх якісною визначеністю. За своїм характером показники можуть бути як кількісними, так і якісними. Показник називають кількісним, якщо його значення має сенс порівнювати, указуючи, на скільки або у скільки разів одне його значення більше (менше) іншого. Кількісний показник завжди характеризується кількісною величиною (числом) і тому його ще називають числовим показником. Показник називають якісним, коли його значення описуються словесно і по них можна тільки судити про те, чим одне значення показника відрізняється від іншого. Якісний показник формально можна перевести в числовий (але не кількісний), приписавши його словесно описаним значенням деякі числа. Властивість, як об'єктивну особливість АС можна також описувати як кількісно, так і якісно. Залежно від властивостей, що характеризують АС, виділяють декілька груп показників експлуатаційних якостей продукції, класифікація яких показана в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Класифікація груп показників якості	
Ознаки, що характеризують АС	Група показників якості
Мета та область застосування	Призначення
Пристаювання виробу до експлуатації і збереження працездатності	Живучості і стійкості до зовнішніх впливів
	Ергономічні та технічної естетики
	Надійності
	Зручності технічного обслуговування, ремонту та зберігання
	Транспортабельності
	Безпеки
Рациональність техніко-економічних рішень у виробі	Скритності і маскуванія
	Стандартизації і уніфікації
	Технологічності
	Конструктивні
	Економічні

Показники призначення характеризують властивості АС, що визначають основні функції, для виконання яких воно призначено і обумовлюють область його застосування. Показники призначення поділяють на класифікаційні, функціональні, технічні та конструктивні групи, а також на показники складу і структури. *Показники живучості* – показники якості, що характеризують здатність АС виконувати свої функції при ушкодженнях і аварійних ситуаціях. *Показники стійкості до зовнішніх впливів* характеризують здатність АС зберігати працездатність при зовнішніх впливах та впливах природного середовища. Вибір номенклатури показників стійкості до зовнішніх впливів здійснюється за ГОСТ В 21964-76. *Ергономічні показники* [137] – показники якості, що характеризують

приспосованість АС до експлуатації людиною. *Показники технічної естетики* – показники, що характеризують композиційну цілісність, інформаційну виразність, раціональність форми і культуру виробничого виконання АС. Класифікація груп показників технічної естетики показана в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Показники технічної естетики	
Група показників	Показники
Інформаційної виразності	Знаковості
	Оригінальності
	Стильової відповідності
	Відповідності моді
Раціональності форми	Функціонально-конструктивної обумовленості
	Ергономічної обумовленості
Цілісності композиції	Організованості об'ємно-просторової структури
	Тектонічності
	Пластичності
	Упорядкованості графічних і образотворчих елементів
	Колориту і декоративності
Досконалості виробничого виконання і стабільності товарного виду	Чистоти виконання контурів і сполучень
	Ретельності покриттів і обробки
	Чіткості виконання фірмових знаків і супровідних документів
	Стійкості до ушкоджень

Показник надійності – кількісна характеристика однієї або декількох властивостей, що складають надійність певного виробу. Вибір номенклатури показників надійності здійснюють на основі класифікації виробу за ознаками, які характеризують його призначення за: наслідками відмов і результатами досягнення граничного стану, особливостями режимів використання тощо. Класифікація груп показників надійності [138] подана на рис. 4.6.

Показники зручності технічного обслуговування, ремонту і збереження – показники якості, які характеризують властивості АС, що обумовлюють потрібні витрати матеріалів, засобів, праці і часу, а також необхідну кваліфікацію обслуговуючого персоналу при технічному обслуговуванні, ремонті і збереженні виробу. Прикладами показників зручності технічного обслуговування, ремонту і збереження можуть бути: коефіцієнт технічного використання виробу; питома трудомісткість підготовки виробу до функціонування; питома трудомісткість технічного обслуговування виробу; відносна трудомісткість ремонту виробу; відносна трудомісткість збереження виробу; обсяг і періодичність технічного обслуговування виробу; час підготовки виробу до використання за призначенням у різних умовах.

Показники транспортабельності – показники якості, що характеризують приспосованість АС до переміщення. Прикладами показників транспортабельності можуть бути: припустимі дальність, швидкість, висота транспортування виробу; середня тривалість підготовки виробу до транспортування; середній час установки виробу на засіб транспортування

(залізничну платформу, автомобіль, літак, корабель і т. і.); середній час приведення виробу в стан бойової готовності після транспортування; середні енергетичні витрати транспорту, необхідні для транспортування виробу на визначену відстань; коефіцієнт заповнення обсягу засобів транспортування.

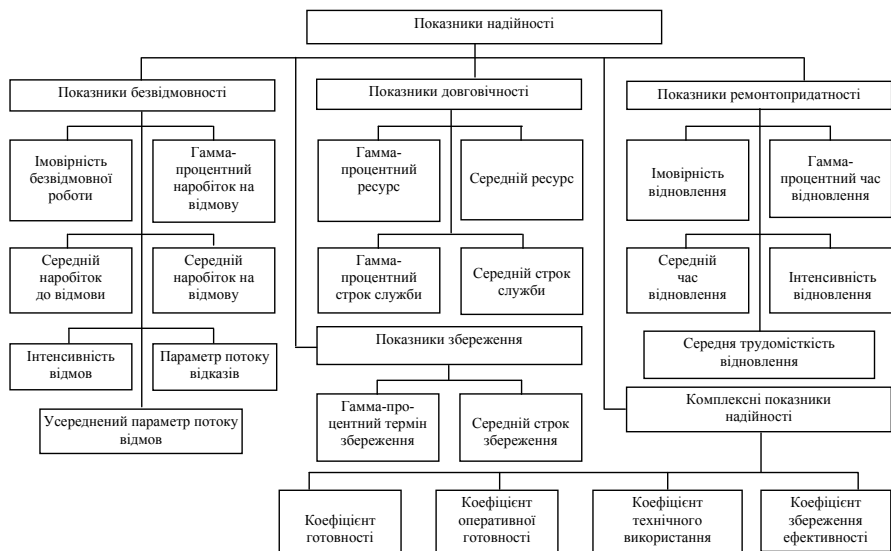


Рис. 4.6. Класифікація груп показників надійності

Показники безпеки – показники якості, які характеризують конструктивно-технічні особливості АС, що обумовлюють безпеку особового складу, сполучаємих та інших об'єктів, а також природного середовища на всіх етапах експлуатації виробу. Прикладами показників безпеки можуть бути: імовірність випадків, у яких наноситься збиток здоров'ю людини; імовірність ушкодження виробом об'єкта, що сполучається; час спрацьовування аварійної сигналізації; час спрацьовування системи герметизації; температурна межа, що забезпечує включення засобів пожежегасіння; можливість захисту від несанкціонованого застосування (вибуху); електрична міцність ізоляції струмоведучих частин, з якими можливе зіткнення людини; можливість захисту від радіації при роботі на зараженій місцевості.

Показники скритності і маскуванія – показники якості, що характеризують пристосованість АС до приховування (помилкової імітації) своєї дислокації, призначення, складу, структури і параметрів виробу від усіх видів розвідки. Прикладами показників скритності і маскуванія можуть бути: імовірність виявлення виробу технічними засобами виявлення; середній час виявлення виробу; рівень демаскуючих випромінювань виробу; рівень активних (пасивних) перешкод;

максимальна дальність виявлення виробу.

Показники стандартизації та уніфікації характеризують рівень стандартизації, внутрішньо проектної і міжпроектної уніфікації АС.

Показники технологічності [139, 140] – показники якості, які характеризують властивості АС, що обумовлюють оптимальний розподіл витрат матеріалів, засобів, праці і часу при технологічній підготовці виробництва і виготовленні виробу. Показники технологічності поділяють на показники трудомісткості, матеріалоемності та собівартості.

Конструктивні показники характеризують конструктивні особливості АС, що обумовлюють можливість реалізації у виробі комплексу його функціональних властивостей. Прикладами конструктивних показників можуть бути масогабаритні розміри, приєднувальні розміри, настановні розміри, коефіцієнт використання корисного об'єму, кількість найменувань кріпильних елементів у виробі тощо.

Економічні показники – показники, що характеризують витрати на розробку, виготовлення й експлуатацію АС, а також економічну ефективність його експлуатації.

При створенні комплексної системи якості необхідно, насамперед, виходити з цілей, які ставляться при її створенні. При цьому доцільно враховувати, що показники якості АС, які входять до комплексної системи носять відносний характер. Це обумовлюється тим, що:

по-перше, установлені і передбачувані потреби можуть згодом мінятися (те, що вчора нас задовольняло – сьогодні може бути неприйнятним);

по-друге, поняття “якості продукції” може бути застосоване до будь-якого етапу або ряду етапів “спіралі якості”;

по-третє, поняття “рівень якості продукції” може використовуватися лише для кількісної характеристики якості (його значення визначається шляхом порівняння показників якості оцінюваної продукції з показниками якості базового зразка).

Розглядаючи систему якості як сукупність організаційних структур, методик і ресурсів, необхідних для здійснення загального управління якістю АС, слід зазначити її внутрішню спрямованість. Тобто, вона повинна бути складовою частиною системи управління організації та має створювати у керівництва організації і (або) у споживачів впевненість в тім, що АС відповідатиме встановленим вимогам до її якості. При цьому масштаб системи якості повинен відповідати завданням організації в області якості, а витрати на її створення і функціонування не повинні перевищувати “позитивного ефекту” від експлуатації або споживання АС. Враховуючи таке при розробці системи якості АС особлива увага має бути приділена завданням щодо її забезпечення, її поліпшення та управління нею.

4.5 Технологія оцінювання рівня якості програмних засобів АС та супутньої ним програмної (програмно-технологічної) документації

На сучасному етапі розвитку програмування необхідність подальшого вдосконалення теоретичних основ оцінювання якості програмних засобів (ПЗ) не викликає жодного сумніву. Це зв'язано з:

по-перше, постійним нарощуванням складності ПЗ, що, як правило, веде до збільшення числа вихідних помилок у тексті програми, яке відповідно знижує її якість;

по-друге, великим розмаїттям ПЗ, які мають подібне функціональне призначення, що створює тверду конкуренцію на ринку програмної продукції.

Відомо, що останнім часом всю сукупність ПЗ, практично використовуваних у АС, за їх цільовим призначенням можна умовно розділити на шість основних класів, а саме на ПЗ, що реалізують функціональні задачі і підсистеми АСУ (ПЗ АСУ), ПЗ з організації й ведення баз даних (ПЗ СУБД), ПЗ з організації обчислювального процесу (налагодження, управління, сервісу, інформаційної і програмної сумісності тощо) (ПЗ ООП), ПЗ, що реалізують науково-технічні розрахунки (ПЗ НТР), ПЗ інформаційно-пошукових (ІПС) та інформаційно-аналітичних систем (ПЗ ІАС) та інші ПЗ (ПЗ).

Враховуючи таке вирішення завдання вибору серед них найбільш раціональних засобів, які адекватно відбивають потреби потенційних і реальних клієнтів (користувачів) можливо, як відомо [141-143], лише за умови якщо встановлені повні, однозначні та верифіковані вимоги до ПЗ, що відбивають його споживчі властивості, сформований план забезпечення якості ПЗ, включаючи методи та критерії контролю його якості на всіх етапах розробки, а також визначені часові та інші ресурси для підготовки та проведення випробувань остаточної версії ПЗ та його компонентів. Структурна схема цього процесу з позицій порівняльного оцінювання ПЗ однакового функціонального призначення наведена на рис. 4.7.

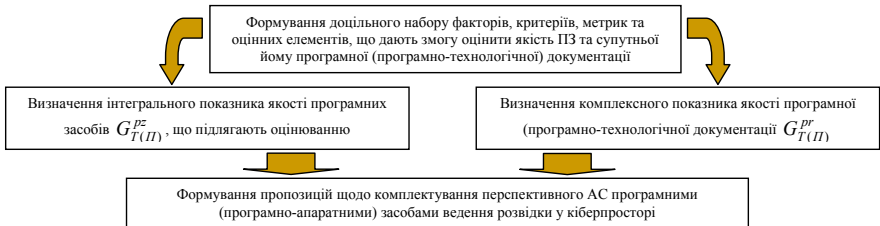


Рис. 4.7. Структурна схема порівняльного оцінювання ПЗ

Його *першим кроком* є формування доцільного набору факторів (інколи

функцій), критеріїв, метрик та оцінних елементів ПЗ, що певним чином характеризують властивості того чи іншого ПЗ та необхідні для комплексного оцінювання його якості. Зважаючи, що ПЗ схематично можуть бути описані надто великим числом критеріїв якості (як правило, не менш двохсот) поступаво постала потреба у необхідності формування наукових основ забезпечення високої або заданої якості результуючого програмного продукту. При цьому в технології програмування виділилася самостійна галузь, пов'язана з розробкою методів і засобів створення правильних, надійних, ефективних і зручних для супроводу програм, що одержала назву метричної теорії програм або метрології програмного забезпечення. Її основним завданням стало об'єктивне вимірювання якості програм за заданим критерієм якості на основі кількісних показників (метрик) і методів одержання значень цих показників.

Нині у розвитку метричної теорії програм [144–149] можна виділити сім основних напрямків:

метрики, що призначені для оцінки технологічної складності програмних модулів, взаємозв'язку модулів для організації тестування й підтримки модулів у працездатному стані, а також для проблемної мінімізації потоків інформації між модулями;

метрики, що призначені для оцінки надійності програмного забезпечення, спрямовані на прогнозування відмов й подібних ситуацій при виконанні програм, які виникають внаслідок програмних помилок, не виявлених при тестуванні й випробуваннях, перекручування вихідних даних або ж перекручування даних у процесі їхнього нагромадження й зберігання в машині;

метрики, що призначені для оцінки трудомісткості програмних обчислень, націлені на аналіз продуктивності програмного забезпечення, підвищення його ефективності шляхом локалізації й усунення в програмах помилок продуктивності, допущених у процесі проектування, а також фінансових розрахунків витрат на реалізацію програм;

метрики, що спрямовані на розвиток мовних засобів програмування й підвищення якості трансляції;

метрики, що призначені для виміру труднощів сприйняття й розуміння програмних текстів, орієнтовані на оцінку психологічних факторів, істотних для супроводу й модифікації програм;

метрики, призначені для оцінки продуктивності праці програмістів, більше точного прогнозування строків створення програм і планування робіт з виробництва програмних комплексів;

комплексні метрики, що націлені на одержання узагальнених характеристик якості програм по ряду критеріїв.

Відомо, що програмний засіб, як і будь-який промисловий виріб, створюється з конкретною метою. У найбільш загальному виді ця мета формулюється як перетворення варійованих вихідних даних у відшукований результат. Програмний засіб у конкретних умовах задає процес такого перетворення. При цьому під якістю програмного засобу відповідно до визначення терміна “якість продукції” [150] прийнято розуміти сукупність властивостей і показників, що визначає корисність ПЗ в задоволенні потреб користувачів відповідно до функціонального призначення й пропонованих вимог. Ступінь значимості кожного окремого показника якості ПЗ є відносною мірою важливості й необхідності обліку та контролю якості даного показника в процесі розробки програмних засобів. Значення цієї міри визначається наступними основними факторами:

- цільовим призначенням ПЗ;
- використовуваною мовою програмування;
- особливостями структури побудови ПЗ;
- кваліфікацією розробників й організацією процесу розробки ПЗ;
- особливостями процесу експлуатації й ін.

Таким чином можна стверджувати, що поняття якості ПЗ – багатопланове й може бути виражене адекватно тільки деякою структурованою системою характеристик або атрибутів. Така система характеристик називається моделлю якості. Першою широко відомою моделлю якості ПЗ стала модель, запропонована у 1977 році Макколом й іншими [151]. У ній характеристики якості розділені на три групи: фактори (factors), що описують ПЗ з позицій користувача та які задаються відповідними вимогами; критерії (criteria), що описують ПЗ з позицій розробника та які задаються як мета роботи; метрики (metrics), які використовуються для кількісного опису й вимірювання якості. Фактори якості (Макколом було виділено 11 факторів) групуються в три групи залежно від способів роботи людей з ПЗ.

Критерії якості – це числові рівні факторів, поставлені як мета при розробці. Об’єктивно оцінити або виміряти фактори якості безпосередньо досить важко. Тому, Маккол увів метрики якості, які з його погляду легше вимірювати та оцінювати. До них належить:

- зручність перевірки на відповідність стандартам (auditability);
- точність управління і обчислень (accuracy);
- ступінь стандартності інтерфейсів (communication commonality);
- функціональна повнота (completeness);

однорідність використовуваних правил проектування і документації (consistency);

ступінь стандартності форматів даних (data commonality);

стійкість до помилок (error tolerance);

ефективність роботи (execution efficiency);

розширюваність (expandability);

широта області потенційного використання (generality);

незалежність від апаратної платформи (hardware independence);

повнота протоколювання помилок й інших подій (instrumentation);

модульність (modularity);

зручність роботи (operability);

захищеність (security);

самодокументованість (selfdocumentation);

простота роботи (simplicity);

незалежність від програмної платформи (software system independence);

можливість співвіднесення проекту з вимогами (traceability);

зручність навчання (training).

Кожна метрика впливає на оцінку декількох факторів якості. Числове вираження фактора являє собою лінійну комбінацію значень метрик, що впливають на нього. Коефіцієнти цього вираження визначаються по-різному для різних організацій, команд розробки, видів ПЗ, використовуваних процесів і т.п. В 1978 році Боєм [152, 153] запропонував свою модель, що власне кажучи представляла собою розширення моделі Маккола. У ній атрибути якості підрозділяються по способу використання ПЗ (primary use). Боємом було визначено 19 проміжних атрибутів (intermediate construct), що включають всі 11 факторів якості по Макколу. Проміжні атрибути розділяються на примітивні (primitive construct), які, у свою чергу, можуть бути оцінені на основі метрик. На додаток до факторів Маккола атрибути якості по Боєму включають: ясність (clarity), зручність внесення змін (modifiability), документованість (documentation), здатність до відновлення функцій (resilience), зрозумілість (understandability), адекватність (validity), функціональність (functionality), універсальність (generality), економічна ефективність (economy).

Нині існує декілька визначень якості програмного забезпечення, які в цілому сумісні один з одним [148, 149, 154, 155]. Приведемо найпоширеніші:

визначення ISO: якість ПЗ – це повнота властивостей і характеристик продукту, процесу або послуги, які забезпечують здатність задовольняти заявленим або уявним потребам;

визначення IEEE: якість ПЗ – це ступінь, у якій воно має необхідну комбінацію властивостей.

Кількісна характеристика властивостей ПЗ, ієрархічне дерево яких наведено на рис. 4.8 [156], виражається, як правило, за допомогою відповідних показників якості, які відбивають структуру й значення обраних факторів (критеріїв, метрик, оцінних елементів) і в загальному розумінні діляться на експлуатаційні, конструктивні та економічні.

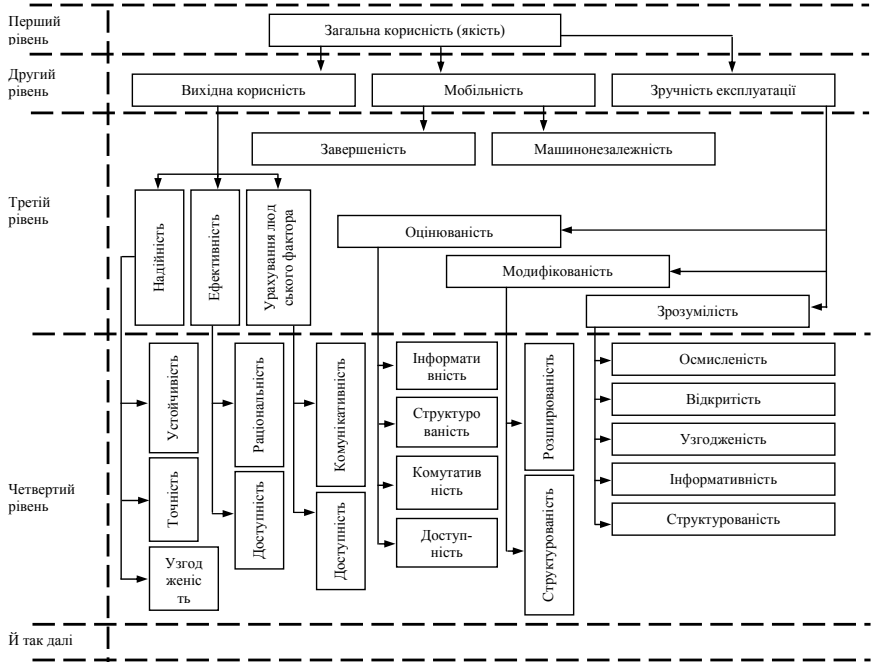


Рис. 4.8. Ієрархічне дерево властивостей програмного забезпечення

Експлуатаційна група показників якості ПЗ включає при цьому показники: функціональності (придатності до застосування, коректності (правильності, точності), інтероперабельності, погодженості, захищеності (безпека));

надійності (коректності, рівня завершеності/відсутності помилок, стійкості до дефектів, відновлюваності, доступності/готовності);

зручності (зрозумілості, ефективності освоєння, ергономічності);

супроводжуваності (простоти аналізу, змінюваності, стабільності, перевіряємості/тестируваності, розширюваності);

ефективності (раціональності за часом та за ресурсами);

переносимості (адаптованості, гнучкості інсталяції, погодженості зі стандартами й правилами, замінюваності, мобільності);

добротності (раціональної організації, продуманості, зрозумілості, непереускладненості).

Група економічних показників якості включає вартість розробки та вартість експлуатації програм. Група конструктивних показників якості ПЗ включає показники складності (характеризує структуру побудови ПЗ, взаємозв'язок її окремих частин), модульності (характеризує ступінь реалізації компонент ПЗ у вигляді модулів з певними обмеженнями й властивостями), структурованості (характеризує ступінь використання в програмі базових керуючих структур структурованого програмування), тестуваності (характеризує ступінь пристосованості програми для організації перевірок правильності її роботи), розмірності (характеризує використання ПЗ ресурсів пам'яті ЕОМ – оперативної й зовнішньої), точності (характеризує розходження між дійсним та обчисленим значенням шуканої величини через погрішності методу, помилки чисельних методів рішення, помилки округлень та помилки, що обумовлені неточністю вихідних даних) та часу реалізації на ЕОМ (характеризує часовий інтервал між моментом надходження деякого набору вхідних дані програми й часом видачі відповідного результату).

Функціональність, надійність, раціональність (ефективність) і ступінь складності є обов'язковими факторами якості ПЗ. Інші фактори використовують залежно від призначення, функцій й етапів життєвого циклу ПЗ, а також від потреб користувачів при його експлуатації. Так, наприклад, при комерційній експлуатації програмного засобу до числа найбільш значимих факторів (критеріїв, метрик, оцінних елементів) якості можна віднести:

- претензії користувачів по неадекватності функціонування ПЗ;
- претензії користувачів до взаємодії ПЗ з іншими ПАК;
- відмови програмного засобу в процесі застосування по призначенню;
- претензії користувачів до вповільненого часу роботи ПЗ і затримкам подання ним проміжної та вихідної інформації;
- претензії користувачів до неповноти відбиття інформації;
- невідповідність збережених даних, інформації, що вводить оператором;
- претензії користувачів до актуальності інформації;
- порушення конфіденційності інформації;
- претензії користувачів до змісту супровідної документації й довідкової системи ПЗ.

Тобто, фактори (критерії, метрики, оцінні елементи) можна розглядати як причину зміни якості програмного засобу, а показники – як наслідок їх впливу.

Враховуючи таке їх вибір і обґрунтування повинні здійснюватися комплексно, залежно від прийнятої системи показників якості, висунутих гіпотез про причини зміни якості програмного засобу, установлених цілей статистичного аналізу й інших причин.

Оцінюванню якості ПЗ присвячені як державні, так і міжнародні стандарти [157–174]. Так, наприклад, ГОСТ 28195-89 [159] та ДСТУ 2850-94 [164] установлюють загальні положення по оцінюванню якості програмних засобів обчислювальної техніки, що поставляють через фонди алгоритмів і програм.

Перше з них регламентує процес оцінки якості програмного засобу, який має здійснюватися на всіх етапах життєвого циклу, а саме при: плануванні показників якості ПЗ; контролі якості в процесі розробки ПЗ; контролі якості на окремих етапах розробки; перевірці ефективності модифікації ПЗ на етапі супроводу.

Друге положення регламентує сукупність операцій з оцінки якості програмного засобу, що включають вибір номенклатури показників якості, визначення значень цих показників і порівняння їх з базовими значеннями.

Третє положення регламентує порядок і термін оцінки якості ПЗ, який проводять фахівці організації: розроблювача – на етапах розробки програмного засобу; фондотримача – на етапах приймання ПЗ у фонд; випробувальних центрів і центрів сертифікації ПЗ – на етапах випробувань і впровадження; розробника – на етапах тиражування ПЗ; користувача – на етапах впровадження, супроводу й експлуатації ПЗ. Четверте положення визначає основні завдання, розв’язувані при оцінці якості ПЗ: планування рівня якості; контроль значень показників якості в процесі розробки й випробувань; експлуатаційний контроль заданого рівня якості; вибір базових зразків по підкласах і групам; методичне керівництво розробкою нормативно-технічних документів по оцінці якості. Таким чином даний ГОСТ визначає ієрархічну структуру, номенклатуру й зміст понять якості програмного засобу. Згідно нього на першому (верхньому) рівні виділені шість основних характеристик – надійність, коректність, зручність застосування, ефективність, універсальність та супроводжуваність, які деталізуються на другому рівні 19 комплексними показниками. На третьому рівні подальша деталізація містить більш ніж 200 оцінних елементів. Ступінь застосування комплексних показників якості, що рекомендують ГОСТ 28195-89 та ДСТУ 2850-94 наведений в табл. 4.6.

У ГОСТ 28806-90 [161] та ДСТУ 2844-94 [162] до загальних характеристик якості ПЗ віднесені функціональність, надійність, зручність використання, ефективність і супроводжуваність. Згідно цих стандартів розрізняють: поняття якості ПЗ при конкретних сценаріях його роботи; поняття внутрішньої якості (розглядає характеристики ПЗ без урахування їх поведіння); поняття зовнішньої якості

(розглядає характеристики ПЗ з урахуванням їх поведіння). У 1991 році в якості стандартної була прийнята модель якості ПЗ по ISO 9126:1991 (ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93) [170]. Ця модель не є прямим розширенням запропонованих раніше. У ній для опису внутрішньої і зовнішньої якості ПЗ використана багаторівнева модель, в якій розглядається:

мета – те, що ми хочемо бачити в ПЗ;

атрибути – властивості ПЗ, що показують наближення до цілей;

метрики – кількісні характеристики ступеня наявності атрибутів.

Таблиця 4.6

Ступінь застосування комплексних показників якості, що рекомендує ГОСТ 28195-89

Комплексний показник	Застосовність показника (так, обмежено, ні, не встановлена)										
	Операційні системи	СУБД	Засоби програмування	ПЗ інтерфейсу й управління комунікаціями	ПЗ організації обчислювального процесу	Сервісні програми	ПЗ обслуговування обчислювальної техніки	Прикладні програми для наукових досліджень	Прикладні програми для проектування	Прикладні програми для керування пристроями й проц-ми	Прикладні програми для рішення економічних завдань
Стійкість функціонування	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Немає	Обм.	Так	Обм.
Працездатність	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Структурність	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.
Простота конструкції	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Обм.
Наочність	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Обм.
Повторюваність	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.
Легкість освоєння	Обм.	Обм.	Обм.	Так	Так	Так	Так	Обм.	Так	Обм.	Обм.
Доступність експлуатаційних та програмних документів	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Зручність експлуатації та обслуговування	Так	Так	Обм.	Так	Так	Так	Так	Немає	Так	Так	Обм.
Рівень автоматизації	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Обм.
Часова ефективність	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.
Ресурсоемність	Так	Так	Так	Обм.	Обм.	Так	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Обм.
Гнучкість	Немає	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Немає	Немає	Немає	Так	Обм.	Обм.
Мобільність	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.
Модифікованість	Так	Так	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Обм.	Немає	Обм.	Обм.	Обм.
Повнота реалізації	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Погодженість	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Логічна коректність	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Перевіреність	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так

Примітка. Обм. - показник має обмежене значення.

У 2001 році стандарт ISO 9126:1991 був переглянутий і розширений. У нього було додано 6 додаткових атрибутів якості: привабливість, як атрибут практичності

й ступінь відповідності стандартам для кожної із цілей, крім функціональності. У 2004 році він взагалі був замінений на дві взаємозалежні серії стандартів: ISO 9126:1-4 – “Якість програмних засобів” [171–174] та ISO 14598:1-6 – “Оцінювання програмного продукту” [167]. У першій частині стандарту ISO 9126-1 приводиться схема взаємозв’язку частин стандарту ISO 9126 і частин стандарту ISO 14598, а також область застосування, нормативні посилання, терміни й визначення. Визначається модель характеристик якості ПЗ та її зв’язок з життєвим циклом. Друга й третя частини стандарту ISO 9126: 2,3 присвячені формалізації відповідно зовнішніх і внутрішніх метрик характеристик якості складних ПЗ. Четверта частина стандарту ISO 9126-4 призначена для покупців, постачальників, розробників, користувачів і менеджерів якості ПЗ. У ній повторена концепція трьох типів метрик, а також анотовані рекомендовані види змін характеристик ПЗ: прямі, непрямі й індикатори властивостей (категорійні). Для опису якості ПЗ стандарт ISO 9126:1-4 пропонує більш вузький набір характеристик: ефективність (effectiveness) – здатність ПЗ надавати користувачам можливість вирішувати їх завдання з необхідною точністю при використанні в заданому контексті; продуктивність (productivity) – здатність ПЗ надавати користувачам певні результати в рамках очікуваних витрат ресурсів; безпека (safety) – здатність ПЗ забезпечувати необхідною низький рівень ризику завдання збитків життю й здоров’ю людей, бізнесу, власності або навколишньому середовищу; задоволення користувачів (satisfaction) – здатність ПЗ приносити задоволення користувачам при використанні.

Перераховані характеристики й атрибути якості ПЗ дають можливість систематично описувати вимоги до нього, визначаючи при цьому які властивості ПЗ по даній характеристиці хочуть бачити зацікавлені сторони. При формуванні вимог до показників якості ПЗ як розробники, так і майбутні користувачі повинні визначитись за такими питаннями:

1) які функції ПЗ повинно виконувати, наприклад: відслідковувати проблемні місця; підтримувати потрібні характеристики автоматизованого процесу виробництва, запобігаючи аварії й оптимальним образом використовуючи наявні ресурси;

2) наскільки ПЗ повинне бути надійним, наприклад: працювати 7 діб у тиждень протягом 24 години на добу; допускається непрацездатність протягом не більше 3 годин у рік; ніякі уведені користувачами дані при відмові не повинні губитися;

3) наскільки дане ПЗ має бути зручним у використанні, наприклад: покупець повинен легко знаходити потрібний йому товар; інженер за певним фахом повинен протягом одного дня розібратися в 80% функцій системи;

4) наскільки дане ПЗ має бути ефективним, наприклад: підтримувати обслуговування до 10000 запитів у секунду; час відгуку на запит при максимальному завантаженні не повинен перевищувати 3 с; час реакції на зміну параметрів процесу виробництва не повинен перевищувати 0.1 с; на обробку одного запиту не повинно витратитися більше 1 MB оперативної пам'яті;

5) наскільки зручним має бути супровід даного ПЗ, наприклад: додавання в систему нового виду запитів не повинно вимагати більше 3 людино-днів; додавання підтримки нового процесу виробництва не повинно займати більше 24 людино-місяців;

6) наскільки дане ПЗ повинне бути переносиме й замінне, наприклад, ПЗ повинно: працювати на ОС Linux, Windows XP й MacOS X; працювати з документами у форматах MS Word 97 й HTML; зберігати файли звітів у форматах MS Word 2000, MS Excel 2000, HTML, RTF й у вигляді звичайного тексту; сполучатися з існуючою системою запису даних про замовлення.

Виходячи з викладеного вище стає закономірним питання про те, що ж собою представляє якісне програмне забезпечення? Якщо запитати про це досить широке коло фахівців, що мають справу з розробкою, продажем і використанням ПЗ, то можна одержати відповіді, що якісним є ПЗ яке: легко використовувати; має гарну продуктивність; не містить помилок; не псує дані користувачів при збоях; можна використати на різних платформах; може працювати 24 години на добу протягом 7 днів у тиждень; задовольняє потреби користувачів; добре документовано та до якого легко додавати нові можливості. Всі ці відповіді виділяють фактори, важливі для конкретного користувача, розробника ПЗ або групи таких осіб й показують, що якість ПЗ може бути описана великою кількістю різнорідних субфакторів (табл. 4.7). Останні в свою чергу набувають вигляду впорядкованих шкал об'єктивно вимірюваних значень, необхідні чисельні величини яких можуть бути встановлені й обрані замовниками або користувачами ПЗ. Окрім цього в усіх наведених вище стандартах вказується, що управління якістю повинне ґрунтуватися насамперед на об'єктивних методах його оцінки та контролю. До числа останніх в першу чергу відносяться статистичні методи. Вони вважаються важливою умовою рентабельного управління якістю, а також засобом підвищення ефективності виробничих процесів й якості продукції.

При виборі методу оцінки до уваги перш за все приймається природа факторів якості – кількісна, якісна або змішана. З нею зв'язані вид статистичної моделі якості ПЗ й спосіб аналізу даних. Так, наприклад, кількісні фактори переважно оцінюються методами регресійного, якісні – дисперсійного, змішані – коваріаційного аналізу. Перераховані методи, тісно зв'язані один з одним й рекомендовані стандартом ISO 9004-1:1994.

Шкала вимірів субфакторів показників якості програмного забезпечення

Фактори якості	Міра	Шкала
Надійність		
Завершеність: – наробіток на відмову при відсутності рестарту.	Години	10–1000
Стійкість: – наробіток на відмову при наявності автоматичного рестарту; – відносні ресурси на забезпечення надійності й рестарту.	Години %	10–1000 10–90
Відновлюваність: – тривалість відновлення.	Хвилини	1–10
Доступність-готовність: – відносний час працездатного функціонування.	Імовірність	0,7–0,99
Ефективність		
Часова ефективність: – час відгуку – одержання результатів на типове завдання; – пропускну здатність – число типових завдань, що виконують в одиницю часу.	Секунди Число у хвилину	1–1000 1–1000
Використовуваність ресурсів: – відносна величина використання ресурсів ЕОМ при нормальному функціонуванні програмного засобу.	Імовірність	0,7–0,99
Практичність		
Зрозумілість: – чіткість концепції ПЗ; – демонстраційні можливості; – наочність і повнота документації.	Порядкова	Відм.; гарна; задов.;незадов.
Простота використання: – простота управління функціями; – комфортність експлуатації; – середній час уведення завдань; – середній час відгуку на завдання.	Порядкова Секунди Секунди	Відм.; гарна; задов.;незадов. 1–1000 1–1000
Вивчачість – трудомісткість вивчення застосування ПЗ; – тривалість вивчення; – обсяг експлуатаційної документації; – обсяг електронних підручників.	Чол.\год. Години Сторінки Кбайти	1–1000 1–1000 1–1000 1–1000
Привабливість: – суб'єктивні або експертні оцінки.	Порядкова	Відм.; гарна; задов.;незадов.
Супроводжуваність		
Аналізованість: – стрункність архітектури програм; – уніфікованість інтерфейсів; – повнота й коректність документації.	Порядкова	Відм.; гарна; задов.;незадов.
Змінюваність: – трудомісткість підготовки змін; – тривалість підготовки змін.	Чол.\год. Години	1–1000. 1–1000.
Стабільність: – стійкість до негативних проявів при змінах.	Порядкова	Відм.; гарна; задов.;незадов.
Тестованість: – трудомісткість тестування змін; – тривалість тестування змін.	Чол.\год. Години	1–1000. 1–1000.
Мобільність		
Адаптованість: – трудомісткість адаптації; – тривалість адаптації.	Чол.\год. Години	1–100. 1–100.
Простота установки: – трудомісткість інсталяції; – тривалість інсталяції.	Чол.\год. Години	1–100. 1–100.
Співіснування - відповідність: – стандартизація інтерфейсів з апаратним й операційним середовищем	Порядкова	Відм.; гарна; задов.;незадов.
Замінюваність: – трудомісткість заміни компонентів; – тривалість заміни компонентів.	Чол.\год. Години	1–100. 1–100.

Таким чином, питання щодо формування набору показників якості та власне і оцінювання якості ПЗ, як видно, знайшли своє конкретне відображення у вигляді основних міжнародних стандартів серії ISO 9000, що діють із 1987 р., перевидані в 2000 р. і з 2001 р. введені як державні стандарти України ДСТУ ISO 9000, ДСТУ ISO 9001, ДСТУ ISO 9004, ДСТУ ISO серії 10000, а також у вигляді державних стандартів ДСТУ ISO/IES TR 13335:1-5 [175–179], спрямованих на підтримуючі технології забезпечення й оцінки системи менеджменту якості.

Альтернативи цим стандартам не існує. У питаннях визнання їх доцільності існує повна згода в тому, що зазначені стандарти забезпечують:

своєчасне запобігання й усунення невідповідностей у процесі розробки, впровадження та супроводження програмних засобів;

довіру між замовником і клієнтом;

підвищення ефективності виробництва;

конкурентоспроможність програмної продукції тощо.

Порівняльний аналіз діючих в даний час стандартів дозволяє прийти до висновку, що наведена в них номенклатура показників якості програмних засобів помітно відрізняється один від одного. Стандарти практично не містять рекомендацій з вибору, застосування й упорядкування необхідної сукупності показників якості. Крім того, для більшості показників відсутні методи їхньої оцінки й порівняння із установленими вимогами (критеріями).

Практичне використання існуючих нормативних документів ще більшою мірою ускладнюється тим, що жоден з них не містить переліків факторів, що впливають на якість ПЗ, та методи їхньої оцінки.

Другим кроком у вирішенні завдання вибору конкурентоспроможного ПЗ для комплектування ним АС є визначення його інтегрального показника якості – $(G_{T(I)}^{Pz})$. Згідно з вимогами, наведеними у [159, 160, 170, 180–182], для цього використовують, як правило, внутрішні або зовнішні показники якості. При цьому загальна послідовність кроків (етапів) реалізації цього завдання передбачає проведення таких заходів:

1) формування робочої групи з осіб, які повинні: мати відповідну кваліфікацію в предметній галузі для проведення всебічної експертизи; мати досвід у розробці, створенні та проведенні випробувань (іспитів) автоматизованих програмно-апаратних комплексів (ПАК); обіймати відповідні посади, які б задовольняли вимогам до фахівців – розробників ПАК та програмного забезпечення до них;

2) ознайомлення робочої групи з метою дослідження та попереднього пояснення роботи, яку вони повинні виконати;

3) формування анкети з урахуванням особливостей конкретного завдання;

4) створення проекту системи характеристик якості ПЗ, виходячи з того, що окремі характеристики якості повинні задовольняти таким вимогам: всебічно використовувати міжнародні та державні стандарти; відповідати сталим поняттям і термінології, мати можливість подальшого уточнення й деталізації; мати ясні й вимірювані значення; бути повними та всеохоплюючими; мати можливість розкладання на підгрупи; бути інформативними; бути не надмірними;

5) поділ груп характеристик на підгрупи (сукупність характеристик якості, що перебувають на одному рівні ієрархії та мають загальну батьківську характеристику, будемо називати групою). Якщо кількість характеристик якості в групі перевищує сім, то експертам пропонується розбити таку групу на кілька підгруп. Це, з огляду на психофізичну гіпотезу Міллса “7+2” (людина із середніми здатностями не може порівнювати одночасно більше семи об’єктів), сприяє підвищенню погодженості результатів експертного опитування;

6) визначення значень одиничних показників якості та їх відносних вагових коефіцієнтів (інформація про значення одиничних показників якості може бути отримана за результатами випробувань ПЗ, експертного або соціологічного опитування);

7) нормування значень одиничних показників якості;

8) відсіву неважливих характеристик якості ПЗ із проекту системи (кожен експерт виносить своє рішення про те, чи можна зневажити впливом кожної характеристики нижнього рівня ієрархії на якість ПЗ у цілому. Потім розраховується погодженість думок експертів за формулою: $\alpha_i = n_i/n$, де n_i – кількість експертів, згодних з тим, що впливом i -й характеристики на якість ПЗ у цілому зневажити не можна; n – загальна кількість експертів, що беруть участь в опитуванні. Для відсіву характеристик якості, впливом яких на якість ПЗ можна зневажити, робочою групою призначається граничний рівень α_{nop} для значень α_i . Граничний рівень погодженості повинен належати інтервалу $[0,5; 1,0]$. Всі характеристики, значення погодженості – α_i яких не досягло граничного рівня, виключаються з подальшого розгляду);

9) обчислення факторів (критеріїв, метрик) якості шляхом розрахунку зваженої згортки значень одиничних показників якості (у різних методах використовуються різні оператори згортки та різна кількість кінцевих показників якості).

Основне завдання, розв’язуване при виборі конкурентоспроможного ПЗ полягає у контролі значень властивостей ПЗ в процесі його розроблення і випробувань [138]. Порівняння показників якості ПЗ шести основних класів з

використанням методів регресійного, кореляційного, факторного та дисперсійного аналізу дозволило виділити найбільш значимі показники, узагальнена сукупність яких наведена у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Сукупність найбільш значимих показників програмних засобів

Показники якості	Клас програмних засобів					Сума порядків
	ПЗ АСУ	ПЗ СУБД	ПЗ ООП	ПЗ НТР	ПЗ	
Коректність	4	4	3	3	2,5	16,5
Зрозумілість	3	2	2	4	4	15
Розмір	2	1	4	1	2,5	10,5
Змінюваність	1	3	1	2	1	8

Отримані результати можуть виявитися корисними для виявлення “вузьких місць” у практиці програмування, а також для вибору найбільш ефективних шляхів підвищення якості розроблювальних програм.

Для оцінювання рівня якості ПЗ насамперед, як відомо [166], повинні бути визначені відповідні умови (табл. 4.9). Ступінь їх деталізації залежить від мети оцінювання, вимог щодо вірогідності результатів оцінювання, кваліфікації фахівців, які проводили оцінювання сформованої моделі якості, набору базових і критичних показників, а також інших факторів. Базові показники якості характеризують ступінь виконання функцій, що відповідають заданим вимогам до досліджуваних ПЗ.

Таблиця 4.9

Умови оцінки рівня якості програмних засобів

Назва показника якості	Метод визначення показника якості	Знаки: краще «+»; гірше «-»	Шкала оцінок	Базове значення показника якості	Коефіцієнт вагомості показника якості
1	2	3	4	5	6

Примітка:

1. Для позначення методів визначення значень показників якості в графі 2 використовуються такі умовні знаки:

В (вимірювальний) - базується на одержанні інформації про властивості й характеристики програмного засобу (ПЗ) з використанням вимірювальних і технічних засобів та програмних продуктів. Наприклад, за допомогою цього методу визначається обсяг ПЗ, число рядків початкового тексту програм і число рядків-коментарів, число операторів й операндів, число виконуваних операторів, кількість віток у програмі, число крапок входу (виходу), час виконання вітки програми, показники реактивності;

Ре (ресурсний) - базується на отриманні інформації під час випробувань або при безпосередньому використанні ПЗ за призначенням, коли реєструються і підраховуються характерні події, наприклад, моменти часу та кількість збоїв і відмов, моменти часу передачі керування іншим модулям, моменти початку і кінця роботи;

Р (розрахунковий) - базується на використанні теоретичних та емпіричних залежностей на ранніх стадіях розробки, а також статистичних даних, які накопичені під час випробувань, експлуатації й супроводу ПЗ. Під час проєктування ПЗ розрахунковим методом прогнозуються показники точності, стійкості, реактивності тощо. Цей метод використовується й для визначення фактичних значень цих показників за результатами випробувань та (або) експлуатації ПЗ;

ЕК (експертний) - здійснюється групою експертів-спеціалістів, компетентних у розв'язанні даної задачі. Експертні методи рекомендуються застосовувати при визначенні показників аналізованості, документованості, узгодженості, закінченості, структурності і ін.

2. Знак (+) в третій графі означає, що якість ПЗ покращується із збільшенням значень цього показника якості, знак (-) - навпаки.

3. Для встановлення шкал оцінок (у графі 4) використовують такі позначення:

- 1.1 - абсолютна; 1.2 - шкала відносин; 1.3 - інтервальна;
- 2.0 - порядкова (дозволяє ранжувати характеристики, порівнюючи їх з опорними значеннями);
- 3.0 - номінальна (класифікаційна), що характеризує тільки існування або відсутність властивості, яка розглядається у оцінюваному програмному засобу.

4. Сукупність базових (еталонних) значень показників якості (ПЯ) має характеризувати оптимальний (відносно визначених критеріїв) рівень якості ПЗ на деякий заданий період часу (період передбачуваної експлуатації ПЗ). Базові значення ПЯ ПЗ мають відповідати, наприклад: значенням ПЯ кращих ПЗ із числа аналогів; значенням ПЯ кращих зразків-аналогів, які прогноуються на момент завершення розробки ПЗ; нормативним значенням ПЯ по окремих видах ПЗ (групах однорідних ПЗ), які погоджені у встановленому порядку; значенням ПЯ, установленим у технічних завданнях на розробку ПЗ, які оцінюються.

5. Встановлення коефіцієнтів вагомості показників якості (графта б), як правило, провадять експертним шляхом. При цьому широко використовують шкали:

- 5 - надто важливо, щоб даний показник мав високе значення;
- 4 - важливо, щоб даний показник мав високе значення;
- 3 - добре б мати високе значення даного показника;
- 2 - у деякому розумінні корисно мати високе значення даного показника;
- 1 - за низьких значень даного показника відчутних втрат немає.

Формування набору критичних показників (безпосередньо впливають на оцінку функціонування контрольованого об'єкта) і моделі оцінювання рівня якості пропонується здійснювати шляхом:

узгодження показників галузевих стандартів і нормативних документів, та відображення їх на множині уніфікованих показників якості загальних стандартів;

доповнення отриманої множини обов'язковими характеристиками якості загальних стандартів, які не ввійшли у відображення;

вибору з отриманої множини (побудованої моделі якості) тих характеристик, які пов'язані з оцінкою функціонування об'єкта.

Надалі для оцінювання рівня якості ПЗ можуть застосовуватися як диференціальний, так комплексний і змішаний методи, використовувані при оцінюванні рівня якості промислової продукції. При використанні, наприклад, диференціального методу (ГОСТ 22732-77) як одиничні показники приймаються: показник призначення, стійкість програмного засобу до спотворюючих впливів, точність, час відповіді, надійність і раціональність. Переваги цього методу полягають у тім, що він дозволяє проаналізувати в тому або іншому ступені рівень якості оцінюваного програмного засобу по кожному показнику й установити в такий спосіб сильні й слабкі місця ПЗ. Однак при використанні великої кількості показників якості важко зробити узагальнюючі висновки про якість програмного забезпечення.

При комплексному методі оцінки використовується узагальнений показник якості, що є функцією від декількох одиничних (групових) показників і коефіцієнтів їхньої вагомості (ДСТУ 2850-94). У цьому випадку основна увага приділяється останньому – визначенню коефіцієнтів вагомості використовуваних показників якості, що може бути зроблене шляхом:

формування вартісних регресійних залежностей (припускає наявність базового зразка й оптової ціни програмного виробу);

порівняння граничних і номінальних значень (базується на знанні граничних значень кожного показника – найбільших або найменших регламентованих значень); проведення експертного опитування.

Внаслідок існуючих проблем з установленням базових і граничних значень по кожному показнику, а також оптової ціни ПЗ найбільш перспективним є визначення наведених значень коефіцієнтів вагомості (параметрів вагомості M) за формулою:

$$M_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^N M_i}; \quad (4.1)$$

де M_i – значення i -го коефіцієнта вагомості в згаданій (або інших) шкалах.

Слід зазначити, що вимоги до показників якості, особливо з індексами 5 та 4, визначаються при написанні технічного завдання (ТЗ) і технічних умов (ТУ) на розроблювальне ПЗ. Якщо до ТЗ додається план забезпечення якості, то значення параметрів (коефіцієнтів) вагомості вказуються в цьому плані.

При випробуваннях ПЗ показникам якості повинна бути приділена особлива увага. Установлені значення їхніх коефіцієнтів вагомості можуть бути переглянуті тільки у випадку коректування ТЗ і ТУ. Якщо $\sum_{i=1}^N M_i = 1$, то коефіцієнти вагомості називають параметрами вагомості.

Узагальнений показник якості може бути виражений середнім зваженим (арифметичним або геометричним) або іншим показником якості.

Середній зважений арифметичний показник обчислюється за формулою:

$$U = \sum_{i=1}^N Q_i \cdot M_i \quad (4.2)$$

$$\text{де } Q_i - \text{відносний } i\text{-й показник якості: } Q_i = \frac{P_i}{P_{B_i}} \text{ або } Q_i = \frac{P_{B_i}}{P_i}; \quad (4.3)$$

P_i – значення i -го показника якості оцінюваного програмного засобу; P_{B_i} – базове значення i -го показника якості; M_i – параметр вагомості i -го показника, що входить в узагальнений показник, $i = \overline{1..N}$; N – кількість показників, що становлять середній зважений показник.

При цьому параметр значимості кожного критичного показника доцільно задавати більшим, ніж сума вагових коефіцієнтів всіх другорядних показників, базове значення P_{B_i} варто брати за одиницю для всіх показників, а рівень якості P_i – оцінювати відповідно класифікаційної метрики (тобто, рівень елемента може дорівнювати нулю – властивості немає або одиниці – властивість є).

Якщо до моменту початку випробувань та оцінювання рівня якості ПЗ значення параметрів вагомості використовуваних показників не були встановлені, то ці значення встановлюються фахівцями, що роблять оцінку якості ПЗ. При повторних випробуваннях, як правило, повинні використовуватися ті самі, раніше встановлені показники. Обґрунтовані зміни параметрів вагомості узгоджуються у встановленому порядку.

При багаторівневій ієрархічній структурі номенклатури показників якості розрахунок рівня якості ПЗ здійснюється знизу (від одиничних показників) нагору (до одержання узагальненого показника якості). Так, наприклад, при розрахунку чотирьохрівневого узагальненого показника якості вираз

$$K_{qual_{kl}} = \sum_{l=1}^{N_k} (K_{kl} \cdot \gamma_{kl}), \quad (4.4)$$

де K_{kl} – експертна оцінка l -го показника k -ї властивості; γ_{kl} – експертний ваговий коефіцієнт важливості l -го показника k -ї властивості; N_k – кількість показників k -ї властивості, – з урахуванням ДСТУ 2850-94 набуде виду:

$$U_q = \sum_{k=1}^K M_k \sum_{ik=1}^{I_k} M_{ik} \sum_{jik=1}^{J_{ik}} M_{jik} \sum_{l_{jik}=1}^{L_{jik}} M_{l_{jik}} Q_{l_{jik}}, \quad (4.5)$$

де K – кількість характеристик; I_k – кількість підхарактеристик; J_{I_k} – кількість атрибутів підхарактеристик; $L_{J_{I_k}}$ – кількість елементів атрибутів підхарактеристик.

Для розрахунку рівня якості в цьому випадку варто обрати як об'єктивні (оскільки вони можуть бути полічені), так і номінальні (класифікаційні) метрики [148, 149] і фіксувати їх повне або задовільне виконання. Часткове виконання атрибута прирівнюється до невиконання, а тому для остаточної оцінки недоцільно застосування абсолютних або відносних шкал. Загальний рівень якості пропонується оцінювати в балах.

Таким чином, уведені поняття критичних показників допомагає усунути проблему неоднорідності характеристик якості шляхом оцінювання кожного атрибута якості в три етапи: досягнення мінімальної задовільної планки рівня якості; класифікація наявних властивостей; застосування вагових коефіцієнтів. При цьому на першому етапі можуть застосовуватися різні шкали й способи розрахунку метрик, а на другому етапі повинна використовуватися тільки номінальна метрика. Впровадження третього етапу дозволяє зробити критичні показники незалежними від інших, оскільки ваговий коефіцієнт кожного критичного показника пропонується задавати таким, щоб він перевершував суму балів всіх другорядних елементів атрибутів з моделі якості.

Зважаючи, що ані диференційний, ані комплексний методи не забезпечують чисельно, з достатнім ступенем вірогідності оцінювання якості ПЗ однакового функціонального призначення окремо за внутрішніми або зовнішніми показниками, як універсальний підхід до вирішення сформульованого вище завдання доцільно використати так званий *змішаний метод* оцінювання якості продукції. Такий підхід, шляхом комплексного використання як внутрішніх, так і зовнішніх показників дасть можливість розглядати будь-який ПЗ як “скляний” або “чорний” ящик на будь-якому етапі його життєвого циклу, починаючи з вибору номенклатури показників якості оцінюваного ПЗ, визначення значень цих показників й завершуючи порівнянням їх з базовими значеннями показників якості існуючого аналога або розрахункового ПЗ, прийнятого за еталон.

Слід зазначити, що серед існуючих методів математичного моделювання, методів формування та дослідження узагальнених показників якості з використанням графоаналітичного і ним подібних підходів, експертних методів вирішення складних завдань оцінювання та вибору будь-яких об’єктів, в тому числі спеціального призначення, а також аналізу та прогнозування ситуацій з великою кількістю значимих внутрішніх і зовнішніх факторів, саме експертні методи є визначальними при оцінюванні якості ПЗ однакового функціонального призначення за змішаними показниками. Вони дають можливість більш глибоко вивчити явища, які слабо піддаються вивченню іншими методами, а також виявити найбільш важливе та істотне, не опускаючи тих деталей і взаємозв’язків, без яких не може бути побудована модель досліджуваної проблеми. Останнім часом найбільш поширеним серед відомих методів експертного оцінювання є метод аналізу ієрархій (MAI) [6, 36, 95, 183], який поєднує в собі процедури багатокритеріального опису проблеми, синтезу різних міркувань, отримання пріоритетності функцій і критеріїв, а також знаходження альтернативних рішень. Його основне призначення – підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції проблеми, що розглядається, на більш прості складові частини та подальше рейтингування обраних альтернатив на основі їх попарного порівняння.

Структурно-логічна схема алгоритму проведення порівняльного оцінювання ПЗ однакового функціонального призначення за змішаними показниками одним експертом з використанням ним методу MAI (на прикладі порівняння сучасних СУБД) [180] надана на рис. 4.9.

Перший рівень.

На першому кроці першого рівня визначимо вихідні дані, а саме множину альтернативних СУБД (R) серед яких необхідно вибрати найкращу та множину функцій (критеріїв), що характеризуватимуть якість обраних СУБД.

Зважаючи на те, що кількість порівнюваних альтернатив за методом Т.Сааті доцільно обмежувати 8–9 об'єктами, в якості досліджуваних оберемо:

- 1) СУБД фірми Oracle – Oracle Enterprise Edition (R_1);
- 2) СУБД фірми IBM – DB2 (R_2);
- 3) СУБД фірми Microsoft – Microsoft SQL Server (R_3).

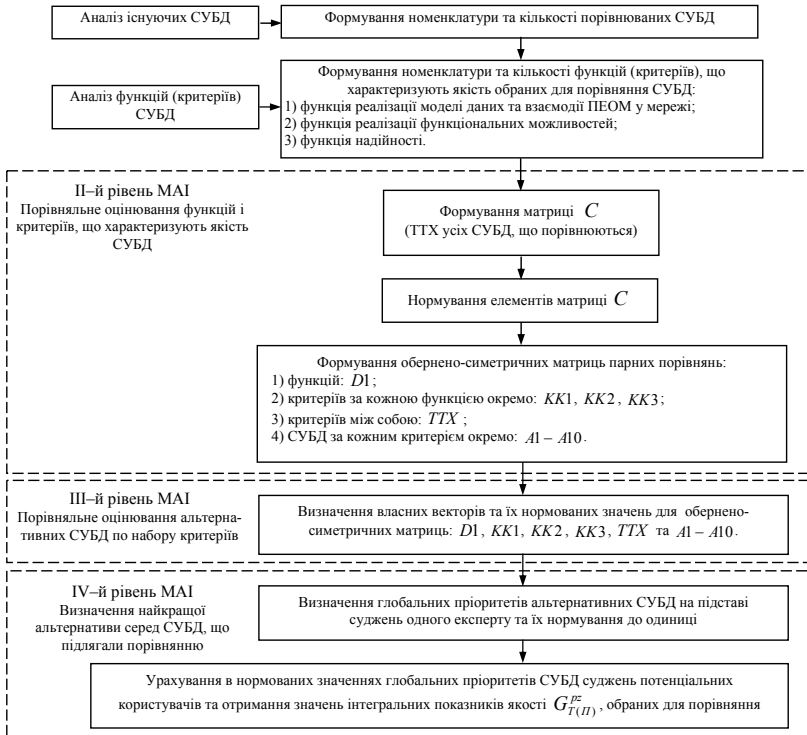


Рис. 4.9. Структурно-логічна схема алгоритму порівняльного оцінювання сучасних СУБД

При цьому, враховуючи, що можливості людини, як експерта по опрацюванню інформації, доволі обмежені й вона не в змозі за гіпотезою Міллса одночасно враховувати більш ніж 7 ± 2 елементи – для обраних СУБД обмежимося 3 функціями ($N = 3$) та не більше ніж 5 критеріями для кожного з них, а саме:

1) функцією реалізації моделі даних і забезпечення взаємодії комп'ютерів у мережі (F_1^2), що в свою чергу визначається критеріями підтримки: об'єктно-реляційної моделі даних (K_1^2); стандартних типів реляційних баз даних (K_2^2);

2) функцією реалізації функціональних можливостей (F_2^2), що визначається

критеріями забезпечення: оптимізації запитів (K_3^2); підтримки мережевих протоколів (K_4^2); розподіленої обробки даних (K_5^2); зберігання /обробки/ мультимедійних і геопросторових даних (K_6^2); багатомірного аналізу інформації (K_7^2);

3) функцією надійності (F_3^2), що визначається критеріями можливості: відновлення після збоїв (K_8^2); резервного копіювання та відновлення змін (K_9^2); захисту від несанкціонованого доступу (K_{10}^2).

На другому кроці виконаємо процедуру попарного порівняння як самих СУБД, так і притаманних ним функцій та критеріїв. Практика показує, що парні порівняння – найбільш зручна для експертів форма вираження своїх переваг. Можливі ускладнення, яких експерт зазнає при здійсненні парних порівнянь, зводяться до мінімуму, а надмірність інформації, що утримується в заповнених матрицях, дає можливість в процесі наступної обробки значно зменшити вплив помилок експертів при попарному зіставленні цінностей як окремих функцій і критеріїв, так і порівнюваних об'єктів загалом. При здійсненні парних порівнянь функцій і критеріїв, що характеризують якість СУБД та власне й самих СУБД за кожним критерієм окремо передбачається, що вони можуть бути задані як якісно, так і кількісно. За умови, коли відомі кількісні значення тактико-технічних характеристик СУБД або висунутих до них технічних вимог (ще – критеріїв порівняння) вихідна матриця матиме вигляд:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1i} & \dots & c_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{j1} & \dots & c_{ji} & \dots & c_{jN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{Q1} & \dots & c_{Qi} & \dots & c_{QN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{R1} & \dots & c_{Ri} & \dots & c_{RN} \end{bmatrix}, \quad (4.6)$$

де c_{ij} – j -а ТТХ (стовпчики) СУБД i -го типу (рядки).

З метою надання початковим елементам матриці C (4.6) безрозмірного виду проводиться їх нормування за формулою:

$$B_{ji} = [c_{ji} - c_{ji}^{\min}] \cdot [c_{ji}^{\max} - c_{ji}^{\min}]^{-1}, \quad i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, R}; \quad (4.7)$$

де $c_{ji}^{\min}, c_{ji}^{\max}$ – мінімальне та максимальне значення j -го ненормованого значення ТТХ для СУБД i -го типу.

Коефіцієнти матриць парних порівнянь нормованих значень ТТХ можуть бути обчислені за формулою:

$$r_{jk} = B_{ji}/B_{ki}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, R}, \quad k = \overline{1, R}, \quad (4.8)$$

де $B_{ji}, (B_{ki})$ – нормовані значення i -го критерію j -ї (k -ї) СУБД.

За інших умов значення функцій та критеріїв можуть бути задані якісно у вигляді показника переваги за вербально-числовою шкалою, суть якої досить очевидна з таблиці 2.18 (глава 2). На підставі рекомендованих значень вербально-числової шкали парне порівняння двох функцій (критеріїв, СУБД) – i -ї та l -ї, повинне бути виконане з обов'язковим урахуванням вимоги взаємної доповненості, тобто: якщо важливість i -ї функції (критерію, СУБД) в порівнянні з l -ю дорівнює a_{il} , то важливість l -ї в порівнянні з i -ю дорівнює $a_{li} = 1/a_{il}$. Результат порівняння записується як відношення важливості альтернативи рядка до важливості альтернативи стовпця. Особливу увагу при цьому слід приділяти змісту поставленого запитання. Наприклад: на запитання “Яка з функцій є найбільш визначальною при виборі раціональної СУБД?” у таблиці першого рівня в чарунці 1,2 (де 1 – номер рядка, 2 – номер стовпця) записується відношення $F_1^2/F_2^2 = a_{12}$. Якщо F_1^2 має помірну (невелику) перевагу перед F_2^2 , записується 3. Якщо F_2^2 має помірну (невелику) перевагу перед F_1^2 , то – 1/3. Відповідно в чарунці 2,1 записується зворотнє значення чарунки 1,2, тобто – $1/a_{12}$. При порівнянні однакових альтернатив, наприклад, функції F_1^2 по рядку з функцією F_1^2 по стовпчику, у відповідній чарунці ставиться “1” ($F_1^2/F_1^2 = 1$). За інших обставин метод аналізу ієрархій, як такий, – не працює.

За умови дотримання зазначених вище вимог будуються обернено симетричні матриці на другому, третьому та четвертому рівнях ієрархії.

Другий рівень:

1) матриці парних порівнянь F_i^2 функцій:

$$(i = \overline{1, N}, \quad N = 3);$$

$$D1 := \begin{pmatrix} 1 & 0.25 & 0.33 \\ 4 & 1 & 2 \\ 3 & 0.5 & 1 \end{pmatrix};$$

2) матриці парних порівнянь K_{ij}^3 критеріїв за кожною функцією окремо (якщо $i = 1$, то $j = \overline{1, 2}$; якщо $i = 2$, то $j = \overline{1, 5}$; якщо $i = 3$, то $j = \overline{1, 3}$), що притаманні усім R СУБД, обраним для дослідження:

$$KK1 := \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0.25 & 1 \end{pmatrix}; \quad KK2 := \begin{pmatrix} 1 & 0.14 & 0.25 & 0.5 & 0.33 \\ 7 & 1 & 3 & 5 & 4 \\ 4 & 0.33 & 1 & 4 & 3 \\ 2 & 0.2 & 0.25 & 1 & 0.5 \\ 3 & 0.25 & 0.33 & 2 & 1 \end{pmatrix}; \quad KK3 := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 0.33 & 1 & 0.25 \\ 0.5 & 4 & 1 \end{pmatrix}.$$

3) матриця порівнянь усіх критеріїв $K_1^2 - K_{10}^2$ між собою:

$$TTH := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 & 3 & 0.33 & 0.25 & 3 & 2 & 0.5 & 0.33 \\ 0.5 & 1 & 3 & 2 & 4 & 3 & 2 & 0.5 & 0.33 & 0.25 \\ 0.2 & 0.33 & 1 & 0.5 & 0.25 & 0.33 & 0.2 & 0.16 & 0.14 & 0.25 \\ 0.33 & 0.5 & 2 & 1 & 3 & 5 & 4 & 0.25 & 0.33 & 0.25 \\ 3 & 0.25 & 4 & 0.33 & 1 & 3 & 5 & 0.5 & 0.2 & 0.33 \\ 4 & 0.33 & 3 & 0.2 & 0.33 & 1 & 3 & 0.33 & 0.5 & 0.25 \\ 0.33 & 0.5 & 5 & 0.25 & 0.2 & 0.33 & 1 & 0.16 & 0.2 & 0.14 \\ 0.5 & 2 & 6 & 4 & 2 & 3 & 6 & 1 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 7 & 3 & 5 & 2 & 5 & 0.33 & 1 & 0.14 \\ 3 & 4 & 4 & 4 & 3 & 4 & 7 & 2 & 7 & 1 \end{pmatrix}.$$

4) матриці $A_1 - A_{10}$ парних порівнянь досліджуваних СУБД за кожним критерієм окремо.

$$A1 := \begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 0.25 & 1 & 2 \\ 0.33 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \quad A2 := \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 0.16 \\ 2 & 1 & 0.33 \\ 7 & 3 & 1 \end{pmatrix} \quad A3 := \begin{pmatrix} 1 & 0.14 & 0.16 \\ 6 & 1 & 0.5 \\ 7 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad A4 := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 0.33 & 1 & 2 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \quad A5 := \begin{pmatrix} 1 & 0.25 & 0.33 \\ 4 & 1 & 5 \\ 3 & 0.2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A6 := \begin{pmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 0.2 & 1 & 0.25 \\ 0.5 & 4 & 1 \end{pmatrix} \quad A7 := \begin{pmatrix} 1 & 0.14 & 0.25 \\ 7 & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad A8 := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ 0.5 & 1 & 5 \\ 0.2 & 0.2 & 1 \end{pmatrix} \quad A9 := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 0.33 & 1 & 2 \\ 0.5 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \quad A10 := \begin{pmatrix} 1 & 0.33 & 0.25 \\ 3 & 1 & 2 \\ 4 & 0.5 & 1 \end{pmatrix}$$

Третій рівень: Визначимо ВВ та їх нормовані значення для матриць $KK1$, $KK2$, $KK3$, $D1$ та TTH , сформованих на другому кроці дослідження. Отримані результати наведені у таблицях 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 та 4.14 відповідно.

Таблиця 4.10

$KK1$	Власний вектор	Нормований власний вектор
K_1^3	0.97	0.8
K_2^3	0.243	0.2

Таблиця 4.13

$D1$	Власний вектор	Нормований власний вектор
F_1^2	0.186	0.122
F_2^2	0.853	0.559
F_3^2	0.488	0.320

Таблиця 4.11

$KK2$	Власний вектор	Нормований власний вектор
K_3^3	0.090	0.051
K_4^3	0.852	0.489
K_5^3	0.446	0.256
K_6^3	0.138	0.079
K_7^3	0.219	0.125

Таблиця 4.14

TTH	Власний вектор	Нормований власний вектор
K_1^3	0.249	0.094
K_2^3	0.226	0.085
K_3^3	0.053	0.020
K_4^3	0.207	0.078
K_5^3	0.207	0.078
K_6^3	0.172	0.065
K_7^3	0.071	0.027
K_8^3	0.457	0.172
K_9^3	0.348	0.131
K_{10}^3	0.659	0.249

Таблиця 4.12

$KK3$	Власний вектор	Нормований власний вектор
K_8^3	0.807	0.518
K_9^3	0.193	0.124
K_{10}^3	0.559	0.359

Власні вектори $X_1 - X_{10}$ матриць $A_1 - A_{10}$ за таких умов становитимуть:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \begin{pmatrix} 0.922 \\ 0.319 \\ 0.221 \end{pmatrix} & X_2 &= \begin{pmatrix} 0.147 \\ 0.297 \\ 0.943 \end{pmatrix} & X_3 &= \begin{pmatrix} 0.102 \\ 0.511 \\ 0.854 \end{pmatrix} & X_4 &= \begin{pmatrix} 0.916 \\ 0.348 \\ 0.2 \end{pmatrix} & X_5 &= \begin{pmatrix} 0.152 \\ 0.944 \\ 0.293 \end{pmatrix} \\
 X_6 &= \begin{pmatrix} 0.854 \\ 0.146 \\ 0.499 \end{pmatrix} & X_7 &= \begin{pmatrix} 0.131 \\ 0.763 \\ 0.633 \end{pmatrix} & X_8 &= \begin{pmatrix} 0.839 \\ 0.528 \\ 0.133 \end{pmatrix} & X_9 &= \begin{pmatrix} 0.86 \\ 0.413 \\ 0.298 \end{pmatrix} & X_{10} &= \begin{pmatrix} 0.193 \\ 0.807 \\ 0.559 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

З їх нормованих значень, обчислених за формулою $ABn_{ik} = X_{ik} / \sum_{i=1}^n X_{ik}$ ($i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, NTTX}$), сформуємо узагальнюючу матрицю ABn :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.631	0.106	0.07	0.625	0.109	0.57	0.086	0.559	0.547	0.124
2	0.218	0.214	0.348	0.238	0.68	0.097	0.5	0.352	0.263	0.518
3	0.151	0.68	0.582	0.137	0.211	0.333	0.415	0.089	0.19	0.359

де ABn_{ik} – нормована компонента власного вектора для матриць $A_1 - A_{10}$, що сформовані попередньо; X_{ik} – i -й елемент ($N = 3$) k -го ($NTTX = 10$) власного вектора матриці A_k .

При цьому коефіцієнти відносної злагоженості матриць $KK1$, $KK2$, $KK3$, $D1$, TTX та $A_1 \dots A_{10}$ обчислюються за формулою

$$K_{злаг}^{відн} = (I_{злаг} / I_{злаг}^{випад}) \cdot 100\%, \quad (4.9)$$

де $I_{злаг}^{випад}$ – індекс злагоженості матриць, що генеровані випадковим чином (табл. 4.15); $I_{злаг} = (\lambda_{\max} - N) / (N - 1)$ – індекс злагоженості цих матриць;

λ_{\max} – максимальне власне значення кожної з матриць парних порівнянь;

N – кількість порівнюваних елементів (розмірність матриць).

Таблиця 4.15

Середні злагоженості для випадкових матриць різного порядку

Розмірність матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$I_{злаг}^{вип}$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Від міри наближення λ_{\max} до N залежить ступінь послідовності суджень експертів. Чим вони ближче один до одного, тим результат роботи експертів є більш достовірним. Якщо коефіцієнт відносної злагоженості матриць виходить за межі 10–20 %, то експертам потрібно переглянути свої судження та провести другий тур експертизи. За результатами опрацювання матриць $KK1$, $KK2$, $KK3$, $D1$, TTX та $A_1 \dots A_{10}$ можна зробити висновок про те, що:

1) наведені матриці сформовані правильно. Коефіцієнти їх відносної злагоженості знаходяться в інтервалі від 10% до 20% та становлять: для

матриці $D1 - \text{OtnSgD1} = 1.326 \%$; для матриці $KK1 - \text{OtnSgKK1} = 0 \%$; для матриці $KK2 - \text{OtnSgKK2} = 2.858 \%$; для матриці $KK3 - \text{OtnSgKK3} = 8.898 \%$; для матриці $TTX - \text{OtnSgTTX} = 12.88 \%$; для матриць $A1 \dots A10$:

$$\text{OtnSgA} = \begin{array}{c|cccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\ \hline 1 & 3.464 & 1.234 & 1.196 & 0.516 & 6.548 & 0.825 & 0.985 & 1.799 & 4.473 & 3.464 \end{array}$$

2) найбільш визначальними при виборі СУБД є функції F_2^2 та F_3^2 ;

3) найбільш визначальним за функцією F_1^2 є критерій K_1^2 , за функцією F_2^2 – критерії K_4^2 та K_5^2 , та за функцією F_3^2 – критерії K_8^2 та K_{10}^2 .

4) найбільш визначальними критеріями, яким у наборі локальних пріоритетів відповідають максимальні значення та які більшою мірою впливають на вибір раціональної СУБД із сукупності досліджуваних, є критерії K_1^2 , K_4^2 , K_5^2 , K_8^2 та критерій K_{10}^2 .

На першому кроці четвертого рівня для визначення глобальних пріоритетів альтернативних СУБД, отриманих на підставі суджень одного експерту, скористаємося формулою:

$$\text{CYBD1}_i := \left(\sum_{k=1}^{\text{NTTX}} \text{ABn}_{i,k} \cdot \text{ttxn}_k \right) \cdot 100 \quad \text{CYBD1} = \begin{pmatrix} 36.541 \\ 36.133 \\ 27.325 \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

де $\text{ABn}_{i,k}$ – матриця, сформована з нормованих значень власних векторів матриць $A1 \dots A10$, $i = \overline{1, \text{NCYBD}}$, $k = \overline{1, \text{NTTX}}$ (в даному дослідженні $\text{NCYBD} = 3$, $\text{NTTX} = 10$); ttxn_k – набір локальних пріоритетів критеріїв якості ТТХ СУБД, нормованих до одиниці.

У свою чергу значення глобальних пріоритетів альтернативних СУБД можуть бути використані в якості інтегральних показників їх якості – $G_{T(M)}^{Pz}$. Враховуючи, що СУБД Microsoft SQL Server має мінімальний пріоритет ($\text{CYBD1}_3 = 27.325$), оберемо її за базовий зразок при розрахунку узагальненого показника якості для решти СУБД із сукупності досліджуваних. Виходячи з цього кінцевий результат матиме вигляд:

$$\text{CYBD1n}_i := \frac{\text{CYBD1}_i}{\min(\text{CYBD1})} \quad \text{CYBD1n} = \begin{pmatrix} 1.337 \\ 1.322 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

Отже, на підставі суджень одного експерту, яким в якості математичного апарату вирішення поставленого завдання був обраний метод аналізу ієрархій, можливо зробити висновок, що вищий пріоритет серед досліджуваних СУБД

належить Oracle Enterprise Edition.

На другому кроці четвертого рівня з метою урахування суджень потенційних користувачів щодо важливості критеріїв (ТТХ), які обрані для проведення порівняльного аналізу ПЗ однакового функціонального призначення, при розв'язанні останніми визначених завдань інформаційної діяльності та підтвердження або спростування рішення, прийнятого на попередньому кроці дослідження, скористаємося формулою:

$$CYBDzag_i := \left(\sum_{k=1}^{NTTX} ABn_{i,k} \cdot bn_k \right) \cdot 100 \quad (4.12)$$

де bn_k – вектор вагових коефіцієнтів кожного критерію (ТТХ).

Його середні значення обчислюються за формулою:

$$bn_k := \frac{\sum_{h=1}^{Nekc} Bb_{k,h}}{\sum_{h=1}^{Nekc} \sum_{k=1}^{NTTX} Bb_{k,h}} \quad (4.13)$$

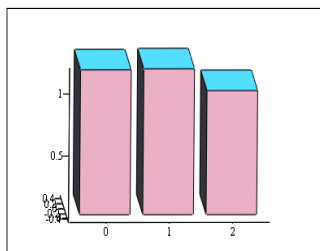
	1
1	0.112
2	0.092
3	0.093
4	0.102
5	0.122
6	0.081
7	0.071
8	0.113
9	0.102
10	0.112

У цьому випадку $Bb_{k,h}$ – матриця нормованих значень вагових коефіцієнтів критеріїв ($NTTX = 10$), визначених у балах в інтервалі від 2 до 5, що надані трьома незалежними користувачами ($Nekc = 3$):

$$Bb_{k,h} := \frac{B_{k,h}}{\sum_{k=1}^{NTTX} B_{k,h}} \quad Bb = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0.094 & 0.118 & 0.125 \\ 0.094 & 0.088 & 0.094 \\ 0.094 & 0.059 & 0.125 \\ 0.125 & 0.088 & 0.094 \\ 0.094 & 0.147 & 0.125 \\ 0.094 & 0.088 & 0.063 \\ 0.063 & 0.088 & 0.063 \\ 0.125 & 0.088 & 0.125 \\ 0.094 & 0.118 & 0.094 \\ 0.125 & 0.118 & 0.094 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.14)$$

На підставі отриманого результату (рис. 4.10) можливо зробити висновок, що найбільш функціональною та надійною при розв'язанні завдань інформаційної

діяльності може бути визнана СУБД DB2 фірми IBM.



$$CYBDnzag = \begin{pmatrix} 1.168 \\ 1.175 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 4.10. Результат порівняння СУБД з використанням математичного апарату МАІ

Вибір СУБД DB2 фірми IBM згідно висновків незалежних користувачів може бути пояснений тим, що зазначена система, по-перше, може працювати з усіма програмними платформами, використовуючи при цьому один і той самий код ядра, по-друге, на відміну від багатьох інших поставляється як єдине ціле (в СУБД Oracle та MS SQL Server є окремі компоненти, які потрібно замовляти додатково) й, по-третє, здатна функціонувати в клієнт-серверному режимі (причому і клієнтська, і серверна частини можуть працювати в різних ОС). Важливим фактором на користь вибору СУБД DB2 може бути й те, що у багатьох організаціях та установах України на цей час накопичений певний досвід роботи із продуктами корпорації IBM, зокрема з системою електронного документообігу Lotus Notes. За таких обставин СУБД DB2 може стати, наприклад, логічним розширенням її можливостей. Таким чином, запропонований алгоритм порівняльної оцінки ПЗ однакового функціонального призначення, задовольняючи головним вимогам наукового обґрунтування прийняття рішень, дає можливість:

- враховувати як якісні, так і кількісні характеристики в корисності ПЗ, а саме головні функції (критерії) та множинність цілей програмних засобів, а також можливий ефект від їх взаємодії;

- уникати необхідності пошуку функціональних залежностей корисності (важливості) кожної альтернативи від її часткових критеріїв;

- виключати застосування апарату регресійного аналізу;

- упорядковувати альтернативні варіанти, одержувати їхні вагові коефіцієнти та визначати їх місце в загальному переліку ПЗ, що порівнюються.

Найбільш ефективним змішаний метод буде за наявності великої кількості статистичних даних, отриманих в ході випробувань та дослідної експлуатації спеціалізованих ПЗ, що розроблені або оновлені за вимогою Замовника в ході окремих НДР та/або ДКР. Зважаючи на таке в перспективі зазначений алгоритм може бути використаним при створенні АС, спрямованих на забезпечення

розв'язання завдань інформаційної та інформаційно-аналітичної діяльності спеціалізованими підрозділами будь-якого підпорядкування.

Третім кроком у вирішенні завдання вибору конкурентоспроможного ПЗ є визначення комплексного показника якості програмної (програмно-технологічної) документації (ППТД) – $G_{T(II)}^{pr}$. В основу процесу оцінювання рівня якості ППТД, структурно-логічна схема алгоритму проведення якого наведена на рис. 4.11, покладений один з методів експертних оцінок, а саме метод анкетування.

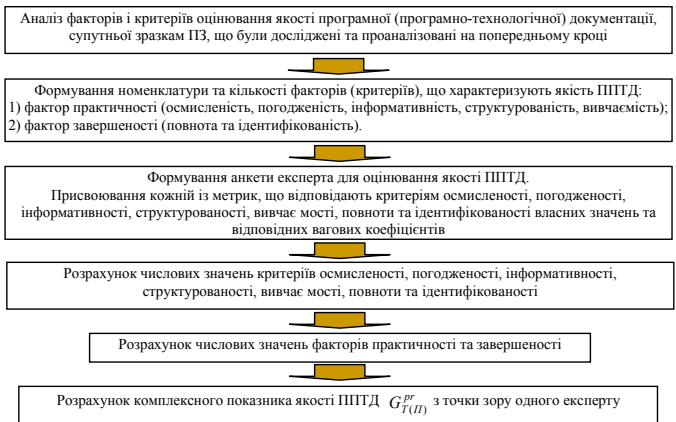


Рис. 4.11. Структурно-логічна схема алгоритму порівняльного оцінювання ППТД

Зважаючи на те, що зазначена задача є багатокритеріальною, її колегіальне вирішення в умовах невизначеності та конфлікту має відповідати загальним принципам проведення сертифікації та оцінки рівня якості ПЗ, що висвітлені у вступній частині роботи. Розкриємо суть запропонованого алгоритму з точки зору одного експерта. Під якість ППТД в даному випадку будемо розуміти сукупність властивостей, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби розроблювачів і користувачів, пов'язані з розробкою, використанням і супроводом ППТД відповідно до її призначення.

При цьому слід зазначити, що окрім таких властивостей, як завершеність, осмисленість, погодженість, структурованість, які характеризують якість ПЗ та притаманні супроводжувальним документам, ППТД характеризується і рядом специфічних властивостей, що відбивають її якість, а саме [183, 184]:

фактором практичності. Документ має властивість практичності, якщо весь матеріал, викладений у документі зрозумілий читаючій його особі;

критерієм погодженості. Документ має властивість погодженості, якщо він містить єдину нотацію, термінологію, символіку, значеннєвий зв'язок

усередині й з іншими документами;

критерієм інформативності. Документ має властивість інформативності, якщо він містить всю інформацію, необхідну й достатню для розуміння його читаючою особою;

критерієм структурованості. Документ має властивість структурованості, якщо його взаємозалежні частини (розділи й підрозділи) організовані в єдине ціле певним чином;

критерієм вивчуваності. Документ має властивість вивчуваності, якщо обсяг експлуатаційної документації його частини (розділів і підрозділів) не вимагає надмірної витрати часу для її вивчення;

критерієм осмисленості. Документ має властивість осмисленості, якщо він не містить надлишкової інформації;

фактором завершеності. Документ має властивість завершеності, якщо в ньому втримуються всі необхідні елементи змісту і цей зміст із достатньою повнотою відбиває аспекти прийнятих технічних рішень;

критерієм повноти. Документ має властивість повноти, якщо він розроблений відповідно до вимог до структури й змісту документа;

критерієм ідентифікованості. Документ має властивість ідентифікованості, якщо він містить всю інформацію про повне найменування документа, дату завершення розробки й про розроблювача.

На основі наведених вище властивостей документів, що характеризують їхню якість та ієрархічного дерева властивостей ПЗ (рис. 4.9), розроблена ієрархічна схема показників експлуатаційної якості документа (табл. 4.16) в якій значення попереднього i -го рівня визначаються значенням відповідних показників $(i + 1)$ -го рівня.

Таблиця 4.16

Якість документа							1-й рівень
Практичність					Завершеність		2-й рівень (фактори)
Осмисленість	Погодженість	Інформативність	Структурованість	Вивчуваність	Ідентифікованість	Повнота	3-й рівень (критерії)
B_{1_1}, B_{1_2}	$B_{2_1}, B_{2_2}, B_{2_3}, B_{2_4}$	B_{3_1}, B_{3_2}	B_{4_1}, B_{4_2}	B_{5_1}, B_{5_2}	A_1	A_2	4-й рівень (метрики)

При цьому факторам поставлена у відповідність сукупність специфічних критеріїв, що в свою чергу описані елементарними характеристиками, які отримали назву метрик. Кожному фактору 2-го рівня, кожному критерію 3-го рівня та кожній метриці 4-го рівня ієрархії за певним правилом може бути поставлене у відповідність деяке число (табл. 4.17, табл. 4.19). Обов'язковою

умовою при цьому є наступне: сума ваг факторів, критеріїв та метрик одного рівня завжди має дорівнювати одиниці.

Таблиця 4.17

Значення вагових коефіцієнтів факторів і критеріїв якості документа

Позначення факторів та критеріїв якості	Позначення вагових коефіцієнтів факторів та критеріїв якості	Значення вагових коефіцієнтів факторів та критеріїв якості	Сума вагових коефіцієнтів критеріїв якості
<ПРАКТИЧНІСТЬ>	$g1$		0.7
<Осмиленість>	$b1$	0,1	1.0
<Погодженість>	$b2$	0,15	
<Інформативність>	$b3$	0,4	
<Структурованість>	$b4$	0,1	
<Вивчуваність>	$b5$	0,25	
<ЗАВЕРШЕНІСТЬ>	$g2$		0.3
<Ідентифікованість>	$a1$	0,4	1.0
<Повнота>	$a2$	0,6	

При цьому значення факторів та критеріїв якості визначаються в такий спосіб (табл. 4.18) [185]:

Таблиця 4.18

Процедури визначення факторів та показників якості програмної документації

< завершеність > = $a1$ < ідентифікованість > + $a2$ < повнота > , де $a1, a2$ – вагові коефіцієнти відповідних показників 3-го рівня, причому $a1 + a2 = 1$;	(4.15)
< ідентифікованість > = $a11 \cdot A1$, де $a11$ – ваговий коефіцієнт метрики $A1$.	(4.16)
< повнота > = $a22 \cdot A2$, де $a22$ – ваговий коефіцієнт метрики $A2$.	(4.17)
< практичність > = $b1$ < осмиленість > + $b2$ < погодженість > + $+ b3$ < інформативність > + $b4$ < структурованість > + $b5$ < вивчаємість > , де $b1, b2, b3,$ $b4, b5$ – вагові коефіцієнти відповідних показників 3-го рівня, причому $b1 + b2 + b3 + b4 + b5 = 1$;	(4.18)
< осмиленість > = $b1_1 \cdot B1_1 + b1_2 \cdot B1_2 = \sum_i b1_i \cdot B1_i, i = \overline{1,2}$, де $b1_1, b1_2$ – вагові коефіцієнти метрик $B1_1$ і $B1_2$ відповідно; $b1_1 + b1_2 = \sum_i b1_i = 1$	(4.19)
< погодженість > = $\sum_i b2_i \cdot B2_i$, де $b2_i$ – ваговий коефіцієнт метрики $B2_i$; $\sum_i b2_i = 1, i = \overline{1,4}$	(4.20)
< інформативність > = $\sum_i b3_i \cdot B3_i$, де $b3_i$ – ваговий коефіцієнт метрики $B3_i$; $\sum_i b3_i = 1,$ $i = \overline{1,2}$	(4.21)
< структурованість > = $\sum_i b4_i \cdot B4_i$, де $b4_i$ – вагові коеф. метрик $B4_i$; $\sum_i b4_i = 1, i = \overline{1,2}$	(4.22)
< вивчуваність > = $\sum_i b5_i \cdot B5_i$, де $b5_i$ – вагові коефіцієнти метрик $B5_i$; $\sum_i b5_i = 1, i = \overline{1,2}$	(4.23)

Примітка: вираження < x > позначає числове значення показника властивості x .

За формулами (4.16), (4.17) та (4.19) – (4.23), що приведені у таблиці 4.18, з використанням даних анкети експерта (табл. 4.19), що регламентує значення метрик та їхніх вагових коефіцієнтів обчислюються значення критеріїв 3-го рівня таких, як:

- ідентифікованість; - осмисленість; - інформативність;
- повнота; - погодженість; - структурованість;
- вивчуваність;

Таблиця 4.19

Анкета експерта для оцінки якості програмної документації

Позначення метрики	Питання, на які повинен відповісти експерт для визначення значення метрики	Відповіді на питання	Знач. Метрики	Позначення вагового коефіцієнта метрики	Знач. вагового коеф-та метрики
A1	Чи містить документ всі необхідні розділи й підрозділи (відповідно до вимог до даного документа)?	1) Документ містить всі необхідні розділи й підрозділи 2) Документ містить 75% необхідних розділів і підрозділів 3) Документ містить менше 75% необхідних розділів і підрозділів	1,0 0,5 0	a11	1
A2	Чи досить повно розкритий матеріал розділів і підрозділів документа?	1) Матеріал всіх розділів документа розкритий досить повно 2) Досить повно розкритий матеріал 75% розділів документа	1,0 0,5	a22	1
B1 ₁	Чи має документ ознаки осмисленості?	1) Документ має ознаки осмисленості 2) Документ не має ознаки осмисленості	1,0 0,5	b1 ₁	0,5
B1 ₂	Чи містить документ надлишкову інформацію?	1) Документ не містить надлишкової інформації 2) Документ містить надлишкову інформацію	1,0 0,5	b1 ₂	0,5
B2 ₁	Чи у всіх розділах документа загальні поняття, фізичні величини тотожні?	1) У всіх розділах загальні поняття, фізичні величини й т.д. тотожні 2) Є один випадок розбіжності загальних понять, фізичних величин і т.д. 3) Є більше одного випадку розбіжності понять, фізичних величин і т.д.	1,0 0,5 0	b2 ₁	0,3
B2 ₂	Чи у всіх розділах (підрозділах) документа однакові скорочені позначення тотожні?	1) У всіх розділах однакові скорочені позначення тотожні. 2) Є один випадок нетотожності однакових скорочених позначень у документі 3) Є більше одного випадку нетотожності однакових скорочених позначень у документі	1,0 0,5 0	b2 ₂	0,2
B2 ₃	Чи відповідає зміст розділів (підрозділів) документа їхнім заголовкам?	1) Зміст всіх розділів (підрозділів) відповідає їхнім заголовкам 2) Є один випадок невідповідності змісту розділу (підрозділу) його заголовку. 3) Є більше одного випадку невідповідності змісту розділу (підрозділу) його заголовку	1,0 0,5 0	b2 ₃	0,4
B2 ₄	Чи вірно зазначені в документі посилання на інші документи?	1) У документі вірно зазначені всі посилання на інші документи. 2) Не всі посилання на інші документи зазначені вірно.	1,0	b2 ₄	0,1
B3 ₁	Чи містить документ достатню інформацію для розуміння всіх понять і фізичних величин	1) Документ містить достатню інформацію для розуміння всіх понять і фізич. величин 2) Документ містить недостатню інформацію для розуміння не більше 2-х понять або фізичних величин. 3) Документ містить недостатню інформацію для розуміння більше 2-х понять або фізичних величин	1,0 0,5 0	b3 ₁	0,8

Позначення метрики	Питання, на які повинен відповісти експерт для визначення значення метрики	Відповіді на питання	Знач. Метрики	Позначення вагового коефіцієнта метрики	Знач. вагового коефіцієнта метрики
$B3_2$	Чи всі скорочені позначення розшифровані	1) Всі скорочені позначення розшифровані в документі 2) У документі розшифровано 75% і менше всіх використаних скорочених позначень. 3) У документі не розшифровано більше 75% всіх використаних скорочених позначень	1,0 0,5 0	$b3_2$	0,2
$B4_1$	Чи дотримується порядок викладу матеріалу у відповідності зі структурою, заданою у вимогах	1) Порядок викладу матеріалу дотримується 2) Є несуттєва відмінність порядку викладу матеріалу від структури, даної в документі 3) Порядок викладу матеріалу істотно відрізняється від структури, даної у вимогах до документа.	1,0 0,5 0	$b4_1$	0,9
$B4_2$	Чи вірно зазначені посилання на розділи й підрозділи документа?	1) Всі посилання на інші розділи й підрозділи в документі зазначені вірно. 2) У документі не менше 75% всіх посилань зазначені вірно. 3) У документі не більше 75% всіх посилань зазначені вірно	1,0 0,5 0	$b4_2$	0,1
$B5_1$	Наскільки тривалим є процес вивчення документа?	1) Вивчення документа триває 1 або 2 доби. 2) Вивчення документа триває не менше 1-го тижня 3) Вивчення документа триває більше 1-го тижня	1,0 0,5 0	$b5_1$	0,5
$B5_2$	Чи всі розділи документа зрозумілі при вивченні?	1) Всі розділи документа зрозумілі при вивченні. 2) Зрозумілі при вивченні 75% розділів (підрозділів) документа. 3) Зрозумілі при вивченні менше 75% розділів (підрозділів) документа.	1,0 0,5 0	$b5_2$	0,5

За формулами (4.15) та (4.18) табл. 4.18 з використанням даних табл. 4.25 та значень отриманих попередньо показників 3-го рівня обчислюються значення комплексних показників (факторів) 2-го рівня, таких як:

а) завершеність ($G_1^{факт}$);

б) практичність ($G_2^{факт}$).

Оцінювання якості документа в цілому проводиться експертом з урахуванням вимог до структури й змісту кожного документа. Комплексний показник якості ППТД $G_{T(II)}^{pr}$ з точки зору одного експерту може бути обчислений за такою формулою [185]:

$$G_{T(II)}^{pr} = \left(\sum_{i=1}^n (g_i \cdot G_i^{факт}) \right) \cdot 100\%, \quad (4.24)$$

де g_i – вагові коефіцієнти факторів другого рівня ієрархії $G_i^{факт}$

n – число факторів (в даному випадку $n = 2$).

Прийняття рішення щодо придатності ППТД до застосування за

призначенням буде здійснюватися на підставі наступного правила:

якщо $90 \leq G_{T(I)}^{pr} \leq 100$, то ППТД вважається повністю придатною до застосування за призначенням;

якщо $45 \leq G_{T(I)}^{pr} < 90$, то ППТД вважається придатною до застосування за призначенням за умови її певного доопрацювання та доведення до необхідного рівня якості;

якщо $G_{T(I)}^{pr} < 45$, то ППТД не придатна до застосування за призначенням й потребує повного переопрацювання.

Розробникам програмної документації запропонований алгоритм дасть можливість одержати кількісну оцінку якості ППТД, встановити вимоги до рівня якості ППТД та розробити заходи спрямовані на її підвищення, а також встановити вимоги до засобів автоматизації та проведення порівняльного аналізу наявного програмного забезпечення.

Методи контролю рівня якості та алгоритм проведення випробувань програмних засобів АС

Основою будь-якої системи забезпечення якості є методи його забезпечення й контролю. Методи забезпечення якості [155] являють собою техніки, що гарантують досягнення певних показників якості при їхньому застосуванні. Методи контролю якості призначені для того, щоб переконатися, що певні характеристики якості ПЗ досягнуті. Самі по собі вони не можуть допомогти їхньому досягненню, вони лише допомагають визначити, чи вдалося одержати в результаті те, що хотілося, чи ні, а також знайти помилки, дефекти й відхилення від вимог.

Методи контролю якості ПЗ можна класифікувати в такий спосіб:

методи і техніки, зв'язані з'ясуванням властивостей ПЗ під час його роботи. Це, насамперед, всі види тестування, а також профілювання та вимірювання кількісних показників якості, які можна визначити за результатами роботи: ефективності за часом й іншими ресурсами, надійності, доступності й ін.;

методи і техніки, пов'язані з визначенням показників якості на основі симуляції роботи ПЗ за допомогою моделей різного роду. До цього виду відноситься перевірка на моделях (model checking), а також макетування, що використовується для оцінювання якості прийнятих рішень;

методи і техніки, призначені для виявлення порушень формалізованих правил побудови вихідного коду ПЗ, проектних моделей і документації. До методів такого роду відноситься інспектування коду, що полягає в цілеспрямованому пошуку певних дефектів і порушень вимог у ньому на основі

набору шаблонів, автоматизовані методи пошуку помилок у коді, не засновані на його інтерпретації, методи перевірки документації на погодженість і відповідність стандартам;

методи і техніки, пов'язані зі звичайним або формалізованим аналізом проектної документації й вихідного коду для виявлення їхніх властивостей. До цієї групи належать численні методи аналізу архітектури ПЗ, методи формального доказу властивостей ПЗ та формального аналізу ефективності застосовуваних алгоритмів.

В усіх цих методах і техніках застосовується такий науково-методичний апарат, як:

безпосереднє вимірювання показників якості шляхом підрахунку кількості входжень у той або інший програмний документ характерних одиниць, об'єктів, конструкцій тощо, а також шляхом виміру часу роботи різних пристроїв та обсягу зайнятої пам'яті ЕОМ при виконанні контрольних прикладів;

обробка текстів програм і програмної документації спеціальними програмними інструментами, так званими процесорами з метою контролю або одержання будь-яких показників, що характеризують їх якість;

тестування або інакше випробування програм (тестування – це спостереження за функціонуванням ПЗ в специфічних умовах з метою визначення ступеня відповідності ПЗ вимогам до нього);

експертне оцінювання на підставі вивчення програм і програмно-технологічної документації.

Алгоритм проведення випробувань типового програмного комплексу

Тестування (випробування), як відомо, є одним з найважливіших і практично єдиним з відомих методів контролю якості ПЗ, доступним кінцевому користувачу. Це пояснюється тим, що:

по-перше, саме по собі тестування не змінює ПЗ й відповідно не здатно впливати на ті метрики якості, які залежать тільки від самого ПЗ;

по-друге, тестування може служити методом контролю якості тих характеристик ПЗ, які проявляються при його функціонуванні.

Нині відомо достатньо методів, використовуваних для тестування програм і програмних комплексів. Основні з них наведені на рис. 4.12. Практично усі з цих методів передбачають виконання низки заходів, що передбачають: вибір об'єкту тестування; визначення мети та обсягу тестування; розробку програми і методики тестування; визначення умов і порядку проведення тестування. При тестуванні типового програмного комплексу (ТПК) об'єктом випробування виступає його програмне забезпечення (ПЗ) [147]. Метою випробування є перевірка ТПК на

відповідність технічним вимогам, сформульованим у Технічному завданні (ТЗ) на створення ПЗ. Основним змістом випробування є перевірка надійності ПЗ з погляду виконання ним функцій ТПК, заданих у ТЗ. При цьому продуктивність і функціональність ТПК повинні відповідати таким критеріям:

жодне значення поточної дати при роботі ТПК не повинне викликати переривання або збоїв;

функціональні можливості ТПК, пов'язані з датою, повинні бути однаковими до, під час і після настання, наприклад, високосного року;

в усіх інтерфейсах, БД та архівах сторіччя в будь-якій даті повинно визначатися або явно, або недвозначними алгоритмами, або правилами логічного виводу.

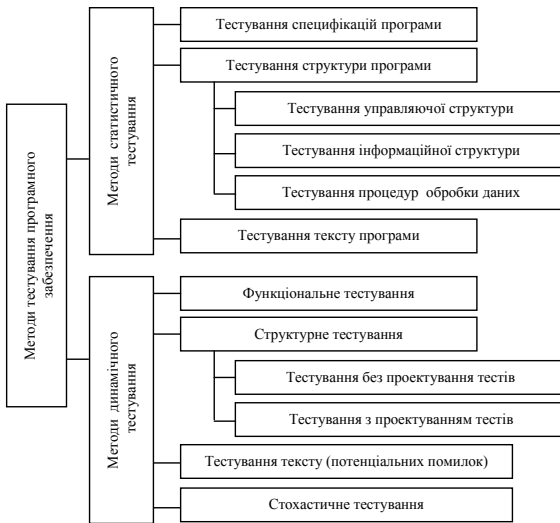


Рис. 4.12. Класифікація методів тестування програм

Як додаткові компоненти запропонованого для тестування ТПК можуть розглядатися такі компоненти.

1) інформаційне забезпечення в частині: відповідності структури БД (архіву) ТПК; інформаційного обміну між компонентами ТПК.

2) забезпечення інформаційної безпеки в частині: перевірки правомірності доступу користувача; захисту від несанкціонованого доступу.

Відповідність ТПК технічним вимогам, сформульованим у ТЗ, здійснюється перевіркою його надійності з погляду виконання заданих у ТЗ функцій, включаючи перевірку помилок при введенні, функціонування в заданих режимах, виконання програми обробки у випадку помилкових

ситуацій, відновлення результату при збоях ТПК. Перевірка надійності здійснюється за трьома визначальними критеріями відповідно до ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, а саме за критеріями: стабільності; стійкості до помилок та відновлюваності.

Перевірка стабільності ТПК включає:

- правильність обробки вхідного документа (файлу);
- повноту обробки помилкових ситуацій;
- контроль коректності вхідних даних;
- перевірку параметрів по діапазоні значень;
- обробку граничних значень;
- обробку невизначеностей.

Перевірка стійкості ТПК до помилок включає:

- діагностування помилково заданого формату дати у вхідних даних;
- можливість автоматичного обходу помилкової ситуації при уведенні неправильного формату дати;
- правильне завершення роботи ТПК при “неправильному” позначенні проблемного року;
- перевірку стійкості роботи ТПК при перекрученому поданні “проблемної” дати;
- можливість автоматичного виявлення помилково видаваної дати службою системного часу (BIOS, OS), видачу діагностичних повідомлень.

Перевірка відновлюваності ТПК включає:

- функціонування засобів відновлення ТПК у випадку появи помилки при уведенні або обробці;
- час формування заданого результату при завданні помилкової ситуації (неправильної “проблемної” дати).

Перевірка за зазначеними критеріями здійснюється шляхом обробки стандартного і необхідного обсягу “копій реальних” даних за допомогою комплексного тесту. “Копії реальних” даних на обробку передаються розробником у вигляді файлу на магнітному носії у форматі вхідного документа (або вхідного масиву при взаємодії із системою передачі даних). Допускається подання експертами додаткових тестів з оцінюванню ТПК.

Результати тестування вважаються вірними, якщо при послідовній обробці комплексних тестів вони повною мірою відповідають вимогам метрики якості “Повнота програмного забезпечення” відповідно до ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, тобто підтверджуються реалізація всіх основних та часткових функцій, всіх алгоритмів, всіх взаємозв'язків; всіх міжмодульних інтерфейсів та інтерфейсів з

користувачами, можливостей настроювання. При цьому сформовані вихідні дані (звіти) за результатами тестування мають відповідати вимогам, викладеним у ТЗ.

Для проведення тестування розробляються відповідні Програма і Методика. Тестування ТПК проводиться на стенді тестування Розробника відповідно до “Постановки завдання” на тестируємім ТПК, дійсної Програми і методики тестування в терміни за узгодженням із Замовником. Тестування ТПК проводить Розробник за участю представника постачальника (виробника) системно-технічного забезпечення ТПК і представника Замовника. Замовник представляється групою експертів, уповноваженою на підписання підсумкового Протоколу. При цьому всі компоненти системно-технічного забезпечення ТПК, а також компоненти його прикладного забезпечення повинні бути локально протестовані попередньо.

У процесі тестування ведеться “Журнал тестування”. У Журналі фіксуються дати, що викликали помилкове виконання або збій програми. Тестування закінчується оформленням підсумкового “Протоколу про результати тестування”, у якому відбиваються отримані результати тестування та який підписується керівником колективу Розробника, представником постачальника і групою експертів. За результатами тестування дається висновок про ступінь відповідності програмного забезпечення ТПК основним критеріям. Допускається складання “Протоколу про помилки”, виявлених у ході тестування, у якому вказуються терміни їхнього усунення й, за необхідності, термін повторного тестування.

4.6 Технологія оцінювання ступеня конкурентноспроможності технічних засобів АС. Вибір раціонального варіанта побудови систем автоматизації та АРМ (РСт) автоматизованої інформаційної системи

Методика призначена для формування обґрунтованого рішення щодо вибору раціонального для придбання технічного засобу (ПЕОМ, принтер, сканер, монітор тощо) перспективного АС серед обраної сукупності зразків-аналогів. Вона базується на визначенні та порівнянні їх складових з відповідними складовими базового технічного засобу як за загальними вимогами, так і за тактико-технічними характеристиками (ТТХ) та відповідними ним ваговими коефіцієнтами й ґрунтується на підході, розробленому і приблизно окресленому у літературі [123]. У цьому випадку за базовий зразок обирається технічний засіб (ТЗ), що відповідає тактико-технічним вимогам (ТТВ) до перспективних засобів досліджуваного класу. При цьому ТТВ до базового зразка (БЗ) задаються на підставі інформації, отриманої від Замовника. Вихідними даними для реалізації методики є:

d_T – відстань між базовим зразком та зразками-аналогами (ЗА) за ТТХ;

d_0 – відстань між структурними елементами базового зразка та кожного із зразків-аналогів за загальними вимогами;

d – показник комплексної (узагальненої) оцінки ступеня близькості складових базового зразка та зразків-аналогів.

Суть та специфічні особливості методики, блок-схема алгоритму якої надана на рис. 4.13, полягатимуть у такому.

Перший крок. З використанням візуального представлення здійснюється пошук співвідношень між базовим зразком та кожним зразком-аналогом з урахуванням таких умов:

1) вимоги до БЗ є частиною вимог до ЗА (тобто, одній ТТХ базового зразка відповідають, наприклад, дві-три характеристики зразка-аналога);

2) вимоги до ЗА є частиною вимог до БЗ (тобто, одній узагальненій характеристиці ЗА відповідає декілька ТТХ БЗ);

3) за загальними вимогами ЗА є кращим за БЗ (тобто, одній характеристиці БЗ відповідає декілька більш детальних характеристик ЗА, і в той же час вона є одним з декількох елементів, що відповідають іншій, більш загальній характеристиці ЗА);

4) за загальними вимогами БЗ є кращим за ЗА (перетинання їх вимог).

У випадку настання першої і другої ситуацій значення коефіцієнта a_1 залежить від сумарної кількості подібних співвідношень, яких за основними ТТХ згідно введеної нами умови, може бути не більше трьох. За умови, що подібні співвідношення взагалі відсутні – $q_1 = 0.25$. За умови виникнення третьої ситуації вибір значення коефіцієнта g_1 здійснюється користувачем, який в даному випадку виконує роль експерта. При цьому даний коефіцієнт оцінюється в якісному виді. Для цього задається візуальна шкала невідповідності, граничними значеннями якої є поняття “повна невідповідність” і “збіг”. Визначені граничні значення на практиці малоімовірні, тому оцінка може приймати лише проміжні значення.

Результатом є конкретне число в інтервалі $]q_1, 1[$, що відповідає точці, поставленій користувачем (одним з експертів) у візуальній шкалі. У випадку настання четвертої ситуації вибір значення коефіцієнта g_2 здійснюється користувачем за правилами, аналогічними правилу за яким обирається коефіцієнт g_1 з інтервалу $]0, q_2[$, який в даному випадку виконує роль експерта.

При цьому всі наведені вище коефіцієнти, а саме q_1 , q_2 , g_1 та g_2 , – для кожного зразка-аналога задаються користувачем-дослідником як вхідні дані.

Другий крок. Проводиться розрахунок відстані між БЗ та усіма ЗА за загальними вимогами з урахуванням того, що:

1) вимоги до БЗ є частиною вимог до ЗА:

$$d_0 = 1 - \frac{1+q_1}{2}, \text{ де } 0.3 < q_1 \leq 1.5; \quad (4.25)$$

2) вимоги до ЗА є частиною вимог до БЗ:

$$d_0 = 1 - \frac{1+q_2}{2}, \text{ } 0 \leq q_2 < 0.5; \quad (4.26)$$

3) перетинання вимог до ЗА та вимог до БЗ (ЗА краще БЗ):

$$d_0 = 1 - \frac{g_1}{2}, \text{ } q_1 < g_1 \leq 1; \quad (4.27)$$

4) перетинання вимог до БЗ та вимог до ЗА (БЗ краще ЗА):

$$d_0 = 1 - \frac{g_2}{2}, \text{ } 0 \leq g_2 < q_2. \quad (4.28)$$

Оцінювання близькості (відстані) між базовим зразком та зразком-аналогом з урахуванням ТТХ дасть можливість отримати оцінку невідповідності опису технічних засобів, що порівнюються з точки зору співпадіння списків їх ТТХ. Для вирішення даної задачі найдоцільнішим є застосування експертних методів, а саме:

методу парних порівнянь [81, 87], який передбачає, що користувач-дослідник (експерт) повинен у відповідності з певним правилом відповісти на запитання: наскільки зразка із сукупності однотипних, обраних для порівняння, кращі чи гірші один від другого за кожною ТТХ;

методу безпосередньої оцінки [81, 87], який передбачає, що користувач-дослідник (експерт) повинен надати кожному показнику у відповідності з певним правилом свій бал або коефіцієнт значимості.

Міркування експертів-спеціалістів в даному випадку зводяться у матриці парних порівнянь всіх комплексів (базового та зразків-аналогів) за кожною ТТХ та матрицю вагових коефіцієнтів важливості кожної ТТХ для технічних засобів, що підлягатимуть дослідженню. При цьому всі ці засоби попередньо розташовуються користувачами-дослідниками (експертами) в порядку убутання їх значимості. Першим номером у даному ряду фігуруватиме власне базовий зразок.

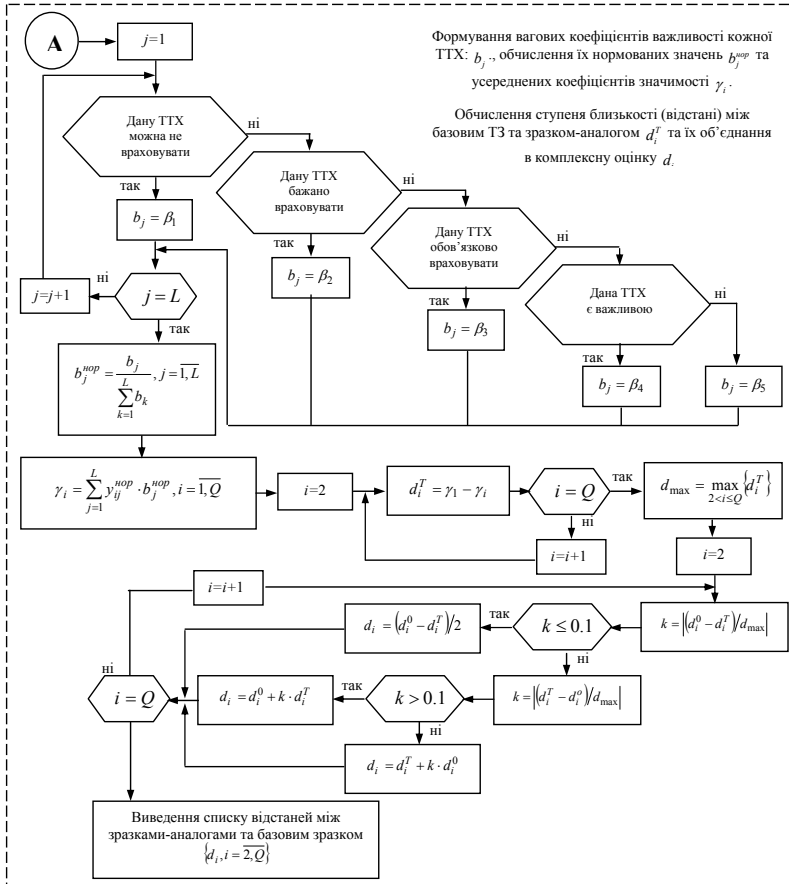


Рис. 4.13. (Закінчення)

Заповнення матриць парних порівнянь ТЗ із досліджуваної сукупності – $A_j = [a_{11}, \dots, a_m, \dots, a_{QQ}]$ за кожним j -м показником (ТТХ): $A_j = |a_m^{(j)}|$, $i, n = \overline{1, Q}$, $j = \overline{1, L}$ – відбуватиметься незалежними експертами за методом парних порівнянь на підставі кількісних оцінок ТТХ, досвіду експертів та їх інтуїції з використанням відповідної п'ятибальної шкали (де Q – кількість технічних засобів, що підлягають порівнянню) [191]. Причому в даному випадку елемент $a_m^{(j)}$ матриці (A_j) визначатиме вагу i -го технічного засобу відносно n -го при порівнянні їх за j -м показником. Пропонується таке правило, згідно з яким відбувається заповнення

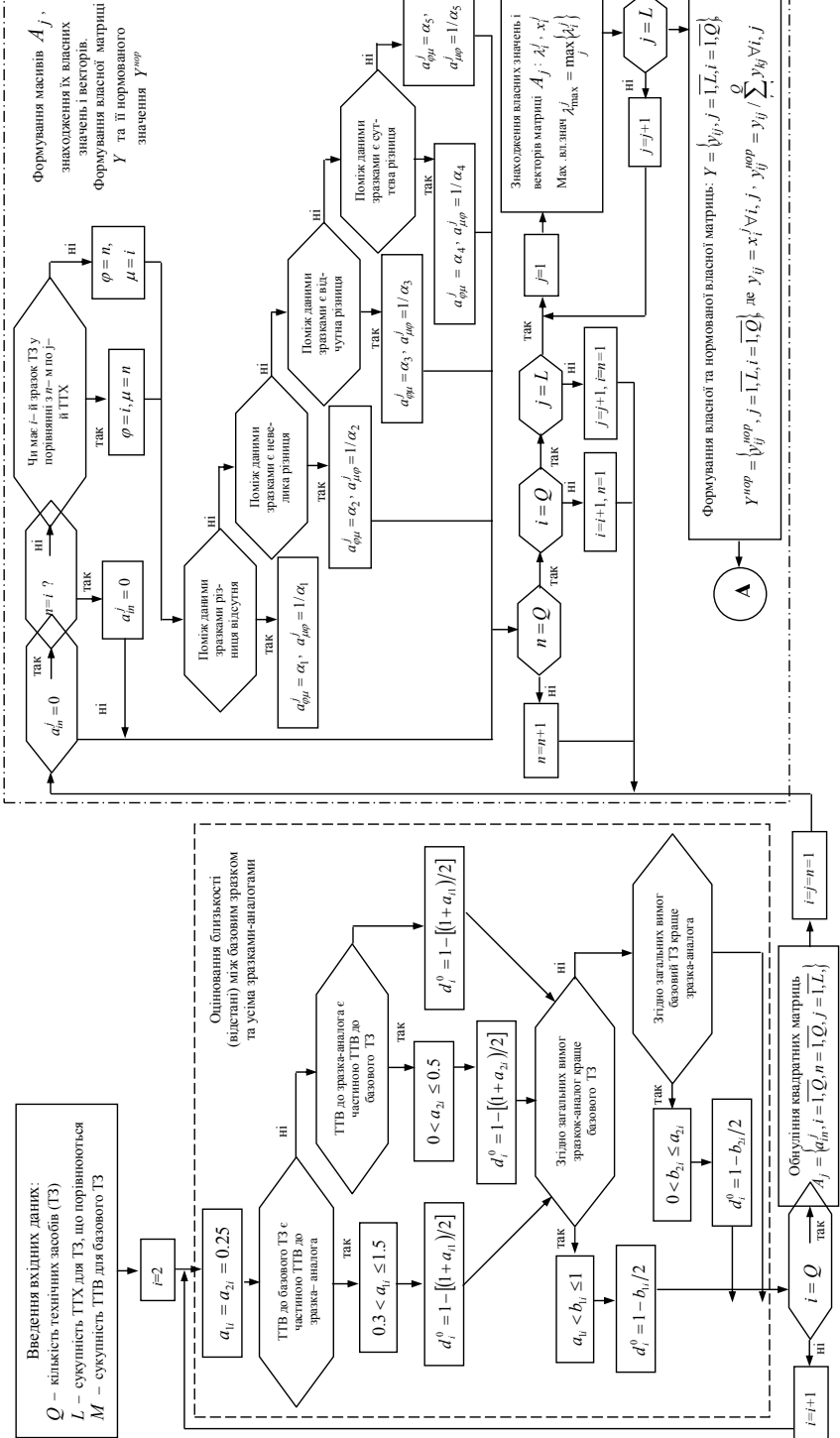


Рис. 4.13. Блок-схема алгоритму порівняльного оцінювання технічних засобів АС (початок)

матриць (A_j) :

$$\alpha_k = \begin{cases} \alpha_1 - \text{якщо зразки за } j\text{-м показником не відрізняються,} \\ \text{тобто мають однакову важливість;} \\ \alpha_2 - \text{якщо } i\text{-й зразок за } j\text{-м показником має} \\ \text{слабку перевагу над } n\text{-м зразком;} \\ \alpha_3 - \text{якщо перевага помітна;} \\ \alpha_4 - \text{якщо перевага } i\text{-го зразка за } j\text{-м показником суттєва;} \\ \alpha_5 - \text{якщо } i\text{-й зразок за } j\text{-м показником має} \\ \text{абсолютну перевагу над } n\text{-м зразком.} \end{cases} \quad (4.29)$$

Якщо $a_{in}^{(j)} = \alpha_k$, де $\alpha_k \neq 0$, $k = \overline{1,5}$ (наприклад, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 3$, $\alpha_3 = 5$, $\alpha_4 = 7$, $\alpha_5 = 9$), то $a_{ni}^{(j)} = \frac{1}{\alpha_k}$. Причому $a_{ii} = 1$. В результаті для кожного технічного засобу з досліджуваного класу, що підлягають порівнянню, формуються відповідні квадратні матриці, елементи яких задовольняють умові оберненої симетричності [191].

Третій крок. На підставі знайдених: максимального власного значення $\lambda_{\max A_j}$ кожної з матриць (A_j) та притаманного йому власного вектору – x_{Bn_j} (розрахунок може бути проведений засобами EXCEL, MathCAD тощо) формується набір локальних пріоритетів ТЗ з досліджуваної сукупності за кожною ТТХ (у подальшому в даній задачі не використовуються):

$$w_j = \lambda_{\max A_j}^{(j)} x_{Bn_j}. \quad (4.30)$$

Зі значень x_{Bn_j} формується узагальнена власна матриця:

$$A_{Bn_{ij}} = [x_{Bn_{i1}}, \dots, x_{Bn_{ij}}, \dots, x_{Bn_{iL}}] \quad j = \overline{1, L}, \quad (4.31)$$

та нормуються елементи кожного з її стовпчиків (вміщують в собі коефіцієнти важливості ПАК розвідки за однією з ТТХ):

$$A_{Bn_{ij}}^{\text{нор}} = A_{Bn_{ij}} / \sum_{i=1}^Q A_{Bn_{ij}}, \quad i = \overline{1, Q}, \quad j = \overline{1, L}. \quad (4.32)$$

Четвертий крок. Методом безпосередньої оцінки в межах заданої п'ятибальної шкали на підставі врахування значимості даних ТТХ під час вирішення однієї й тої самої задачі, згідно з міркуваннями H експертів-спеціалістів, відбувається формування матриці вагових коефіцієнтів важливості кожної ТТХ – $B = [b_{11}, b_{j1}, \dots, b_{LH}]$, де $b_{jh} = \beta_k$; $\beta_k \neq 0$; $k = \overline{1,5}$; $h = \overline{1, H}$; $j = \overline{1, L}$, для технічних засобів із досліджуваної сукупності. Правило, згідно з яким кожній ТТХ надається свій бал, обирається в даному випадку таким:

$$\beta_k = \begin{cases} \beta_1 & - \text{можливо не враховуват и} \\ \beta_2 & - \text{бажано враховуват и} \\ \beta_3 & - \text{враховуват и обов'язково} \\ \beta_4 & - \text{важливий} \\ \beta_5 & - \text{дуже важливий} \end{cases}, \quad (4.33)$$

при цьому, наприклад: $\beta_1 = 1, \beta_2 = 3, \beta_3 = 5, \beta_4 = 7, \beta_5 = 9$.

Нормована вага j -ї ТТХ визначається h -м експертом за формулою:

$b_{jh}^{нор} = b_{jh} / \sum_{j=1}^L b_{jh}$, де $h = \overline{1, H}$. Середнє значення вагового коефіцієнта (коефіцієнта значимості) для j -ї ТТХ, визначається H експертами, за формулою:

$$b_j^{середнє} = \sum_{h=1}^H b_{jh}^{нор} / \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^L b_{jh}^{нор}, \quad h = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, L}. \quad (4.34)$$

При цьому, якщо виникає ситуація коли декілька ТТХ зразка-аналога відповідають одній ТТВ базового зразка або ж навпаки – декілька ТТВ базового зразка відповідають одній ТТХ зразка-аналога, вирішується задача щодо приведення кількості розглядуваних ТТВ базового зразка та зразка-аналога до однакової кількості. Це реалізується шляхом підсумовування середніх значень їх вагових коефіцієнтів (коефіцієнтів значимості) – $b_j^{середнє}$:

$$b^p = \sum_{j=1}^p b_j^{середнє}. \quad (4.35)$$

За умови відсутності даних про ТТВ перспективного (базового) зразка, аналогічні ТТХ зразків-аналогів виключаються з подальшого розгляду. Значення вектора переваг для технічних засобів із досліджуваної сукупності отримуються як результат добутку узагальненої власної матриці (кореляційної функції технічних засобів за всіма ТТХ) на вектор усереднених коефіцієнтів значимості кожної ТТХ:

$$\gamma = A_{Вн_{ij}}^{нор} \cdot b_j^{середнє} = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1L} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{iL} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{Q1} & \dots & x_{Qj} & \dots & x_{QL} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1^{середнє} \\ \dots \\ b_j^{середнє} \\ \dots \\ b_L^{середнє} \end{bmatrix} = (\gamma_{зр}^{баз}, \gamma_{ан_1}, \dots, \gamma_{ан_i}, \dots, \gamma_{ан_Q}) \quad (4.36)$$

При цьому зважаючи на те, що попередньо технічні засоби із сукупності обраних для порівняння, були розташовані користувачами-дослідниками (експертами) в порядку убутання їх значимості, отриманий вектор переваг також відповідатиме даній закономірності. Причому на першому місці буде знаходитись

показник, що характеризуватиме базовий зразок.

П'ятий крок. Методом зіставлення проводиться оцінювання ступеня близькості (відстані) між базовим зразком та кожним зразком-аналогом за коефіцієнтом переваг γ . При цьому можливі такі варіанти:

1) існує однозначна відповідність між базовим зразком та зразком-аналогом. Відстань між зразком та аналогом d_T знаходиться за формулою:

$$d_T = \gamma_{зр}^{баз} - \gamma_{ан}; \quad (4.37)$$

2) зразок-аналог не відповідає базовому зразку. У даному випадку робиться висновок про те, що опис зразка-аналога обтяжений зайвими ТТХ які доцільно викреслити з процесу порівняння.

Шостий крок. Здійснюється об'єднання отриманих відстаней між структурними елементами базового зразка і кожного із зразків-аналогів за загальними вимогами (d_0) та відстаней між базовим зразком і зразками-аналогами за ТТХ (d_T) – у деяку комплексну (узагальнену) оцінку d для кожної пари базовий зразок – зразок-аналог із досліджуваної сукупності, алгоритм розрахунку якої був запропонований у літературі [81]. В даному випадку можливі такі співвідношення перерахованих вище оцінок:

а) отримані оцінки відстані близькі за значеннями;

б) оцінка відстані за загальними вимогами суттєво менша оцінки відстані за ТТХ;

в) оцінка відстані за ТТХ суттєво менша оцінки відстані за загальними вимогами.

Зважаючи на те, що значна кількість отриманих значень завдяки неточностям у формулах розрахунку значень комплексної оцінки d , наведеним у літературі [81], випадає з подальшого розгляду, проведемо їх певне коригування. Як результат:

1) у випадку а), коли отримані оцінки відстані близькі за значеннями $\left(\left| \frac{d_0 - d_T}{d_{\max}} \right| \leq 0.1 \right)$, показник узагальненої оцінки (d) може бути знайдений шляхом усереднення значень оцінок відстані за загальними вимогами та ТТХ за формулою:

$$d = \frac{d_0 + d_T}{2}, \quad (4.38)$$

де d_{\max} – максимальне значення коефіцієнта d_T .

Тобто, випадок а) є найбільш логічним і при високій вірогідності отриманих оцінок буде найбільш ймовірним зважаючи на повну залежність значень ТТХ та загальних вимог;

2) випадок б), коли оцінка відстані за загальними вимогами суттєво менша оцінки відстані за ТТХ, як правило, відповідає неповній кореляції між згадуваними оцінками. Для їх узгодження доцільно ввести коефіцієнт m_1 , що відображує невідповідність оцінок та вибирається за допомогою експертного аналізу:

$$\text{якщо } \frac{d_T - d_0}{d_{\max}} > 0.1 \text{ то } d = d_0 + m_1 d_T, \text{ де } m_1 = \left| \frac{d_0 - d_T}{d_{\max}} \right|; \quad (4.39)$$

3) випадок в), коли оцінка відстані за ТТХ суттєво менша оцінки відстані за загальними вимогами – можливий в силу тих же причин, що мають місце у випадку б). Для здійснення кореляції отриманих оцінок також пропонується введення деякого коефіцієнта m_2 , що відображує їх невідповідність:

$$\text{якщо } \frac{d_0 - d_T}{d_{\max}} > 0.1 \text{ то } d = d_T + m_2 d_0, \text{ де } m_2 = \left| \frac{d_0 - d_T}{d_{\max}} \right|. \quad (4.40)$$

Завдяки застосуванню коефіцієнтів узгодження m_1 та m_2 наведені вище залежності вироджуються у вибір максимального для кожного конкретного випадку значення ступеня оцінки близькості (відстані) базового зразка та зразка-аналога, що відповідає песимістичному вибору коефіцієнта узгодження. Вибір раціонального технічного засобу із обраної сукупності зразків-аналогів та обґрунтування доцільності проведення заходів з його закупівлі здійснюється на підставі отриманих значень комплексної (узагальноної) оцінки d . При цьому для проведення заходів із закупівлі обирається той зразок із всіх можливих пар “базовий зразок – зразок-аналог із досліджуваної сукупності”, для якого коефіцієнт комплексної (узагальноної) оцінки буде найменшим.

Реалізація методики дасть можливість:

оцінити ступень близькості (відстань) між базовим зразком ТЗ АС та кожним зразком-аналогом урахуваючи при цьому велику кількість загальних вимог, ТТХ та відповідних ним вагових коефіцієнтів;

на підставі показника комплексної (узагальноної) оцінки d та правила, сформульованого вище, провести порівняння однотипних технічних засобів перспективного АС та зробити обґрунтований вибір серед них засобу, раціонального для закупівлі (придбання).

Порівняльне оцінювання альтернативних варіантів побудови систем автоматизації

Перспективна автоматизована інформаційна система (АІС), як й практично всі інформаційні, інформаційно-аналітичні, інформаційно-пошукові та інші,

аналогічні їм системи призначена для задоволення потреб користувачів у забезпеченні надійного і своєчасного подання повної, достовірної, конфіденційної інформації, а також її повній та ефективній обробці. Ступінь виконання цих потреб характеризує якість функціонування АІС з погляду конкретного користувача.

В основу порівняльного оцінювання альтернативних варіантів побудови перспективного АІС покладемо один з методів експертних оцінок, а саме так званий “метод Дельфа” [192], включивши при цьому до складу експертної групи представників розроблювача, Замовника та науково-дослідних установ Замовника, а також фахівців-експлуатаційників та кваліфікованих користувачів. Для проведення порівняльного оцінювання визначимо набір критеріїв, що характеризує перспективну АІС найбільш повно й надамо вагу важливості кожної з них у вирішенні властивих системі функцій. При цьому для визначення якості перспективної АІС використаємо критерії (табл. 4.20):

відмовостійкості – характеризується показниками надійності, тобто здатності АІС безвідмовно та з досить великою ймовірністю протягом заданого періоду часу виконувати функції при заданих умовах на вихідних даних з області визначення;

ефективності – характеризується відношенням рівня послуг, надаваних АІС користувачеві при заданих умовах, до обсягу використовуваних ресурсів;

сумісності – характеризується ступенем складності СПЗ, тобто структурованістю побудови програм, взаємозв’язком їх окремих частин тощо;

продуктивності – характеризується здатністю АІС виконувати певний набір функцій, що задовольняє заданим або уявним потребам користувачів.

На додачу до цього будемо виходити з припущення, що для одержання незалежних експертних результатів треба опитати, наприклад, десять фахівців з різних організацій, яким у свою чергу необхідно щодо обраних критеріїв, що характеризують АІС, заповнити відповідну таблицю-анкету (табл. 4.20). При цьому кожен експерт у відповідності зі своїми вимогами повинен ранжувати обрані критерії по одному альтернативному рішенню – якості системи.

Враховуючи таке на першому етапі роботи кожним експертом разом із Замовником призначаються вагові коефіцієнти важливості для γ_{li} – l -го показника i -го критерію та R_i -го критерію в цілому.

Для цього доцільно використати наступну шкалу:

5 – досить важливо, щоб даний показник мав високе значення;

4 – важливо, щоб даний показник мав високе значення;

3 – добре б мати високе значення даного показника;

2 – до деякої міри корисно мати високе значення даного показника;

Анкета експерта щодо оцінювання критеріїв і показників якості перспективного АІС

Критерій оцінювання АС	Вага критерію R_i	Показник				Вага показника γ_d	Розрахункова оцінка показника			Знаки: Краще «+»; гірше «-» «	Комплексе на оцінка критерію $R_{гд}^j$
		Показник та функція, що йому притаманна	Міра виміру	Шкала виміру	Ідеальна кількість $\Pi_{i,ideal}$		рахункова кількість Π_i	Значення $K_{дi}$			
Відмовостійкість		Завершеність: наробіток на відмову при відсутності рестарту.	год.	10–1000							
		Стойкість: наробіток на відмову при наявності автоматичного рестарту	год.	10–1000							
		Відновованість: тривалість відновлення	хв.	10^{-2} –10							
		Доступність-готовність: відносний час працездатного функціонування	імовірність	0.7–0.99							
Ефективність		Час відлигу: час одержання результатів на типові завдання	сек.	1–1000							
		Пропускна здатність: число типових завдань, що виконують в одиницю часу	число у хв.	1–1000							
		Відносна величина використання ресурсів ЕОМ при нормальному функціонуванні ПЗ	імовірність	0.7–0.99							
		Вивчуваність: тривалість вивчення програмного забезпечення	год.	1–1000							
Сумісність		Змінюваність: тривалість підготовки змін програмного забезпечення	год.	1–1000							
		Простота установки: тривалість інсталяції програмного забезпечення	год.	1–100							
		Заміщуваність: тривалість заміни компонентів програмного забезпечення	год.	1–100							
		Відповідність: тривалість реалізованої функціональності, закладений в ПЗ і наведених у документації	–	1–10							
Продуктивність		Взаємодія з іншими інформаційними системами й погодженість при збереженні даних	–	1–10							
		Тривалість роботи АС і повнота контролю її стану	год.	10–1000							

1 – при низьких значеннях даного показника відчутних втрат не передбачається, - виходячи при цьому з того, що вага найменш відповідального критерію має дорівнювати одиниці.

На другому етапі роботи кожним експертом здійснюється розрахункова оцінка l -го показника i -го критерію – K_{il} , з погляду повноти реалізації властивої йому функції за формулою:

$$K_{il} = \frac{\eta_l}{\eta_{l_{\text{ідеал}}}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, n_l}. \quad (4.41)$$

де η_l – рахункова кількість одиниць l -го показника i -го критерію, що характеризують повноту реалізації тієї або іншої функції; $\eta_{l_{\text{ідеал}}}$ – ідеальна кількість таких одиниць (повинна бути визначена в технічних умовах на створення АС та відповідному ТЗ); n – число критеріїв; n_l – число показників i -го критерію.

Таким чином, такі, здавалось би кількісно невимірні критерії як: “відмовостійкість”, “ефективність”, “сумісність” і “продуктивність”, – можуть бути виражені через чисельні показники. Причому $K_{il} \in [0,1]$.

На третьому етапі роботи кожен експерт проводить комплексну оцінку i -го критерію. При цьому $x_{q_{il}}^j$ – ранг i -го критерію по альтернативному рішенню q , приписуваний j -м експертом обчислюється за формулою:

$$x_{q_{il}}^j = \frac{1}{n_l} \cdot \sum_{l=1}^{n_l} (K_{il} \cdot \gamma_{il}), \quad q = \overline{1, Q}, \quad (4.42)$$

де K_{il} – експертна оцінка l -го показника i -го критерію; γ_{il} – ваговий коефіцієнт важливості l -го показника i -го критерію; Q – загальна кількість варіантів АС, що підлягають оцінюванню.

На цьому ж етапі експертами на підставі отриманих комплексних оцінок i -го критерію попередньо визначається ступінь впливу кожного з критеріїв на якість системи. Для цього в передостанній графі таблиці-анкети (табл. 4.20) прописують знак:

(+) – означає, що якість АС поліпшується з поліпшенням даної критерію;

(–) – означає, що якість АС погіршується з погіршенням даної ознаки (критерію).

На четвертому етапі:

по-перше, формується узагальнена таблиця з комплексних оцінок i -х критеріїв для варіантів побудови АС, отриманих кожним з експертів у ході виконання попередніх етапів роботи;

по-друге, здійснюється сумарне ранжирування по альтернативному рішенню q : $\sum_{j=1}^m x_{q_1}^j, \sum_{j=1}^m x_{q_2}^j, \dots$, де m – кількість задіяних в роботі експертів;

по-третє, визначається коефіцієнт згоди W_q між існуючими думками фахівців за формулою [82, 88]:

$$W_q = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m (x_{q_i}^j) - \frac{1}{2} \cdot m \cdot (n+1) \right\}^2}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^3 - n) + m \cdot \frac{1}{12} \cdot \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j)}, \quad (4.43)$$

де t_j – число повторень кожного рангу в ранжируванні, даному j -м експертом.

Якщо $W_q = 0$, то погоджена точка зору фахівців з даного ранжирування відсутня. Якщо $W_q = 1$ – погодженість думок повна.

Для оцінювання значимості результатів при $n \leq 7$ варто використати розподіли Фішера, при $n > 7$ – розподіл χ^2 . Припустимо, що в ході оцінювання перспективної АІС була сформована таблиця (табл. 4.21) округлених даних:

Таблиця 4.21

Узагальнені результати

№ експерта	Критерій $x_{q_i}^j$			
	Відмовостійкість	Ефективність	Сумісність	Продуктивність
1	1	2	4	3
2	2	3	1	4
3	3	2	1	4
4	1	2	3	4
5	1	3	4	2
6	1	2	3	4
7	1	2	4	3
8	2	3	1	4
9	3	4	2	1
10	1	2	4	3
Сумарні ранги критеріїв x_{Σ}	16	25	27	32
Ранжирування критеріїв	1	2	3	4

Виходячи зі значень, наведених у таблиці 4.21, коефіцієнт згоди буде дорівнювати:

$$W_q = \frac{\sum_{i=1}^4 \left\{ \sum_{j=1}^{10} (x_{q_i}^j) - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (4+1) \right\}^2}{\frac{1}{12} \cdot 10^2 \cdot (4^3 - 4)} \approx 0.268. \quad (4.44)$$

Застосувавши для оцінки значимості отриманого результату статистичні таблиці розподілу Фішера для $n = 4$ й $W_q = 0.268$ можна зробити висновок, що

погодженість між думками експертів існує з імовірністю ≈ 0.99 .

Представивши результати таблиці 4.21 (сумарні ранги критеріїв) у вигляді вектора-рядка [83, 96]:

$$x_{\Sigma} = \|x_{qa}^j\| = \|16 \quad 25 \quad 27 \quad 32\| \quad (4.45)$$

і позначивши вагу найбільш відповідального критерію через $v_1 = 2$, а найменш відповідального через $v_4 = 1$ за формулою:

$$v_q = v_4 + \frac{y_q - y_4}{y_1 - y_4} \cdot (v_1 - v_4) \quad (4.46)$$

знайдемо ваги інших критеріїв, де:

$y_1 = 16$ – сумарний ранг найбільш відповідального критерію;

$y_4 = 32$ – сумарний ранг найменш відповідального критерію.

Після обчислень отримаємо: $v_2 = 1.44$, $v_3 = 1.31$.

Провівши нормування розрахованих ваг критеріїв – v_1 , v_2 , v_3 і v_4 , сформуємо табл. 4.22.

Таблиця 4.22

№ критерію	Нормовані ваги критеріїв			
	Критерій			
	Відмовостійкість	Ефективність	Сумісність	Продуктивність
Нормована вага критерію v_q^{norm}	0.347	0.250	0.227	0.176

Для збільшення коефіцієнта згоди W_q по ранжируванню запропонованих критеріїв можна по черзі виключати одного або декількох експертів. Виключається або ж пояснює свій підхід до ранжирування критеріїв, як правило, експерт, думка якого найбільше впливає на загальний коефіцієнт згоди інших фахівців. Після цього по формулах, застосовуваних на другому та третьому етапах визначається значення комплексної оцінки i -го критерію, а по формулам четвертого етапу – їхня вага. Остаточне нормування ваг досліджуваних критеріїв, що характеризують перспективну АІС, визначається для максимального коефіцієнта згоди.

На п'ятому етапі проводиться порівняння нормованої величини значення, що прийняв даний критерій і припустимих значень, визначених у технічних умовах на створення АІС та відповідному технічному завданні. При виконанні умови критерій позначається як такий, що позитивно пройшов випробування.

На шостому етапі обчислюється [193, 194] комплексний показник якості досліджуваної системи по альтернативному рішенням $q - K_q^{total}$, за формулою:

$$K_q^{total} = \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (v_{q_i}^{norm} \cdot R_i^{OPP}) \right) \cdot 100\%, \quad (4.47)$$

де $v_{q_i}^{norm}$ – нормована вага i -го критерію; n – кількість критеріїв.

Для визначення вагового коефіцієнта R_i^{OPP} кожного критерію використовують дані з матриці вагових коефіцієнтів, складеної на основі думок експертів за результатами заповнення таблиці-анкети (табл. 4.20):

$$\begin{pmatrix} R_{11} & \dots & R_{1j} & \dots & R_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{i1} & \dots & R_{ij} & \dots & R_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & \dots & R_{nj} & \dots & R_{nm} \end{pmatrix}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (4.48)$$

де n – кількість критеріїв; m – кількість задіяних в роботі експертів.

Ваговий коефіцієнт R_i^{OPP} розраховується як середнє значення вагового коефіцієнта важливості кожного з критеріїв, визначене m незалежними експертами:

$$R_i^{OPP} = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}^{nop}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij}^{nop}}, \quad (4.49)$$

де R_{ij}^{nop} – нормована вага i -го критерію по альтернативному рішенню q , приписувана j -м експертом:

$$R_{ij}^{nop} = R_{ij} \Big/ \sum_{i=1}^n R_{ij}. \quad (4.50)$$

Якщо розгляду підлягає декілька альтернативних рішень q перспективної АІС, то остаточний вибір серед них раціонального варіанта буде здійснюватися на підставі наступного правила: якщо $K_q^{total} \geq K_{q+1}^{total}$, то q -й варіант перспективної АІС є більше якісним у порівнянні з $q+1$ та навпаки, якщо $K_q^{total} = K_{q+1}^{total}$, то варіанти рівнозначні. За раціональний вибирають той варіант перспективної АІС, якому відповідає $K_q^{total} = \max$. Структурно-логічна схема алгоритму реалізації методики надана на рис. 4.14.

Використання запропонованого підходу дасть можливість кінцевому користувачеві визначати рівень впливу кожного критерію на якість функціонування АІС, обчислювати комплексні показники якості його альтернативних варіантів та здійснювати їх порівняльний аналіз, оцінювати чутливість комплексних показників якості при зміні міркувань учасників експертної групи тощо. На підставі отриманих результатів ОПП зможе серед

деякого розмаїття альтернативних рішень обрати раціональний з точки зору якості варіант побудови перспективного АІС та сформувавши рекомендації з підвищення ефективності, продуктивності і надійності його застосування.

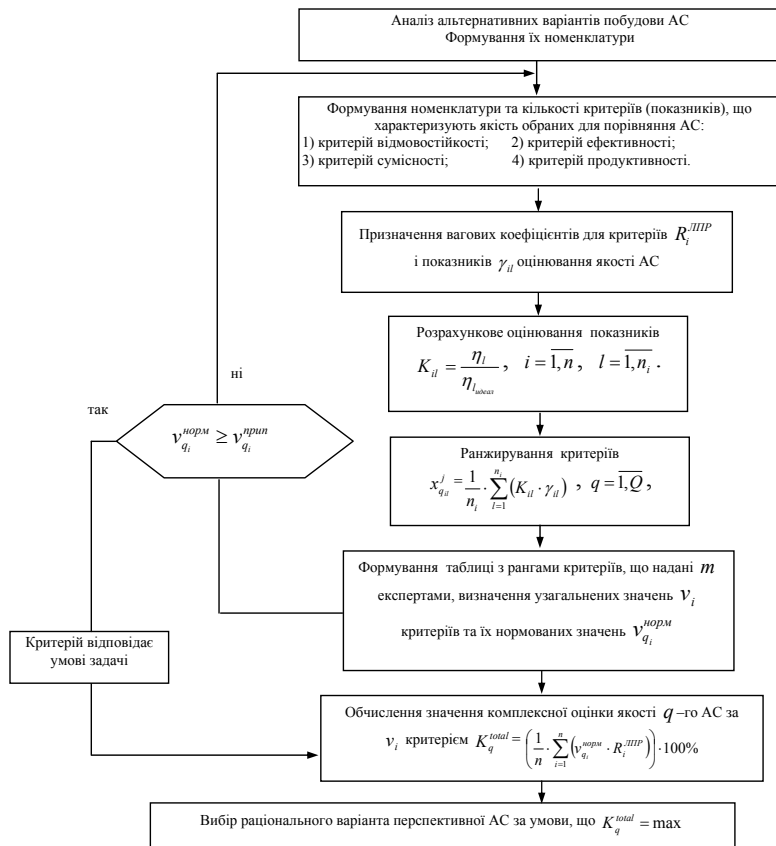


Рис. 4.14. Структурно-логічна схема алгоритму порівняльного оцінювання альтернативних варіантів побудови перспективного АІС

Алгоритм вибору раціонального варіанту побудови АРМ (РСт) автоматизованої ІС

Одним з головних структурних елементів перспективної АІС є АРМ та РСт користувачів. За звичай, під АРМ (РСт) розуміють [127, 195] діалогові професійно-орієнтовані індивідуальні й групові (колективні) системи обробки інформації, що розташовуються безпосередньо на робочих місцях обслуговуючого персоналу і фахівців (користувачів АІС) та які призначені для

автоматизації діяльності зазначених посадових осіб шляхом реалізації інформаційних технологій у процесах виконання ними встановлених функцій. В цьому випадку індивідуальні АРМ характерні здебільшого, як відомо, для обслуговуючого персоналу АС та керівників різних рангів, а групові – для осіб, що готують інформацію для керівників з метою її подальшого використання при прийнятті ними обґрунтованих управлінських рішень. В них має бути забезпечена максимальна наближеність зазначених фахівців до машинних засобів обробки інформації та максимальна автоматизація рутинних процесів.

Нині множина відомих АРМ, може бути класифікована за такими узагальненими ознаками: функціональними (наукова діяльність, організаційне керування тощо), експлуатаційними (індивідуальний, груповий, мережний) та/або кваліфікаційними (професійні, непрофесійні). Їх структура та принципи функціонування такі, як: системність, гнучкість, стійкість, ефективність, ергономічність, максимальна орієнтація на кінцевого користувача, – вимагають розробки сукупності видів забезпечення: технічного, математичного, програмного, інформаційного, організаційного та інших. Саме наявність останніх надасть можливість користувачам, виконуючи певну послідовність викладених нижче та доповнюючих один одного кроків, обрати уніфіковане АРМ серед множини існуючих у якому максимальне значення показника продуктивності – P_{\max} буде більшим або дорівнюватиме гранично припустимому значенню даного показника - P_{dopyst}^{gr} ($P_{\max} \geq P_{dopyst}^{gr}$), а витрати на придбання, транспортування, монтаж, налагодження та пуск технічних, а також придбання, установку та настроювання програмних засобів будуть мінімальними. Це, в свою чергу, дасть можливість користувачам у ході виконання ними посадових обов'язків оперативно і ефективно реалізовувати власні інформаційні та обчислювальні запити.

Перший крок. Обираючи конфігурацію уніфікованого АРМ, призначеного для вирішення структурними підрозділами організації завдань з інформаційного та інформаційно-аналітичного забезпечення керівництва, будемо вважати що, загальні витрати на створення такого АРМ ($C_{\max+прогр}^{АРМ}$) складаються з витрат на (рис. 4.15):

технічне забезпечення, куди входять, наприклад, витрати на закупівлю системного блоку – C_{blok}^{syst} , монітора – C_{mnt} , сканера – C_{sknr} і принтера – C_{prm} ;

ПЗ, що включає витрати на придбання загального ПЗ (ЗПЗ), в першу чергу ОС – C_{ZPZ} та спеціального ПЗ (СПЗ) – C_{SPZ} ;

$$C_{mex+прозр}^{APM} = C_{blok}^{syst} + C_{mon} + C_{sknr} + C_{prn} + C_{ZPZ} + C_{SPZ} \cdot \quad (4.51)$$

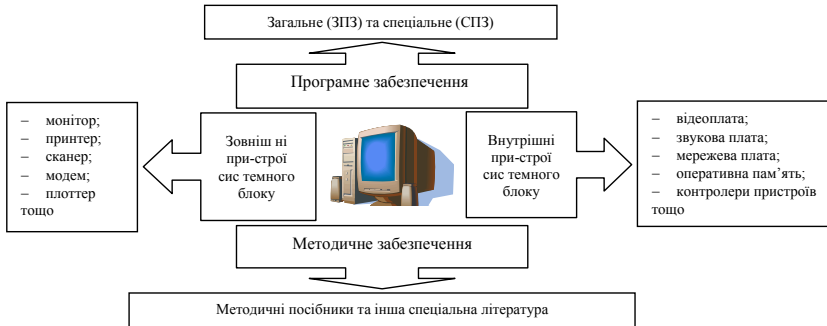


Рис. 4.15. Схема комплектації ПЕОМ для створення уніфікованого АРМ

Перелік зовнішніх і внутрішніх пристроїв, а також програмного забезпечення уніфікованого АРМ в цьому випадку наведений як приклад і не є достатнім. Його конкретна комплектація визначається місцем АРМ в інформаційному середовищі конкретної установи, характером застосування й ступенем її участі в інформаційно-аналітичних процесах.

Другий крок. Виходячи з того, що продуктивність кожної складової уніфікованого АРМ може бути виражена лінійною функцією від витрат, які необхідні для їх придбання:

$P_{blok}^{syst} = K_1 \cdot C_{blok}^{syst}$ - показник продуктивності системного блоку;

$P_{mnt} = K_2 \cdot C_{mnt}$ - показник продуктивності монітора;

$P_{sknr} = K_3 \cdot C_{sknr}$ - показник продуктивності сканера;

$P_{prn} = K_4 \cdot C_{prn}$ - показник продуктивності принтера;

$P_{ZPZ} = K_5 \cdot C_{ZPZ}$ - показник продуктивності ЗПЗ;

$P_{SPZ} = K_6 \cdot C_{SPZ}$ - показник продуктивності СПЗ, -

обчислимо нормуючі коефіцієнти $K_1 - K_6$, які фактично визначають споживчу ефективність обладнання АРМ і ПЗ, тобто показують взаємозв'язок між вартістю зазначених складових й показниками їх продуктивності.

Для розрахунку зазначених коефіцієнтів необхідно на підставі даних виробника та експертних оцінок одержати значення показників продуктивності обладнання і ПЗ, а також цін на них, враховуючи, що залежність між показниками продуктивності та ціною є величиною лінійною, побудувати

апроксимуючу пряму, наприклад, за методом найменших квадратів та обчислити значення цих коефіцієнтів. Вони дорівнюватимуть котангенсу кута нахилу апроксимуючої прямої до прямої показників продуктивності або надійності обладнання та ПЗ. Запропонований підхід розглянемо на прикладі розрахунку нормуючого коефіцієнта для можливих конфігурацій системного блоку АРМ. Оцінювати їх будемо за такими параметрами (табл. 4.23): тактовій частоті процесора (ГГц); тактовій частоті шини (МГц); обсягу оперативної пам'яті (Мб); обсягу жорсткого диску (Гб) та його швидкодії.

Таблиця 4.23.

Параметри оцінювання системних блоків та їх значення							
№	Тактова частота процесора, ГГц	Тактова частота шини, МГц	Обсяг ОП, Мб	Обсяг HDD, Гб	Швидкодія HDD	Продуктивність %	Ціна, \$
1	Duron 700	133	1 x 128 DIMM	20	7200	30	175
2	Duron 1200	133	1 x 256 DDR	40	7200	45	222
3	Duron 1600	133	1 x 256 DDR	40	7200	55	258
4	Duron 1800	233	1 x 256 DDR	80	7200	65	306
5	Athlon XP1 1700+	233	1 x 128 DIMM	20	7200	75	229
6	Athlon XP1 1800+	333	1 x 128 DIMM	40	7200	60	296
7	Athlon XP1 2400+	333	512 DDR	80	7200	95	320
8	Celeron 433	133	1 x 64 DIMM	10	5400	20	89
9	Celeron 633	133	1 x 128 DIMM	10	7200	30	145
10	Celeron 1000	233	1 x 128 DIMM	10	7200	40	159
11	Celeron 1700	333	1 x 256 DDR	40	7200	50	254
12	Celeron 1700	333	1 x 256 DDR	80	7200	55	283
13	Celeron 2000	333	1 x 256 DDR	120	7200	60	296
14	Celeron 2400	333	1 x 256 DDR	80	7200	60	336
15	Celeron 2400	333	1 x 512 DDR	120	7200	70	490
16	P 4-1800	533	1 x 256 DDR	40	7200	90	367
17	P 4-1800	533	1 x 256 DDR	120	7200	92	395
18	P 4-2000	533	1 x 128 DDR	40	7200	95	318
19	P 4-2400	800	1 x 512 DDR	80	7200	100	510

Аналіз даних, наведених у табл. 4.23, дає можливість зробити висновок про те, що одною з кращих (серед оцінованих) конфігурацій системного блоку є варіант під № 19 – P 4 - 2400. Показник його продуктивності P_{\max} , прийемо за 100% й відносно нього обчислимо значення показників продуктивності інших конфігурацій системних блоків АРМ з табл. 4.23.

Отримавши їх, побудуємо графік залежності цих показників від відповідних ним значень ціни (рис. 4.16). За даними графіку визначимо котангенс кута нахилу апроксимуючої прямої до прямої показників продуктивності можливих конфігурацій системних блоків АРМ. Для наведеного прикладу він становитиме: $K_1 = ctg(\gamma_1) = 0.26$. Розрахувавши аналогічним чином нормуючі коефіцієнти для моніторів, принтерів, сканерів і програмного забезпечення отримаємо:

$$K_2 = 0.174; K_3 = 0.029; K_4 = 0.099; K_5 = 0.67; K_6 = 0.27.$$

Третій крок. Цільову функцію, яку необхідно мінімізувати сформуємо у такий спосіб:

$$F(C_{blok}^{syst}, C_{mon}, C_{sknr}, C_{prn}, C_{ZPZ}, C_{SPZ}) \xrightarrow{v} \min, \quad (4.52)$$

за таких обмежень:

$$\begin{aligned} P_{dopyst_1}^{gr} \leq K_1 \cdot C_{blok}^{syst} \leq 100; & \quad P_{dopyst_2}^{gr} \leq K_2 \cdot C_{mnt} \leq 100; & \quad P_{dopyst_3}^{gr} \leq K_3 \cdot C_{sknr} \leq 100; \\ P_{dopyst_4}^{gr} \leq K_4 \cdot C_{prn} \leq 100; & \quad P_{dopyst_5}^{gr} \leq K_5 \cdot C_{ZPZ} \leq 100; & \quad P_{dopyst_6}^{gr} \leq K_6 \cdot C_{SPZ} \leq 100; \\ C_{blok}^{syst} > 0; & \quad C_{mon} > 0; & \quad C_{sknr} > 0; & \quad C_{prn} > 0; & \quad C_{ZPZ} > 0; & \quad C_{SPZ} > 0. \end{aligned}$$



Рис. 4.16. Залежність між показниками ціни та продуктивності

Зазначені вище вирази відбивають класичне завдання лінійного програмування, де у якості вхідних даних мають бути задані значення обчислених на кроці №2 нормуючих коефіцієнтів для всіх складових уніфікованого АРМ та гранично припустимі значення показників їх продуктивності ($P_{dopyst_i}^{gr}$, де $i = \overline{1, N}$, $N = 6$). Для розв'язання цього завдання доцільно скористатися можливостями табличного редактора *Microsoft Office Excel*, який забезпечує вирішення складних лінійних завдань лінійного програмування з багатьма змінними й обмеженнями, або можливостями *MathCad (MATHLab)* та ним подібних пакетів математичних програм. В результаті отримаємо значення припустимих витрат на закупівлю системного блоку АРМ раціональної конфігурації - C_{blok}^{syst} , монітора - C_{mnt} , сканера - C_{sknr} , принтера - C_{prn} , операційної системи - C_{ZPZ} та спеціального програмного забезпечення - C_{SPZ} , які відповідатимуть умові.

Четвертий крок. За формулою $C_{заг} = C_{експл} + C_{вкл}^{канім}$ обчислимо загальні витрати на впровадження АРМ та його експлуатацію, які є добутком

експлуатаційних витрат ($C_{експл}$) та витрат на капітальні вкладення ($C_{вкл}^{капіт}$) в уніфікований АРМ. Капітальні вкладення включають у цьому випадку витрати на придбання технічних і програмних засобів ($C_{тех+прогр}^{АРМ}$), обчислених на першому, другому та третьому кроках алгоритму, а також витрати на транспортування ($C_{трансп}$), налагодження ($C_{нал}$) й пуск ($C_{пуск}$) АРМ, що враховуються як певні фіксовані значення:

$$C_{вкл}^{капіт} = C_{тех+прогр}^{АРМ} + C_{трансп} + C_{нал} + C_{пуск} \cdot \quad (4.53)$$

Вони вкладаються в АРМ одноразово й визначають вартість його придбання та забезпечення використання протягом усього, встановленого для АРМ періоду експлуатації. обов'язковими елементами капітальних вкладень по порівняльних варіантах впровадження, які необхідно враховувати, є ціна саме технічних і програмних засобів АРМ – $C_{тех+прогр}^{АРМ}$.

Експлуатаційні витрати у цьому випадку можуть бути обчислені за формулою:

$$C_{експл} = C_{осн}^{ЗП} + C_{доп}^{ЗП} + C_{СС} + C_{АО}^{тех+пр} + C_{рем} + C_{ел.ен.} + C_{матер}^{доп} + C_{АЗП}, \quad (4.54)$$

де $C_{осн}^{ЗП}$ - основна, а $C_{доп}^{ЗП}$ - додаткова заробітна плата працівників, зайнятих підготовкою й обробкою інформації, а також технічним обслуговуванням АРМ; $C_{СС}$ - відрахування органам державного соціального страхування; $C_{АО}^{тех+прогр}$ - амортизаційні відрахування від вартості технічних і програмних засобів; $C_{рем}$ - витрати на поточний ремонт АРМ; $C_{ел.ен.}$ - витрати на оплату споживаної електроенергії; $C_{матер}^{доп}$ - витрати на придбання допоміжних матеріалів, необхідних для експлуатації АРМ; $C_{АЗП}$ - амортизаційні відрахування із займаної площі.

П'ятий крок. За формулою $E_{ефф}^{екон} = E_{рік} - K_H^{окупн} \cdot C_{заг}$ визначимо річний економічний ефект від впровадження та експлуатації АРМ раціональної конфігурації (інакше уніфікованого АРМ), обраного серед множини існуючих [128, 129, 196] на попередніх кроках алгоритму. В даному випадку $E_{рік}$ - коефіцієнт річної економії від впровадження АРМ, $K_H^{окупн}$ - нормативний коефіцієнт економічної ефективності (окупності) капітальних витрат (встановлюється власником системи для кожного об'єкту, на якому буде впроваджуватися уніфіковане АРМ), $C_{заг}$ - добуток загальних витрат на впровадження АРМ та його експлуатацію. Зважаючи, що головною метою впровадження уніфікованого АРМ є підвищення якості виконання завдань певного

функціонального спрямування, а також зниження фінансових і трудових витрат на обробку інформації, – за формулою $E_{рик} = E_{он} + E_{пр}$ визначимо річний рівень прямої ($E_{пр}$) та опосередкованої ($E_{он}$) ефективності зазначених заходів. У наведеній формулі коефіцієнт $E_{он}$ характеризує саме якісні зміни, що можуть статися в результаті впровадження уніфікованого АРМ такі, наприклад, як: підвищення оперативності отримання інформації; зменшення часу, затрачуваного на підготовку вихідних документів; скорочення термінів прийняття управлінських рішень тощо. Для його розрахунку застосовують, як правило, методи експертних оцінок, методи зіставлення з іншими об'єктами або інші ним подібні методи оцінювання та прийняття рішень. Коефіцієнт $E_{пр}$ може включати річний приріст прибутку, що викликаний, наприклад, зменшенням фонду заробітної плати його користувачів - керівників та виконавців:

$$E_{пр} = Z_{безАРМ}^{фондЗП} - Z_{зАРМ}^{фондЗП}, \quad (4.55)$$

де $Z_{безАРМ}^{фондЗП}$ - річний фонд заробітної плати до впровадження АРМ;

$Z_{зАРМ}^{фондЗП}$ - річний фонд заробітної плати після впровадження АРМ.

На підставі отриманих значень коефіцієнтів прямої ($E_{пр}$) та опосередкованої ($E_{он}$) ефективності за формулою $E_{рик} = E_{он} + E_{пр}$ визначимо ступінь результативності впровадження уніфікованого АРМ у процеси діяльності державних структур, що представляють собою комплекси з великого числа повсякденно зв'язаних і взаємодіючих підрозділів. Для того щоб впровадження АРМ давало відчутні результати, значення показника $E_{рик}$ має бути значно більшим від нуля: $E_{рик} \gg 0$. Це може бути досягнуто за умови, якщо:

$$\begin{cases} E_{он} \gg 0 & \text{при } E_{пр} \geq 0 \\ E_{пр} \gg 0 & \text{при } E_{он} \geq 0 \end{cases} \quad (4.56)$$

При $E_{пр} \leq 0$ обраний варіант впровадження уніфікованого АРМ вважається економічно недоцільним.

Шостий крок. Для оцінювання рівня заощадження (окупності) капітальних витрат на впровадження уніфікованого АРМ скористаємось безрозмірним розрахунковим коефіцієнтом $K_P^{окупн}$, який являє собою відношення річної економії ($E_{рик}$) до витрат на впровадження АРМ ($C_{вкл}^{капіт}$) від початку й до кінця його життєвого циклу:

$$K_P^{окупн} = E_{рік} / C_{вкл}^{капіт} . \quad (4.57)$$

Отримане значення $K_P^{окупн}$ порівнюється з нормативним [128, 129, 196].

Застосування запропонованого алгоритму, структурно-логічна схема якого приведена на рис. 4.17, дасть можливість з декількох альтернативних пропозицій, призначених для вирішення, наприклад, певних завдань інформаційної діяльності, обрати раціональний варіант, який функціонуватиме в режимі реального часу у єдиному телекомунікаційному просторі й відповідатиме вимогам:

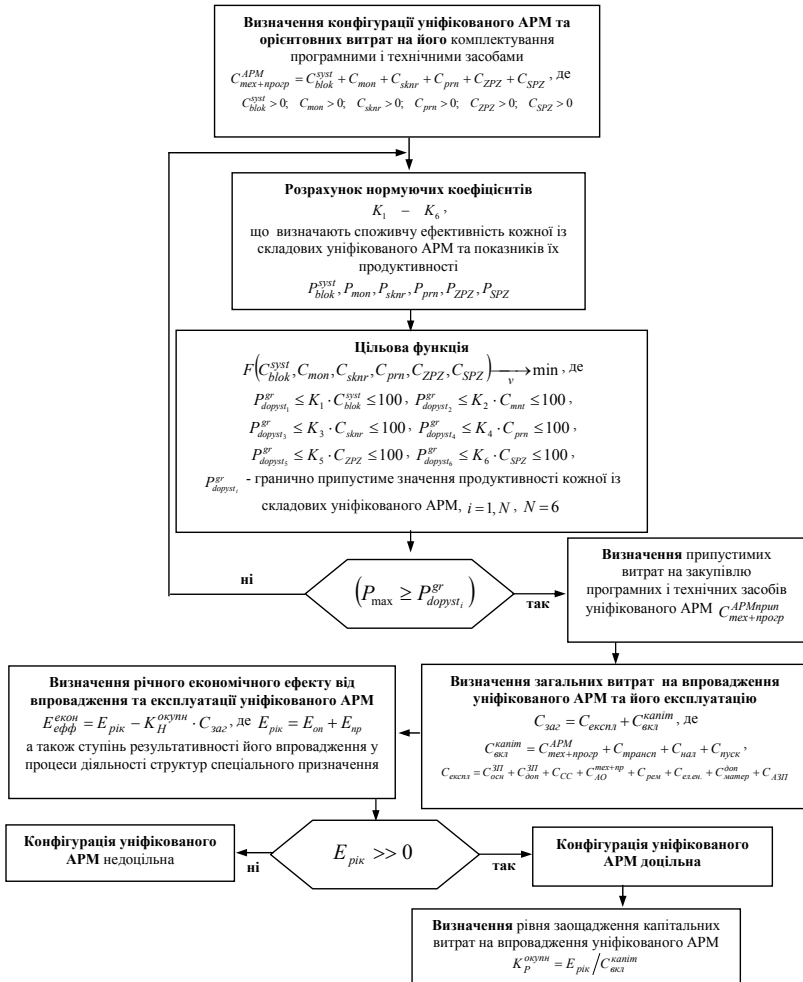


Рис.4.17. Структурно-логічна схема вибору раціонального варіанту побудови уніфікованого АРМ перспективної АС

відкритості (своєчасного задоволення інформаційних потреб користувачів, швидкої адаптації до рівня їх підготовки та специфіки виконуваних ними функцій тощо);

захищеності (наявності системи розмежування доступу до даних і функцій; наявності багаторівневої системи захисту даних та можливості ведення журналів операцій тощо);

якості, надійності та ефективності функціонування;

компактності розміщення, легкості налаштування, простоті експлуатації та поетапності впровадження.

В якості оцінювальних характеристик, які нададуть користувачеві можливість обґрунтувати інвестиції, вкладені в уніфікований АРМ та зробити висновок про рівень їх окупності мають бути обрані:

$K_p^{окупн}$ - показник окупності капітальних витрат на впровадження АРМ;

$E_{эфф}^{екон}$ - показник річного економічного ефекту від впровадження АРМ і його подальшої експлуатації.

При кожному правильно обраному варіанті впровадження АРМ для перспективного АС значення показника $E_{эфф}^{екон}$ завжди буде більшим від нуля, а значення показника $K_p^{окупн}$ - більшим від певного нормативного значення, яке встановлюватиметься власником системи для кожного об'єкту автоматизації окремо. Лише за таких умов обраний варіант впровадження АРМ вважатиметься економічно виправданим, а саме АРМ – ефективним. Це, як результат, дасть можливість правильно встановити черговість реалізації певними підрозділами завдань, наприклад, з розвідки кіберпростору та подальшого інформаційно-аналітичного забезпечення керівництва держави на різних рівнях і ланках керування зазначеними процесами.

4.7 Апробація технології оцінювання рівня якості та ступеня конкурентноспроможності програмно-технічних засобів АС на прикладі сучасних систем електронного документообігу

Реалізація головних фаз життєвого циклу документів, які описані вище, в цілому можлива лише шляхом створення таких автоматизованих систем, як системи електронного документообігу (СЕДО) [186-188]. Загальна логічна схема побудови систем електронного документообігу наведена на рис. 4.18. В конкретних реалізаціях деякі їх компоненти можуть бути відсутніми або, навпаки, входити до складу систем у декількох екземплярах.

На цей час світовий ринок СЕДО, якому незабаром виповниться 25 років, дуже сильно фрагментований. В ньому присутні як всесвітньо відомі багатопрофільні ІТ-компанії, так і відносно маловідомі або відомі тільки у своїй ринковій ніші фірми. До найбільш відомих з них належать [189,190]:

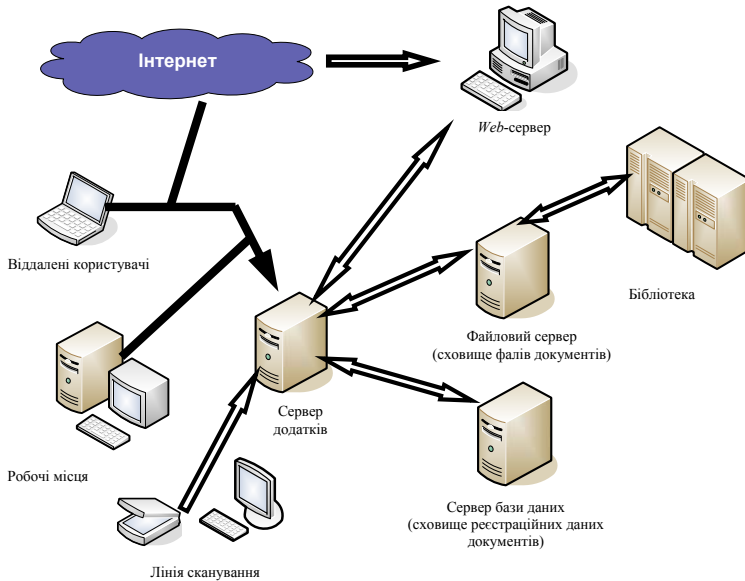


Рис. 4.18. Загальна логічна схема побудови системи електронного документообігу

1) серед західних (за алфавітом): *ACS Software, Action Technologies, Adobe, Artesia, AXS-One, BroadVision, Cyco, Cypress, Datamax Technologies, Datawatch, Divine, Documentum, Dynamic Imaging, Eastman Software, Excalibur, FileNet, Hyland Software, HP/Dazel, Hummingbird, Gauss Interprise, IBM, Ideal, Identitech, iManage, Interlucent Internet Solutions, Interwoven, InterTech, Ixos Software, Jetform, Keyfile, Kofax, Lotus Development, Microsoft, Mobius Management Systems, Novell, OIT, OpenText, Optio Software, Optika, Oracle, OTG, Plexus, Radnet, RedDot Solutions, Siemens Nixdorf, SER Macrosoft, SER Solutions, Saperion, Saros, Staffware plc, Stellent, Symantec, Tower Software, Tower Technology, TrueArc, TSP; Unisys, Vignette, Westbrook Technologies* та інші;

2) серед російських: АйТі, Консорціум “Кодекс”, Граніт, *Cognitive Technologies*, ЕОС, Ланит, Анкей, *InterTrust*, Гарант Інтернешнл, Центр Комп’ютерних Технологій, Лоція-Софт, *Optima Workflow*, ІнтерпрокомЛан, 1С, ЦентрІнвест Софт, *TelcomService, IBS, R-Style Software Lab* та ряд інших.

Ними розробляються різні програмні додатки, що можуть бути

класифіковані як СЕДО та які відрізняються один від одного як за функціональними можливостями, так і за технологічними рішеннями.

Враховуючи викладене під СЕДО будемо розуміти організаційно-технічні системи (рис.4.19), що забезпечують [131-133, 186-188]:

по-перше, процес створення, керування доступом, використання і поширення електронних документів у комп'ютерних мережах із застосуванням електронних засобів комунікацій;

по-друге, контроль над потоками документів в установі.

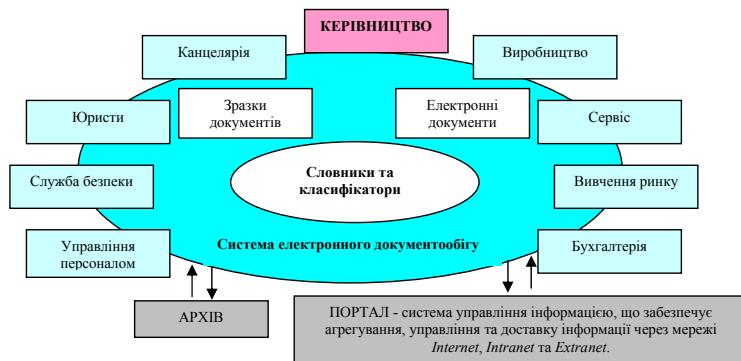


Рис. 4.19. Схема систем електронного документообігу

У забезпеченні сучасного документообігу СЕДО займають першочергове місце. Вони застосовуються як у бюрократичній діяльності установ, так й у поточних виробничих процесах підприємств. При цьому до кола виконуваних ними функціональних завдань, як правило, належать:

виконання функцій діловодства (створення та реєстрація документів, колективна робота з документами, робота з бібліотеками);

електронне ведення сховищ документів (архівне зберігання документів; введення їх у сховище; організація атрибутивного та повнотекстового пошуку документів, а також доступу до них через web);

автоматизація ділових процесів /workflow/ (опис ділових процесів та виконання процесів і завдань);

забезпечення адміністрування та заходів безпеки (визначення прав і ролей користувачів, впровадження криптографії та засобів забезпечення цілісності даних).

Нині найбільше поширення одержали СЕДО змішаного типу, що сполучають у собі всі наведені вище функції. До їхніх основних переваг варто віднести:

простоту внесення змін у документ;

можливість утримання в документі не тільки тексту, а й

мультимедійних даних;

можливість використання заздалегідь заготовлених електронних форм;
більш високу швидкість передачі інформації з великої кількості адрес;
економію паперу;

більш високу компактність архівів;

більш простий контроль інформаційних потоків;

більшу швидкість пошуку та добування інформації;

можливість захисту документів від несанкціонованого доступу, а також розмежування прав доступу співробітників до інформації;

багатокритеріальний пошук документів;

контроль виконання документів;

реєстрацію документів;

уведення резолюцій до документів;

розподілену обробку документів у мережі;

розподіл прав доступу до різних документів і функцій системи;

ведення декількох картотек документів;

роботу із проектами документів;

розподіл документів, що перебувають на виконанні, по “папках” залежно від стадії виконання документа: що надійшли, на виконанні, на контролі та інші;

формування стандартних звітів;

обмін документами по електронній пошті;

списання документів у справу;

відстеження переміщень паперових оригіналів і копій документів;

ведення реєстрів внутрішньої передачі документів;

ведення користувальницьких списків посадових осіб, установ, тематичних рубрик, груп документів;

редагування шаблонів вихідних друкованих форм тощо.

До основних понять, якими керуються при побудові СЕДО, відносяться: документообіг, електронний документообіг, машинно-зчитуваний документ, електронний документ, електронний цифровий підпис тощо. При цьому розробниками повинні дотримуватися такі загальні принципи їх побудови та функціонування:

1) в організаційному аспекті:

забезпечення контролю цілісності документів, реєстрації документів відповідно до регламенту роботи, виконання процесів обробки документів в залежності від ситуацій та подій, яких вони стосуються;

зведення до мінімуму змін в системі, що стосуються зв'язків із зовнішніми структурними підрозділами та установами в разі зміни

організаційної структури установи;

забезпечення багатоваріантності зв'язків установи із зовнішніми структурними підрозділами та іншими установами;

2) в інформаційному аспекті:

інтеграція даних, що підтримуються та використовуються структурними підрозділами та установами при їх взаємодії;

можливість виконувати основні функції в локальному режимі функціонування системи;

відповідність існуючим інформаційним технологіям;

3) в алгоритмічному аспекті:

алгоритми функціонування системи повинні відповідати вимогам, що узгоджені в межах установи, міжнародним стандартам та рекомендаціям щодо побудови та використання інтерфейсів користувачів, мережних засобів, систем управління базами даних та знань тощо;

4) в технічному аспекті:

архітектура системи повинна задовольняти вимогам розширення програмно-технічних засобів без змін програмного та інформаційного забезпечення, дозволяти доповнення та оновлення функцій і складу системи без порушення її функціонування;

забезпечення взаємозамінності та резервування технічних засобів системи з метою досягнення необхідного рівня надійності її функціонування;

5) в технологічному аспекті:

забезпечення побудови ділових процесів в рамках сучасної концепції *workflow* таким чином, що управління та планування здійснюється відносно виробничих процесів (потоків робіт) взаємодії структурних підрозділів установи, в рамках яких створюються, оброблюються та надходять документи;

забезпечення можливості легкого та швидкого переналаджування процесів відносно змін технологій обробки чи потреб кінцевих користувачів без суттєвого зниження продуктивності та надійності системи в цілому.

Класифікація систем електронного документообігу

Питання класифікації СЕДО досить складне внаслідок швидкого розвитку ринку цих систем. На думку спеціалістів з Міжнародної експертної компанії *Gartner*, в цей час існують такі основні типи СЕДО (при цьому деякі із СЕДО можуть одночасно відноситися до декількох типів, тому що мають сукупність однакових функцій) [131-133, 186-188]:

- по-перше, системи, орієнтовані на бізнес-процеси або інакше потоки робіт (*business-process EDM* або інакше *EDMS-системи*);
- по-друге, корпоративні системи (*enterprise-centric EDM*);
- по-третє, системи керування вмістом (*content management systems*);
- по-четверте, системи керування інформацією (*information management systems*);
- по-п'яте, системи керування зображеннями/образами (*imaging systems*).

Їх основні розробники з погляду повноти бачення та можливості реалізації СЕДО, згідно квадранта Гартнера (рис.4.20), діляться на: претендентів (*Challengers*), лідерів (*Leaders*), спеціалізованих розроблювачів (*Niche Players*) та провидців (*Visionaries*). Розглянемо основні типи СЕДО та їхніх потенційних розробників більш детально.

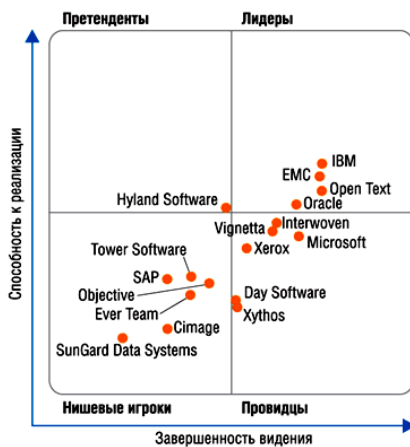


Рис. 4.20. Поділ СЕДО за квадрантом Гартнера

СЕДО, орієнтовані на бізнес-процеси (*Business-process EDM* або інакше *EDMS-системи*) лежать в основі концепції “керування корпоративним вмістом” (*ECM - Enterprise Content Management*). Вони призначені для специфічних вертикальних і горизонтальних додатків.

EDMS-системи забезпечують:

повний життєвий цикл роботи з документами, включаючи роботу з образами, керування записами та потоками робіт, керування вмістом (контентом) тощо;

зберігання та пошук *2-D* документів в оригінальних форматах (зображень, *CAD*-файлів, електронних таблиць й ін.) з можливістю їхнього угруповання в папки.

EDMS-системи повинні забезпечувати:

ведення користувачів на основі організаційно-штатної структури установи;

ведення журналів реєстрації і контролю виконання;

контролювання термінів виконання документів, сповіщення про наближення строків контролю та про документи, що своєчасно невиконані;
зберігання документів в системі;
підтримування шаблонів документів, складових документів, версій, перехресних посилань між документами;
відслідковування документів поза системою;
здійснювання виписки документів з системи;
здійснювання атрибутивного, повнотекстового та нечіткого пошуку документів;
підтримування розробки документів на стадії проекту;
підтримування візування, узгодження та затвердження документів;
здійснювання руху документів (документообіг), підтримування всіх видів маршрутизації, автоматичного розсилання з повідомленням, обміну повідомленнями і дорученнями в середині системи, формування реєстрів відправки до зовнішніх установ;
ведення класифікаторів документів (за типом, видом тощо) та формування довідники;
здійснювати жорстке розмежування повноважень в системі, підтримувати ролі, вести протоколювання та аудит дій користувачів;
підтримувати можливість шифрування, цифровий підпис;
вести справи документів, підтримувати функцію списання документів у справу, передачу справ до зберігання в архів;
формувати потрібні звіти, в т. ч. статистичні звіти з діловодства установи.

Цей клас систем вважається універсальним, тобто таким, що автоматизує весь комплекс задач діловодства від розробки і створення проекту документа до списання його у справу, включаючи документообіг і зберігання документів. Найбільш відомими розроблювачами *EDMS*-систем є компанії *Documentum* (система *Documentum*), *FileNet* (системи *Panagon* й *Watermark*), *Hummingbird* (система *PC DOCS*) й ін. Варто відзначити, що при тому, що майже всі *EDMS*-системи забезпечують гарний рівень реалізації репозитаріїв і бібліотечних сервісів для керування електронним вмістом (наприклад, образами та офісними документами), кожна з них найбільш сильна у своїй області. Наприклад, у системах від компаній *Open Text* та *iManage* найкраще опрацьоване керування офісними документами. У свою чергу, системи від компаній *Tower Technology*, *FileNet*, *IBM* та *Identitech* є сильнішими в керуванні зображеннями великого обсягу.

Корпоративні СЕДО (enterprise-centric EDM) забезпечують корпоративну інфраструктуру для створення документів, колективну роботу над ними та їхню публікацію.

Базові функції корпоративних СЕДО аналогічні функціям СЕДО, що орієнтовані на бізнес-процеси. Однак, їхньою відмінною рисою є спосіб використання і поширення. Аналогічно таким засобам як текстові редактори та електронні таблиці, корпоративні СЕДО є стандартним “додатком за замовчуванням”, що призначений для створення і публікації документів в організації. Корпоративні СЕДО не орієнтовані на використання тільки в якійсь конкретній галузі або на рішення вузького завдання. Вони, як правило, впроваджуються як загально корпоративні технології, доступні практично будь-якій категорії користувачів.

Розробкою й просуванням корпоративних СЕДО займаються компанії *Lotus* (система *Domino.Doc*), *Novell* (*Novell GroupWise*), *Open Text* (система *LiveLink*), *Keyfile*, *Oracle* (система *Context*), *iManage* та інші. Наприклад, система *Open Text Livelink* забезпечує колективну роботу над документами зовнішніх і внутрішніх користувачів, проведення онлайнних дискусій, розподілене планування та маршрутизацію документів тощо.

Системи керування вмістом (content management systems) забезпечують створення вмісту, доступ і керування вмістом, доставку вмісту аж до рівня розділів документів і об'єктів для їх наступного повторного використання та компіляції. Доступність інформації не у вигляді документів, а у вигляді об'єктів меншого розміру полегшує процес обміну нею між додатками. Керування *Web*-вмістом вимагає наявності засобів з керування різнорідними об'єктами, що можуть бути включені до *Web-презентацій* (наприклад, *HTML-сторінки* та *Web-графіку*). Крім того, керування *Web*-вмістом вимагає можливості створення презентаційних шаблонів, за допомогою яких здійснюється презентація динамічного вмісту та його персоналізація (заснована на перевагах користувачів, їхніх профілях тощо).

На світовому ринку відомі системи керування вмістом від компаній *Adobe*, *Excalibur*, *BroadVision*, *Documentum*, *Stellent*, *Microsoft*, *Divine*, *Vignette* й ін. Певний рівень керування *Web*-вмістом пропонують також компанії *FileNet*, *Tower* й *Identitech*. У свою чергу, компанія *IBM* реалізує функції по керуванню *Web*-вмістом на базі рішень від компаній *Interwoven* й *Open Market* (через партнерські відносини з ними), а компанія *Tower* інтегрувала своє програмне забезпечення по керуванню електронними документами з рішеннями по керуванню *Web*-вмістом від компанії *Stellent*.

Системи керування інформацією (information management systems) забезпечують агрегування інформації, здійснюють керування нею та відповідають за її доставку через *Internet/intranet/extranet*. Ці технології

забезпечують фундамент створення інформаційних порталів. З їхньою допомогою:

реалізується можливість накопичення досвіду та його подальшого застосування в розподіленому корпоративному середовищі на основі використання бізнес-правил, контексту й мета-даних;

забезпечується доступ через стандартний Web-навігатор до ряду додатків електронної комерції (за звичай це здійснюється через інтерфейс *ERP-системи*).

Системи керування інформацією дають можливість організаціям накопичувати й використовувати експертизу в розподіленому корпоративному середовищі на основі використання бізнес-правил, контексту і метаданих. Хоча більшість доступних сьогодні технологій забезпечують, в основному, статичні публікації – забезпечення більшої інтерактивності та засобів спільної роботи е справою найближчого майбутнього.

Прикладами порталів є системи *Excalibur, Oracle Context, PC DOCS/Fulcrum, Verity, Lotus (Domino/Notes, K-Station)*.

Системи керування зображеннями/образами (imaging systems) забезпечують конвертацію відсканованої з паперових носіїв інформації в електронну форму (звичайно, у форматі *TIFF*), після чого документ може бути використаний у роботі вже в електронній формі. Дана технологія лежить в основі переведення в електронну форму інформації з усіх успадкованих паперових документів і мікрофільмів. До базових функцій стандартної системи обробки зображень входять функції з сканування та зберігання, а також ряд можливостей щодо пошуку зображень.

Системи керування потоками робіт (workflow management systems) призначені для забезпечення маршрутизації потоків робіт будь-якого типу (визначення шляхів маршрутизації файлів) у рамках корпоративних структурованих і неструктурованих бізнес-процесів. Вони використовуються з метою прискорення бізнес-процесів, підвищення їх ефективності та ступеня контрольованості в організації. Ці системи за звичай закупаються як частини рішень (наприклад, *EDMS-* або *PDM-*систем). Тут можна відзначити таких розроблювачів, як компанії *Lotus* (системи *Domino/Notes* й *Domino Workflow*), *Jetform, FileNet, Action Technologies, Staffware* й ін. Гарний рівень керування потоками робіт забезпечують у своїх рішеннях також компанії *FileNet, IBM* (через інтеграцію з програмним забезпеченням *MQ Series Workflow*), *Identitech, Tower* (через інтеграцію з ПЗ *Plexus* й *Staffware*), *Gauss* (через інтеграцію з ПЗ *Staffware*) і ін.

Наведену вище класифікацію СЕДО можна доповнити також системами керування корпоративними електронними записами. Як відомо, корпоративні

записи фіксовані в часі та незмінні. Вони є свідченням бізнес-транзакцій, різних прав і зобов'язань. Корпоративні користувачі повинні самі визначити, який вміст необхідно зробити корпоративним записом (таке рішення вимагає оцінки перспективних потреб їхнього бізнесу).

У число корпоративних рішень, що вимагають збереження вмісту, входять: основні бізнес-системи включаючи *ERP*- та бухгалтерські системи; поштові системи (наприклад, *MS Exchange*); системи керування звітами й виводом; системи електронної комерції; програмні засоби колективної роботи (системи керування проектами, онлайн-конференц-зв'язку та інші).

Як приклади систем керування записами можна привести ПЗ *Capture* від *Tower Software*, *iRIMS* від *OpenText* та *Foremost* від *TrueArc*.

На світовому ринку СЕДО з'явилися також так називані системи керування виводом (*output management systems - OMS*). Їх основним призначенням є генерація вихідних документів. У деяких *OMS-системах* додатково реалізовані також можливості архівації та довгострокового зберігання вихідних звітів і документів. У зв'язку з цим, більшість з *OMS-систем* класифікуються *Gartner Group* як інтегровані системи архівації та пошуку документів (*IDARS - integrated document archive and retrieval systems*).

Однак головною причиною популярності *OMS-систем* є все ж таки займана ними ринкова ніша – генерація документів і звітів в інформаційних системах підприємств та установ, побудованих з використанням *ERP-систем*.

На думку аналітиків *Gartner Group*, одним із слабких місць сучасних *ERP-систем* є погане керування генерацією вихідних документів. Цей недолік і послужив основним фактором появи та швидкого розвитку ринку *OMS-систем*. Ряд *OMS-систем* відповідає тільки за розподіл і доставку вихідних документів (в електронному виді – у форматах *HTML*, *XML* та *PDF*). Дуже часто *OMS-системи* інтегровані з програмними пакетами сканування документів і зображень. Корисною можливістю деяких *OMS-систем* також є взаємодія з успадкованими корпоративними системами.

Можна також відзначити спеціальні модулі керування електронними документами, що вбудовують в *ERP-системи* (*SAP R/3*, *Vaan* й ін.). Однак можливості цих модулів досить обмежені, тому що створити універсальну та повнофункціональну *ERP-систему* в даний час практично неможливо.

На цей час за даними досліджень компаній *IDC* та *GartnerGroup* світовий ринок традиційних систем електронного керування документами умовно

поділений між такими головними постачальниками, як (рис. 4.21): *IBM* (49,0%), *Microsoft* (39,4%), *Nowell* (6,2%) та рядом інших компаній (5,4%).

На перспективу провідні аналітики з цих компаній пророкують захід ери таких систем. Своє бачення вони пояснюють тим, що головні постачальники інфраструктури, такі як *IBM (Lotus)* і/або *Microsoft*, будуть пропонувати чергові версії відомих СЕДО з оновленою функціональністю, створені без додаткових накладних витрат. При цьому компанія *IDC* робить такі прогнози: "... буде спостерігатися зсув фокуса з чисто систем керування документами на технології колективної роботи з елементами електронного керування документами, керування знаннями та рішень по керуванню контентом і інформацією (портали) ...". По оцінках компанії *GartnerGroup* у найближчому майбутньому у світі буде налічуватися "... понад 32 млн. користувачів корпоративних систем керування документами на основі загальної інфраструктури, і тільки 8 млн. з них специфічних вертикальних рішень ...".

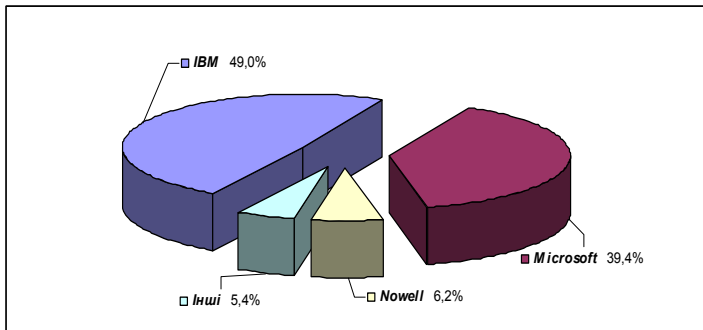


Рис. 4.21. Ринок систем колективної роботи

На думку більшості експертів в галузі розробки та впровадження *IT*-технологій системи електронного документообігу стають необхідними, коли загальний обсяг документів, щорічно оброблюваних на підприємстві або в установі, досягає 4000–5000. Виходячи з цього, дані системи останнім часом активно впроваджуються в більшості як державних, так і комерційних установ України та найближчого зарубіжжя.

Головною метою їхнього впровадження є:

1) в області обробки документів:

забезпечення підвищення оперативності та якості роботи з документами, упорядкування документообігу, забезпечення контролю виконання документів; створення умов для переходу від традиційного паперового документообігу до електронної безпаперової технології;

створення необхідних умов для підвищення частки інтелектуальної продуктивної праці по змістовній і значеннєвій роботі з документами та зниження працевтрат на рутинні операції;

забезпечення підвищення якості документів, створюваних в установі;

виключення дублювання роботи з уведення інформації про документ на різних ділянках роботи з ним;

2) в області контролю за виконавською дисципліною:

забезпечення автоматизованого контролю за: проходженням документів у підрозділах установи з моменту їхнього одержання або створення до завершення виконання, відправлення або оформлення в справу; своєчасне інформування співробітників і керівництва про документи, що надійшли або створені; виключення втрат документів;

забезпечення випереджуючого автоматизованого контролю за: своєчасним виконанням документів, доручень вищих органів державної влади й керування, доручень і вказівок керівництва установи; оперативним одержанням інформації про стан виконання та місце знаходження будь-якого документа;

скорочення термінів проходження та виконання документів;

3) в області організації доступу до інформації:

забезпечення централізованого зберігання текстів документів, підготовлених в електронній формі та їхніх графічних образів, а також всіх супутніх матеріалів (реєстраційних карток документів, резолюцій, супровідних документів) з можливістю організації логічного зв'язування документів, що відносяться до одного питання й оперативного пошуку документів по тематичному набору реквізитів. При цьому правильний вибір і впровадження СЕДО в адміністративно-господарчі та виробничі процеси дозволить:

оптимізувати весь процес керування, що стає більш простим і логічним;

поліпшити якість прийнятих рішень;

підвищити ефективність ведення контролю виконання управлінських рішень;

понижити прямі й непрямі витрати, пов'язані з утриманням апарата керування.

З огляду на той факт, що вітчизняний ринок буквально перенасичений альтернативними пропозиціями (за різними оцінками у світі зараз існує кілька сотень програмних додатків, які можна класифікувати як СЕДО), що відрізняються одне від іншого за функціональними можливостями та технологічними рішеннями, вибір найбільш раціональної СЕДО, тобто такої, що задовольняє потребам конкретної установи (підприємства) – завдання досить таки актуальне.

Найбільш відомими з нині існуючих систем є [186-188]:

по-перше, СЕДО західної розробки:

русифіковані: *DocsOpen (Hummingbird)*, *PC DOCS (Hummingbird)*, *LinkWorks (DEC)*, *Staffware (Staffware PLS)*, *Lotus Notes (Lotus-IBM)*;

не русифіковані: *Documentum*, *Directum*, *Panagon*, *DocuLive* й інші;

по-друге, СЕДО російської розробки:

на основі західних систем: *Office Media* компанії *InterTrust*, м. Москва (*Lotus Notes*), *Irida* компанії *IBS* м. Москва (*Lotus Notes*), *Діловодство* фірми *ІнТорКон*, м. Челябінськ (*Lotus Notes*), *Optima-WorkFlow* компанії АОЗТ “Оптіма” (*MS Exchange*, *MS SQL*), *Бос-референт* компанії «Айті» (*Lotus Notes*) тощо;

власні: *LanDocs (Ланіт)*, *Effect Office (Гарант Інтернейшнл)*, *Документ-2000 (TelcomService)*, *Євфрат-документообіг (Cognitive Technologies)*, *ДІЛО (ЕОС)*, *N.System (Центр Комп'ютерних Технологій)*, *LS Flow (Лоція-Софт)*, *ЕСКАДО (Інтерпрокомлан)*, *ІС:Документообіг й ІС:Архів (ІС)*, *Документ-2000 (TelcomService)* та ряд інших;

по-третє, СЕДО української розробки: *ДОКА ПРОФ.СТЕП 2.0 (Квazar-Мікро)*, *ІСОратник (Система Плюс)*, *InTEAM-Діловодство* (<http://www.pool.kiev.ua>) та інші. Останні, на превеликий жаль, виконують суто спеціалізовані функції. Так, наприклад:

СЕДО ДОКА ПРОФ.СТЕП 2.0 призначена для автоматизації процесів загального діловодства, діловодства звернень громадян, контролю виконання доручень керівництва, поточної роботи з документами в структурних підрозділах організації, обробки та узгодження проектів документів, ведення електронного архіву. Структурно система складається з таких підсистем: підсистеми реєстрації документів; підсистеми сканування структурованих документів; підсистеми контролю виконання доручень керівництва; підсистеми обробки звернень громадян; підсистеми підготовки проектів документів; підсистеми руху документів; підсистеми ведення електронного архіву документів; підсистеми підготовки статистичних і стандартних звітів та підсистеми обміну документами із зовнішніми програмами;

СЕДО ІСОратник призначена для автоматизації процесів керування документацією та процесами для ІСО-сертифікації;

СЕДО InTEAM Діловодство орієнтована на автоматизацію роботи підрозділів державного або комерційного підприємства, відповідальних за організацію діловодства, а також служб та відділів, які задіяні в документообігу. До переліку основних виконуваних функцій системи належать: реєстрація вхідних та вихідних документів; ведення картотеки документів; контроль виконання доручень та зав дань; організація процедури узгодження, візування та затвердження документів; можливість збереження оригіналу

документа у цифровому вигляді; архівування документів; перегляд документів перед друком; автоматичне нагадування про терміни виконання контрольних документів; можливість створення шаблонів, типових для даної організації (підприємства); робота з внутрішніми розпорядчими документами; формування та ведення бази даних відділу кадрів установи (організації).

До особливостей західної технології процесів діловодства можна віднести:

- характер руху документів переважно горизонтальний, передбачає можливість попадання документа одразу до безпосереднього виконавця, минаючи керівництво;
- відсутність централізованого (в межах усєї установи) контролю;
- реєстрація документів виконується безпосередньо виконавцем (керівник та виконавець ведуть свої власні журнали), деякі види документів взагалі не реєструються; спеціалізовані підрозділи для ведення діловодства не створюються.

Програмні системи цього напрямку орієнтовані на максимально повне використання електронних документів і засобів колективної роботи користувачів; відсутність проміжних ланок, що в свою чергу визначає зміну існуючих процесів діловодства в установі, їх оптимізацію, розробку нових технологій роботи з документами.

Головною особливістю західної технології є моделювання конкретних реальних процесів документообігу та настройка на ці моделі ПЗ.

Традиційна російська технологія процесів діловодства відрізняється такими особливостями:

- чітко визначеним вертикальним характером руху документів (керівник – виконавець – керівник) у середині установи;
- веденням реєстраційно-контрольних і звітних форм та журналів;
- відслідковуванням всього комплексу робіт з документами в реєстраційних журналах або в машинописних картотеках, куди заносяться усі відомості про документ, їх переміщення, резолюції, контроль термінів виконання тощо.

При цьому зазначена технологія регламентується як державними стандартами, так і галузевими інструкціями та настановами з діловодства. Програмні засоби, що її реалізують, орієнтовані в першу чергу на використання в державних установах і зберігають усі традиції та норми діловодства, прийняті в конкретній установі. Задача таких систем полягає в забезпеченні супроводження паперового документообігу, зниженні трудомісткості рутинних операцій з обробки документів. Проте такі системи здатні суттєво розширити межі традиційних процесів діловодства та документообігу за рахунок обробки документів з використанням комп'ютерних мереж. Системи цього напрямку є своєрідним “мостом” для поступового переходу від паперових до безпаперових документів.

Разом з тим як західна, так і проросійська технології діляться на два великих класи – СЕДО, що працюють в середовищі *Lotus Domino/Notes* та всі інші. За даними досліджень компаній *IDC* та *GartnerGroup* – на сьогодні *Lotus* є визнаним лідером у галузі створення та впровадження комунікаційних систем. На цей час користувачами *Lotus Domino/Notes* є: 42 компанії зі списку *Fortune-50* та 78 – зі списку *Fortune-100*; 11 з 12 найпотужніших компаній-виробників автомобілів; 90% усіх американських банків; 18 з 20 найпотужніших світових фармацевтичних компаній; 90% з усіх найпотужніших страхових компаній світу; 80% консалтингових фірм тощо.

Алгоритм рішення задачі вибору раціональної СЕДО

Щоб одержати дані про можливості систем, що дозволяють організувати електронний документообіг та які найбільш популярні на теренах України (табл. 4.24), складемо таблицю із властивими ним функціями (табл. 1.1, розд. 1).

Таблиця 4.24

Перелік СЕДО, що підлягають дослідженню та їх стислий опис		
СЕДО	Компанія	Стислий опис
Закордонні системи		
Directum	Directum (підрозділ фірми EMC), www.directum.ru	Повноцінна ECM-система, що забезпечує прозорість керування організацією та підвищує ефективність роботи всіх її співробітників. Вона підтримує повний життєвий цикл керування документами, при цьому традиційне "паперове" діловодство органічно вписується в електронний документообіг. У такий спосіб забезпечується «безболісний» перехід компанії на електронний документообіг і швидка адаптація її співробітників.
Російські системи, створені з використанням закордонних продуктів		
Бос-референт	АйТі, www.it.ru	Система електронного документообігу та автоматизації діловодства для великих територіально розподілених підприємств і для середнього бізнесу. Головними результатами впровадження системи є: підвищення керованості організації та швидкості прийняття рішень, новий рівень виконавської дисципліни, підтримка регламентів внутрішньо корпоративної взаємодії, створення умов для обміну знаннями та інформацією.
Російські системи, створені без використання закордонних продуктів		
DocsVision	Digital Design, www.digdes.ru www.docsvision.com	Система для автоматизації канцелярії і діловодства, створення електронних архівів, керування конструкторською та проектною документацією. Забезпечує синхронізацію бізнес-процесів і документообігу, підтримує сучасні методики керування якістю, процесами та знаннями.
LanDocs	ЛАНІТ, www.landocs.ru	Програма для комплексної автоматизації процесів діловодства та створення електронних архівів в організаціях різного масштабу. Максимально використовує накопичені навички персоналу і сформовану комунікаційну та мережну інфраструктуру організації. При впровадженні дозволяє тонко настроїти продукт відповідно до нормативної бази та практики документообігу конкретного підприємства, відомства або установи.
OPTiMA-WorkFlow	Оптіма, www.optima.ru	Програмна платформа для створення комплексних автоматизованих систем керування документами, що застосовується для автоматизації: документального забезпечення керування; контролю виконавської дисципліни; архівного зберігання паперових і електронних документів; керування процесами обробки документів на основі їх електронних адміністративних регламентів; перетворення паперових документів в електронний вид і роботи з "безпаперовою технологією"; міжтериторіального та міжвідомчого обміну документами; формування регламентної звітності та підтримки процесів прийняття управлінських рішень; захисту інформації від несанкціонованого доступу.

СЕДО	Компанія	Стислий опис
Діло	Електронні офісні системи (ЕОС), www.eos.ru	Комплексне рішення, що реалізує змішаний, паперово-електронний документообіг та автоматизує всі аспекти документального забезпечення управлінської діяльності підприємств і організацій. Легко впроваджується в існуючу ІТ-інфраструктуру організації. Має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.
Свфрат-документообіг	Cognitive Technologies, www.cognitive.ru	Універсальна система для організації зберігання, обліку та супроводу будь-яких типів електронних і паперових документів, розрахована на роботу як у невеликому відділі, так і у цілому в організації зі складною схемою інформаційних потоків. Забезпечує весь життєвий цикл електронних документів у рамках ключових бізнес-процесів організації: введення та реєстрація документів; робота з електронними документами (проектами документів і файлами); контроль виконання; рух (технологія Workflow), розсилання й зберігання документів; підготовка звітів.

Наступним моментом, на який варто звернути увагу при виборі тієї або іншої системи, є послуги, надавані компаніями-розроблювачами, і технічні вимоги (ТВ) до системи. Зважаючи на те, що під СЕДО, як правило, розуміють програмний комплекс, який підтримує багатостадійну обробку документів за схемою “введення - перевірка - виконання - генерація звіту”, ТВ до таких систем розбивають на дві групи: по-перше, бізнес- або суцільно функціональні вимоги; по-друге, вимоги до ПЗ (подані в табл. 4.25). Під бізнес-вимогами в даному випадку розуміють вимоги до:

1) ідентифікації користувачів, а саме до:

авторизації: можливості організації різних рівнів доступу до даних для користувачів і груп користувачів; організації робочого місця підфункції, виконувани користувачем або групою користувачів;

аутентифікації: захищеності протоколів зв'язку та інтегрованості з існуючими системами аутентифікації користувачів;

розмежування прав доступу до документів: можливості установки різних прав доступу до документів (читання, редагування й т.п.) для користувачів і груп користувачів; делегування прав доступу до документа від однієї особи до іншої;

Таблиця 4.25

Вимоги до програмного забезпечення.

Найменування системи електронного документообігу	Характеристики сервера для одночасної роботи 50 користувачів	Характеристики клієнтських ПК	Ліцензійне програмне забезпечення на сервері	Ліцензійне програмне забезпечення на клієнтських ПК
Бос-референт	Pentium III 650 RAM 192 Mb. HDD 1,5Gb.	Pentium II 400 RAM 128 Mb. HDD 275Mb.	1.Операційна система Windows 2000 Server; Advanced Server / Windows NT Server 4.0 / Red Hat Linux 7.2; SuSE Linux 8.0 (Intel) / Solaris 8 (SPARC); Solaris 9 (SPARC) 2. Необхідна установка на сервері додатків програмного забезпечення Lotus Domino R5.	1. Microsoft Windows 2000/XP або Linux 2. Необхідна установка на клієнтських місцях програмного забезпечення Lotus Notes. 3. Web-браузер 4. Пакет офісних додатків

Найменування системи електронного документообігу	Характеристики сервера для одночасної роботи 50 користувачів	Характеристики клієнтських ПК	Ліцензійне програмне забезпечення на сервері	Ліцензійне програмне забезпечення на клієнтських ПК
ДІЛО	Pentium IV RAM 512Mb. HDD 1Gb.	Pentium II RAM 128 Mb. HDD 200 Mb.	1. Microsoft Windows 2000/2003 Server/ Unix/ Novell Netware 2. MS SQL Server версії 7.0 або 2000/ Oracle версії 8.x або 9.x	1. Microsoft Windows 98/ME/NT4/2000/XP; 2. MS Internet Explorer 6.0; 3. MS Office 2000; 4. MS Outlook 2000; 5. API (Application program interface) ДІЛО; 6. ADO (Active Data Objects) версії 2.1; 7. VB (Visual Basic) 6.0 Runtime; 8. MS XML Parser .
Євфрат-документообіг	Pentium III RAM 256Mb. HDD 15Gb.	Pentium II RAM 64Mb. HDD 180Mb.	1. Операційна система MS Windows 2000/XP; 2. СУБД "НІКА" /SQL Server 2000 /Oracle; 3. Microsoft Internet Explorer v.4.02 service pack 2;	1. Операційна система MS Windows 2000/XP; 2. Microsoft Office 2000/XP 3. Microsoft Internet Explorer v. 4.02 service pack 2; 4. Microsoft Outlook/Express
DIRECTUM	Pentium 4 Xeon 2000 RAM 2Gb. HDD: 2-3 диска, 10000- 15000 про./мін.	Celeron 800 MHz RAM 128 Mb HDD 20 Gb	1. Windows Server 2000/2003 2. SQL Server 2000 Standard Edition	1. Windows 2000/XP Professional, 2. Microsoft Office 2000/XP/2003 3. Internet Explorer 5.0 4. Microsoft Outlook/Express
DoesVision	Pentium III 1ГГц RAM 512Mb. HDD 300Mb.	Pentium II 400МГц RAM 128Mb. HDD 20Mb.	1. Windows Server 2000/2003 2. SQL Server 2000 Standard Edition 3. Microsoft Exchange 5.5 або вище для підтримки offline-маршрутизації 4. Microsoft Internet Information Services Server 5.0 (IIS) 5. Microsoft Collaboration Data Objects (CDO) 6. Microsoft .NET Framework 1.1	1. Microsoft Windows 98/ME/NT4/2000/XP 2. Microsoft Office 2000 3. Internet Explorer 6.0 4. Microsoft Outlook
LanDocs	Pentium II 500 RAM 512Mb. HDD 50Gb.	Pentium 200 RAM 64Mb. HDD 30Mb.	1. Windows NT/2000 Server 2. Microsoft SQL Server 2000 або Oracle 8i	1. Microsoft Windows 98/ME/NT4/2000/XP 2. Клієнт СУБД 3. Microsoft Office 2000/2003 4. Internet Explorer 5.5 5. Microsoft Outlook/Express
ОПТИМА-WORKFLOW	Pentium IV 1000 RAM 2Gb. HDD 10Gb.	Pentium III-800 RAM 256Mb. HDD 10 Gb.	1. Microsoft Windows 2000 Server/2000 Advanced Server/Server 2003 Standard 2. Microsoft SQL Server 2000 Enterprise Edition/MS SQL Server 7.0/Oracle 9i	1. Microsoft Windows 2000 Pro/XP Pro 2. Microsoft Office 2000/XP 3. Internet Explorer 5.0 4. Microsoft Outlook/Express

Примітка: апаратні характеристики приведені з розрахунку повноцінного функціонування 50 робочих місць.

2) сховищ документів, а саме до:

продуктивності сховища даних (швидкості роботи з документами та її залежності від кількості документів у базі даних і кількості одночасно працюючих із системою користувачів);

пошуку документів (пошуку по полях документа; контекстному пошуку

по вкладеним /приєднаним/ файлам);

архівації документів;

стійкості сховища до збоїв бази даних;

реплікації даних: тільки для читання; з можливістю збереження змін;

3) роботи з документами, а саме до:

роботи з типами документів: створення нових типів; наявності конструктора форм; довідкових (підстановочних) полів; історії документа; відстеженню версій документів;

конвертації документів: скануванню;

імпорту з інших форматів файлів;

електронного підпису;

4) роботи з бізнес-логікою:

маршрутів руху документів;

завдань для користувачів;

роботи з користувальницькими сценаріями.

На погляд більшості експертів найважливіша вимога до функціональності сучасних систем електронного документообігу полягає у забезпеченні гнучкого настроювання маршрутизації документів. Це пояснюється тим, що “лінійна” схема обробки документів може не працювати на всіх ділянках зазначеного вище ланцюгу (поява нових документів часто породжує зміни у вже існуючих й, більше того, може викликати автоматичну появу третіх документів). Другою важливою вимогою, що накладається на СЕДО є доступність документів і завдань у режимі *everytime & everywhere* (завжди й скрізь). При цьому керівники повинні мати можливість не тільки віддалено контролювати процеси, але й приймати негайні управлінські рішення, повідомляючи про них виконавців. Звідси виникає ще одна вимога до таких систем – підтримка механізму електронного підпису. Не менш важливою для більшості установ (підприємств) якістю системи електронного документообігу є її захищеність як з погляду несанкціонованого доступу до інформації, так і з погляду відмов з будь-яких технічних причин. Іншими словами система повинна мати надійні механізми розмежування прав доступу до інформації та збереження цілісності бази документів. Останнє, що необхідно згадати, говорячи про вимоги до закритих рішень на яких впроваджують системи електронного документообігу – це можливість побудови розподілених систем. Моделювання документообігу в таких системах виконується в два етапи. Перший етап моделювання включає:

побудову маршрутів обробки документів;

визначення вузлів мережі, які виконують обробку даних та операцій

згідно з поставленими задачами;

визначення статичних об'ємних характеристик даних (розміри баз даних, об'єми документів);

визначення динамічних об'ємних характеристик даних (інтенсивність обробки документів, частота запитів до баз даних тощо);

визначення мінімальних часових характеристик обробки документів у автономному режимі;

взаємозв'язок окремих документів.

Другий етап моделювання полягає в оцінюванні таких характеристик:

навантажень на засоби передачі даних;

інтегрованих інформаційних потоків між вузлами обробки (по усіх видах документів, запитів і т.д.);

навантажень на окремі вузли обробки і розмірів черг, якщо вони будуть виникати;

прогнозованих часових характеристик обробки документів і запитів;

строків обробки документів (визначення принципової можливості автоматизованої обробки документів у задані терміни);

відхилень отриманих часових характеристик від календарних.

В умовах скрутного фінансового стану, що спостерігається в Україні протягом останніх років вартісний аспект при виборі тих або інших СЕДО серед існуючих на світовому ринку альтернатив (табл. 4.26) також займає не останнє місце. В нього, окрім власне вартості ліцензійного програмного забезпечення (ПЗ), має бути закладена:

по-перше, вартість заходів з його постійної оперативно-технічної підтримки (впровадження, навчання персоналу, оновлення тощо);

по-друге, вартість додаткових модулів та стороннього програмного забезпечення, наприклад, використовуваної СУБД.

Послуги з установки та налаштування системи, що пропонуються розробниками, є, як правило, необов'язковими й можуть знадобитися тільки в тому випадку, якщо власні ІТ-фахівці не мають сил самостійно здійснити адаптацію системи та ввести її в експлуатацію.

Важливим аспектом при оцінюванні вартості СЕДО, як і будь-яких інших подібних систем, є також конкурентноздатність ліцензій. Якщо ліцензії конкурентні, то з придбанням певної їх кількості у системі обмежується лише кількість одночасно працюючих користувачів. У випадку неконкурентних ліцензій їхньою кількістю обмежується як коло осіб, що працюють з СЕДО одночасно, так і максимальна кількість установлених для цього АРМ (автоматизованих робочих місць).

Вартість СУБД і системи в цілому.

Найменування СЕДО	Вартість							Конкурентноздатність ліцензій	СУБД	
	Ліцензій для одночасної роботи 50 користувачів, \$	Впровадження \$/год.	Навчання \$/год.	Технічної підтримки за 1 рік \$ (від)	Оновлення системи \$	Замовлених доробок \$/год.	Усього \$		Версія	Вартість, \$
Бос-референт	42 000,00 ¹	0,00	0,00	8 400,00	0,00	0,00	50 400,00	ні	Lotus Notes / Domino	Від 3964
ДІЛО	10 245,16	37,06	26,48	2 049,03	0,00	50,00	12 407,73	ні	MS SQL Server	Від 900 ³
Свфрат-документообіг	27 400,00	0,00	15,00	5 480,00	0,00	0,00	32 895,00	так	MS SQL Server ^{1,3} , Oracle ⁴	0 ⁵
Directum	38 885,00	20,00	12,00	7 771,00	0,00	20,00	46 678,00	так	MS SQL Server,	Від 900 ²
DocsVision	9 200,00	30,00	20,00	1 800,00	2 800,00	40,00	13 890,00	так	MS SQL Server	Від 900 ²
LanDocs	33 735,00 ⁶	50,00	0,00	6 675,00	0,00	40,00	40 500,00	так	MS SQL Server, Oracle	Від 900 ²
Optima-Workflow	18 200,00	0,00	15,00	2 400,00	5 460,00	30,00	26 105,00	так	MS SQL Server, Oracle, IBM DB2, DataBase	Від 900 ²

Примітка:

1 - без урахування скидок

3 - під MS SQL Server

5 - убудована СУБД «НІКА». В рамках проектного рішення може бути реалізована СУБД Oracle або Microsoft SQL Server

2 - SQL Server Standart Edition 2005 Win32 English OLP NL

4 - проектне рішення

6 - LanDocs: Діловодство + LanDocs: Сервер документів + LanDocs: Маршрутизація

При формуванні цін по кожному ПЗ, що приведений у табл. 4.26, Виконавцем було застосоване правило “весь функціонал на кожному робочому місці”. Тобто спочатку був проведений розрахунок вартості усього пропонованого функціонала в рамках СЕДО для одного робочого місця, після чого це значення множилося на 50. Значення 0,00 у більшості випадків проставлено тому, що від розроблювачів не було отримано конкретної інформації. Виходячи з цього, значення 0,00 варто розглядати як “за домовленістю”. За результатами проведеного аналізу (табл. 4.26) по загальній вартості серверної та користувальницької ліцензій, а також вартості використовуваної СУБД, найбільш прийнятними є системи Діло та DocsVision. Разом з тим, купуючи СЕДО варто пам’ятати про “підводні камені”, що виникають під час їх впровадження та подальшої промислової експлуатації. Може, наприклад, так статися, що всі переваги функціонала придбаної системи зйдуть нанівець коли з’ясується, що вона не містить інструментарію, необхідного для настроювання під потреби установи власними силами. Це вимагатиме участі представників розроблювача в зазначеному процесі, що, як наслідок, суттєво вплине на загальну вартість обраної системи.

Адаптувати СЕДО під потреби своєї установи доступними засобами без участі розроблювача та без додаткових витрат зможуть власники систем *Євфрат-документообіг* і *DocsVision*. Замовникам інших систем пропонується набір стандартних настроювань (табл. 4.27), які можуть бути дороблені розробниками або їхніми партнерами.

Таблиця 4.27

Доступний інструментарій для настроювання системи.

Система ----- Інструментарій	Бос- Референт	ДІЛО	Євфрат- документ обіг	Directum	DocsVision	LanDocs	Optima- Workflow
Дизайнер форм карток документів (графічний дизайнер)	1	0,5 ³	1	0,5 ⁷	0,5	0,5 ⁸	0,5
Наявність візуального редактора процесів обробки документів	1	0,5	1	0,5	1	1	1
Наявність створення та збереження шаблонів візуального редактора звітів	0,5 ¹	0	1	0,5 ⁷	1	1	0,5 ²
Створення й зміна словників і довідників	1	0	1	0,5 ⁷	1	1	1
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,88	0,25	1,00	0,50	0,88	0,88	0,75

Примітка:

1 - за допомогою *Report'sMen*;

3 - можливість додавань нових реєвзітів

5 - додаткова система *CM-WorkFlow*

7 - за допомогою інструмента розробки *IS-Builder*

2 - за допомогою *Crystal Reports*

4 - додатково, за допомогою інструментів для розробки *ActiveFrame*

6 - додатково система «центр звітів»

8 - настроювання реєвзітного состава реєстраційної картки

Електронний документ, що обробляється в СЕДО *Євфрат-документообіг* являє собою визначену форму виду: “файл + текстові поля на карточці + додаткові атрибути”. В усіх інших СЕДО, що підлягають розгляду в цьому звіті, “електронний документ” подається у виді файлу будь-якого розширення.

Ще одним з факторів, який може суттєво вплинути на вибір тієї або іншої СЕДО – є наявність у системі крім необхідного набору можливостей (табл. 1.1) ще й додаткового функціонала, наприклад, настроювань повідомлень і нагадувань, *Web*-доступу (табл. 4.28).

Таблиця 4.28

Додаткові можливості роботи із системою

Система ----- Інструментарій	Бос- Референт	ДІЛО	Євфрат- документ обіг	Directum	DocsVisio n	LanDocs	Optima- Workflow
Настроювання користувальницького інтерфейсу*	+	-/+	-/+	-/+	-/+	-/+	+
Настроювання повідомлень і нагадувань про наближення або порушення термінів виконання документів	+	-/+	+	+	+	+	+
Інтеграція з електронною поштою	+	-/+	+	+	+	+/ ²	+
WEB-доступ	+	+/ ¹	+	+/ ²	+	+/ ⁶	+
Підтримка територіально розподіленого режиму роботи**	+	-	+	+/ ³	+/ ⁴	+/ ⁷	+
Наявність API (Application Programming Interface)	+	+	+	+	+	+	+

Примітка:

* - настроювання кнопок на панелі, видимих областей, інші настроювання

1 - опціонально Діло-*WEB*

3 - опціонально Вторинний сервер реплікації

5 - опціонально *LanDocs*: Поштовий клієнт

7 - опціонально *LanDocs*: XML-підсистема обміну

** - наявність у системі стандартних засобів

2 - опціонально Сервер *WEB*-доступу

4 - опціонально модуль реплікації

6 - опціонально *LanDocs*::Інтернет доступ

Як видно з таблиці 4.28, найбільш повноцінний додатковий функціонал за рахунок гнучких настроювань користувальницького інтерфейсу надають системи *Бос-Референт* та *Optima-Workflow*. По інших параметрах упевнені позиції займають системи *Directum*, *DocsVision* та *Євфрат-документообіг*.

Важливими характеристиками СЕДО, як вже не раз наголошувалось, є також їх надійність, безпека та продуктивність (табл. 4.29).

Таблиця 4.29

Надійність, безпека							
Система	Бос-Референт	ДПО	Євфрат-документообіг	Directum	DocsVision	LanDocs	Optima-Workflow
----- Можливість							
Авторизація користувачів з паролем	1	1	1	1	1	1	1
Гнучке розмежування прав доступу (групи доступу, ролі)	1	1	1	1	1	1	1
Наявність програмних засобів контролю цілісності документів	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
Організація резервного копіювання БД (у тому числі за розкладом)	1	1	1	1	1	1	1
Застосування засобів шифрування документів	0,5 ¹	0,5 ²	1	1	1	0,5 ³	1
Застосування сертифікованих засобів криптозахисту	1	1	1	1	1	1	1
Ведення протоколу подій	1	1	1	1	1	1	1
Застосування електронного цифрового підпису	0,5	0,5 ²	1	1	1	0,5 ³	1
СЕРЕДНІЙ БАЛ	0,81	0,88	0,94	0,94	0,94	0,94	1,00

Примітка: 1 - замовлена робота з використанням БОСС-КРИПТО

2 - опціонально «ЕЦП і Шифрування»

3 - опціонально LanDocs: підсистема безпеки

З таблиці 4.29 виходить, що системи *Directum*, *DocsVision*, *LanDocs*, *Optima-Workflow* та *Євфрат-документообіг* дозволяють забезпечити необхідний рівень надійності й безпеки електронного документообігу. Система *Бос-Референт*, реалізована на платформі *Lotus Notes/Domino*, пропонує найбільш розвинені засоби адміністрування при розподіленій роботі за рахунок можливостей платформи. Враховуючи таке підсумкова оцінка функціональності СЕДО, що підлягали дослідженню подана в табл. 1.2 розділу 1, а її графічна інтерпретація – на рис. 4.22.

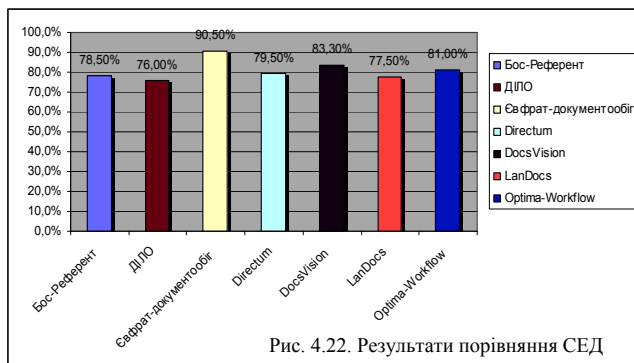


Рис. 4.22. Результати порівняння СЕД

Отримані результати підтверджуються також і оцінкою кількості впроваджень досліджуваних систем на теренах України та найближчого зарубіжжя (рис. 4.23).

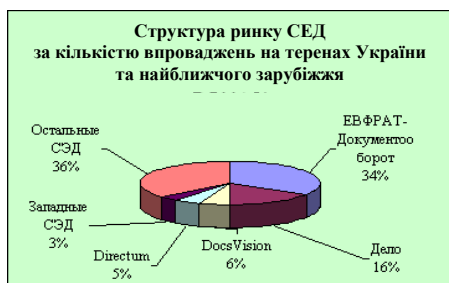


Рис. 4.23. Відсоток впроваджень СЕД

Таким чином, як видно з проведеного аналізу, раціональна СЕДО повинна сполучати в собі такі властивості, як:

- забезпечення вимог діловодства;
- наявність засобів узгодження, затвердження й контролю виконання документів;
- можливість формування резолюцій;
- можливість ознайомлення співробітників з документами;
- можливість автоматичного розсилання *e-mail* повідомлень і документів;
- можливість формування справ;
- можливість ведення всієї історії роботи з документами;
- можливість інтеграції з *MS Office* та існуючими додатками;
- наявність засобів зі створення довільної звітності;
- наявність простих стандартних засобів настроювання і програмування;
- забезпечення безпечної роботи з віддаленими структурними підрозділами установи через *web*-браузер, по електронній пошті або *SMS*;
- наявність засобів групової роботи з документами та проектами;
- можливість календарного планування та контролю завантаження співробітників по роботі з документами;
- забезпечення простоти роботи з системою для кінцевого користувача;
- забезпечення повнофункціонального обслуговування системи;
- низька вартість придбання, простота настроювання системи на нові види документів;
- реалізація на *web*-технологіях.

Дані, що використані у проведеному аналізі, зібрані з відкритих джерел.

Запитання для самоконтролю

1. Що Ви розумієте під термінами «інформація» та «інформаційні технології»? За якими ознаками ІТ-технології класифікуються? Наведіть приклади їх найбільшого поширення.
2. Ви розумієте під терміном «автоматизація»? Наведіть приклади практичної реалізації заходів з автоматизації.
3. Які функції притаманні сучасним автоматизованим системам?
4. Назвіть стадії та етапи робіт із створення автоматизованих систем. Дайте їм стислу характеристику.
5. Дайте стислу характеристику головним елементам функціональної структури перспективної АС.
6. Окресліть головні принципи розробки інформаційного забезпечення. Які вимоги до нього пред'являються?
7. Наведіть функціональну схему автоматизації управління електронними документами.
8. Наведіть перелік властивостей (ознак), які характеризують АС та притаманних їм показників.
9. Дайте стислу характеристику показникам, які характеризують мету та область застосування АС.
10. Дайте стислу характеристику показникам, які характеризують ступінь пристосування АС до експлуатації і збереження працездатності.
11. Дайте стислу характеристику показникам, які характеризують ступінь раціональності техніко-економічних рішень в АС.
12. Що слід розуміти під метричною теорією програм? Які головні напрями її реалізації Вам відомі?
13. Дайте визначення поняттю «якість ПЗ». Якими показниками якості воно характеризується?
14. У чому полягає загальна послідовність кроків (етапів) реалізації завдання щодо вибору конкурентоспроможного ПЗ?
15. Які методи оцінювання рівня якості ПЗ Вам відомі? Дайте їм стислу характеристику.
16. Дайте стислу характеристику процедурі проведення порівняльного оцінювання ПЗ (на прикладі СУБД) з використанням методу МАІ.
17. Дайте стислу характеристику процедурі визначення комплексного показника якості програмної (програмно-технологічної) документації. Якими факторами і показниками її характеризують?

18. За якими ознаками можуть бути класифіковані методи контролю якості ПЗ? Який методичний апарат покладено у їх основу?

19. Що Вирозумієте під проведенням випробувань (тестування) типового програмного комплексу?

20. За якими показниками оцінюється стабільність, стійкість до помилок та відновлюваність ПЗ?

21. Опишіть технологію оцінювання ступеня конкурентоспроможності технічних засобів АС.

22. Яким чином здійснюється вибір раціонального варіанта побудови систем автоматизації та АРМ АІС? Охарактеризуйте головні етапи проведення цієї процедури.

23. Опишіть технологію порівняльного оцінювання альтернативних варіантів побудови систем автоматизації.

24. Розкрийте сутність алгоритму вибору раціонального варіанту побудови АРМ АІС.

25. Що Ви розумієте під поняттям «системи електронного документообігу»? Які функціональні завдання ними виконуються?

26. За якими ознаками класифікують системи електронного документообігу?

27. Для вирішення яких завдань призначені системи електронного документообігу, орієнтовані на бізнес-процеси (EDMS-системи)?

28. Що є головною метою впровадження систем електронного документообігу?

29. У чому полягає загальна послідовність кроків (етапів) реалізації завдання щодо вибору раціональної СЕДО?

30. Перелічіть вимоги до програмного забезпечення перспективної СЕДО.

31. У чому полягає процес моделювання документообігу? Які головні етапи реалізації йому притаманні?

32. Які властивості мають сполучати у собі перспективні системи електронного документообігу?

ГЛАВА 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ НОВИХ (УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ) ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СОЦІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Техніко-економічне обґрунтування розробки, створення і виробництва будь-якої високотехнологічної продукції, до якої належить і програмне забезпечення (ПЗ) сучасних автоматизованих систем, в загальному випадку проводиться з метою вирішення таких завдань:

- визначення можливості та доцільності проведення робіт з розробки або закупівлі зразків високотехнологічної продукції або її елементів;

- вибору найбільш раціонального за техніко-економічними показниками варіанта створення;

- розробки програми створення або придбання нових зразків високотехнологічної продукції при довгостроковому плануванні;

- встановлення планової умовної вартості зразка високотехнологічної продукції при його серійному виробництві або закупівлі;

- забезпечення раціонального використання бюджетних асигнувань;

- довгострокового планування виробництва та закупівлі тощо.

Як правило прогнозування планових умовних витрат та вартості зразків високотехнологічної продукції здійснюється на стадіях:

- розробки тактико-технічного завдання на виконання ДКР;

- проведення ескізного та технічного проектування;

- розробки робочої та конструкторської документації на дослідний зразок або дослідну партію.

Враховуючи те, що у ринкових умовах функціонування економіки і обмеженого фінансування проблема оцінки якості та вартості високотехнологічної продукції надзвичайно загострюється, все більшого значення набуває питання прийняття правильного рішення відносно визначення її ефективності (якості) та необхідних фінансових ресурсів на її створення або придбання ще на етапі науково-технічного планування заходів з розробки або закупівлі. При цьому особливо проблематичною стає оцінка витрат саме на розробку нових (модернізацію існуючих) ПЗ [155, 180, 197], які базуються на принципово нових програмно-математичних методах і засадах.

Необхідно відзначити, що саме вартісна складова ПЗ змушує замовників (покупців) приділяти цьому питанню особливу увагу. Це пояснюється тим, що наявність помилок у програмному забезпеченні може призводити до безворотних втрат. Про цю проблему красномовно свідчить, наприклад, факт втрати у вересні 1999

року американської автоматичної міжпланетної станції *Mars Climate Orbiter* вартістю 125 мільйонів доларів [198]. Як з'ясувала спеціальна комісія до втрати станції призвела помилка у системі керування нею, що була закладена у бортовому програмному забезпеченні. Причина помилки полягала в тім, що одна із груп розробників ПЗ використовувала під час роботи британську систему одиниць вимірів, а інша - метричну. Найбільшу заклопотаність керівництва *NASA* визвала навіть не втрата об'єкта, а нездатність системи контролю якості ПЗ, яка і після багаторазових перевірок була не спроможна виявити помилку в ньому. При цьому було з'ясовано, що одна група розробників була сертифікована відповідно до стандарту ISO 9001, а інша була лише рекомендована для сертифікації. Це доводить необхідність розробки та впровадження в обіг власного науково-методичного апарату, що дозволить проводити оцінку якості як нових, так і вже існуючих ПЗ та здійснювати їх попереднє техніко-економічне обґрунтування.

Таким чином не менш важливим ніж попередні кроком у виборі раціонального програмного (програмно-технічного) засобу для комплектування ним перспективної АС є визначення собівартості програмного засобу ($C_{ПЗ}$), що враховує:

- витрати на матеріали (P_m),
- витрати на спеціальне обладнання ($P_{ст.обл.}$),
- основну ($P_{озн}$) та додаткову ($P_{дзн}$) заробітну плату розробників,
- відрахування на соціальні потреби ($P_{відрах.}$) та накладні витрати ($P_{накл.}$).

Це, в свою чергу, передбачає визначення трудомісткості робіт зі створення ПЗ на окремих стадіях його розробки, а також визначення низки витрат на створення ПЗ.

5.1 Визначення трудомісткості робіт зі створення програмного засобу на окремих стадіях його розробки

Розробка будь-якого нового (доопрацювання існуючого) програмного засобу згідно ГОСТ та ДСТУ включає, як правило, п'ять стадій. *На стадії розробки технічного завдання (ТЗ)* проводиться: збір вихідних матеріалів; вибір і обґрунтування критеріїв ефективності та якості розроблюваної програми; вибір мови програмування та узгодження і затвердження технічного завдання. Окрім цього Замовником визначаються вимоги до програми, кількість стадій і етапів, а також терміни розробки програми та документації на неї. *На стадії ескізного проекту (ЕП)* проводиться розробка структури вхідних і вихідних даних, загального опису алгоритму рішення завдання, техніко-економічного обґрунтування доцільності створення програми та пояснювальної записки. Окрім цього уточнюються методи рішення завдання та узгоджується і затверджується ескізний проект. *На стадії*

технічного проекту (ТП) проводиться уточнення структури вхідних і вихідних даних та визначається форма їхнього подання, розробляється алгоритм рішення завдання, визначається семантика і синтаксис мови, розробляється структура програми та остаточно визначається конфігурація технічних засобів. Окрім цього розробляється план заходів щодо розробки і впровадження програми та пояснювальна записка до неї, а також узгоджується та затверджується технічний проект. Робочий проект (РП) є найбільш трудомістким етапом. В ході його реалізації відбувається безпосередня розробка, випробування і налагодження за результатами випробувань ПЗ та коректування супутньої йому програмної документації. Результатом даної стадії є готовий програмний засіб з посібником для користувача та робочою документацією. На стадії впровадження (ВП) проводиться: підготовка та передача програми і програмної документації для супроводу та (або) виготовлення; оформлення і затвердження відповідних актів; передача програми (якщо це передбачено договором) до фонду алгоритмів і програм.

Трудомісткість кожної стадії розробки ПЗ обчислюється за такими формулами:

$$1. \text{ Стадія ТЗ: } T_{ТЗ} = L_1 \cdot K_H \cdot T_0;$$

$$2. \text{ Стадія ЕП: } T_{ЕП} = L_2 \cdot K_H \cdot T_0;$$

$$3. \text{ Стадія ТП: } T_{ТП} = L_3 \cdot K_H \cdot T_0;$$

$$4. \text{ Стадія РП: } T_{РП} = L_4 \cdot K_H \cdot K_T \cdot T_0;$$

$$5. \text{ Стадія ВП: } T_{ВП} = L_5 \cdot K_H \cdot T_0,$$

де L_j – питома вага трудомісткості j -ої стадії розробки;

K_H – корегуючий коефіцієнт, що враховує ступінь новизни ПЗ;

K_T – корегуючий коефіцієнт, що враховує ступінь використання в розробці типових стандартних програм;

T_0 – загальна трудомісткість розробки програмного засобу: $T_0 = K_{cl} \cdot T_p$;

T_p – трудомісткість, визначена за обсягом розроблювального ПЗ для відповідної групи складності;

K_{cl} – додатковий коефіцієнт складності програмного засобу.

Припустимо [199, 200], що перспективний програмний засіб містить не менше 7 тисяч умовних машинних команд (табл. 5.1), має II групу складності – $T_p = 2322$, $K_{cl} = 1.14$ (табл. 5.2, 5.3), відрізняється новизною – $K_H = 1$ (табл. 5.4) та використовує під час розробки від 40% до 60% типових стандартних програм – $K_T = 0.7$ (табл. 5.5). Виходячи з цього загальна трудомісткість по його створенню буде становити: $T_0 = 2322 \cdot 1.14 = 2647$ людино-годин, а питома вага

трудомісткості кожної стадії розробки (табл. 5.6) – $L_1 = 0.11$, $L_2 = 0.09$, $L_3 = 0.11$, $L_4 = 0.55$ та $L_5 = 0.14$. Окремо за стадіями робіт матимемо:

$$T_{ТЗ} = L_1 \cdot K_n \cdot T_0 = 0.11 \cdot 1 \cdot 2647 = 291 \text{ людино-годин};$$

$$T_{ЭП} = L_2 \cdot K_n \cdot T_0 = 0.09 \cdot 1 \cdot 2647 = 238 \text{ людино-годин};$$

$$T_{ТП} = L_3 \cdot K_n \cdot T_0 = 0.11 \cdot 1 \cdot 2647 = 291 \text{ людино-годин};$$

$$T_{PH} = L_4 \cdot K_n \cdot K_m \cdot T_0 = 0.55 \cdot 1 \cdot 0.7 \cdot 2647 = 1019 \text{ людино-годин};$$

$$T_{BH} = L_5 \cdot K_n \cdot T_0 = 0.14 \cdot 1 \cdot 2647 = 371 \text{ людино-годин}.$$

Таблиця 5.1

Норми часу на розробку програмного засобу (T_p), залежно від його уточненого обсягу та групи складності (людино-днів)

Обсяг ПЗ (кількість умов. машин. команд)	1 група складності ПЗ	2 група складності ПЗ	3 група складності ПЗ	Номер норми
200	--	--	21	1
300	--	--	23	2
400	--	--	25	3
500	--	--	27	4
600	--	33	28	5
700	--	36	30	6
800	--	38	32	7
900	--	40	34	8
1000	51	43	36	9
1200	54	45	38	10
1400	57	48	40	11
1600	60	50	42	12
1800	64	54	45	13
2000	68	57	48	14
2200	73	61	51	15
2400	76	64	54	16
2600	81	68	57	17
2800	86	72	60	18
3000	91	76	64	19
3200	97	81	68	20
3400	103	86	72	21
3600	110	92	77	22
3800	117	98	82	23
4000	124	104	87	24
4200	133	111	93	25
4400	141	118	99	26
4600	151	126	105	27
4800	160	134	112	28
5000	170	142	119	29
5500	182	152	127	30
6000	194	162	135	31
6500	206	172	144	32
7000	220	184	154	33
7500	235	196	164	34
8000	252	210	175	35
8500	268	224	187	36
9000	288	240	200	37
9500	307	256	214	38
10000	327	273	228	39
11000	349	291	243	40

Обсяг ПЗ (кількість умов. машин. команд)	1 група складності ПЗ	2 група складності ПЗ	3 група складності ПЗ	Номер норми
12000	374	312	260	41
13000	399	333	278	42
14000	427	356	297	43
15000	456	380	317	44
16000	487	406	339	45
18000	520	434	362	46
20000	556	464	387	47
22000	595	496	414	48
24000	636	530	442	49
26000	679	566	472	50

* При розробці ПЗ з використанням сучасних ПЕОМ, норми часу застосовуються з поправним коефіцієнтом 0.7

Таблиця 5.2

Характеристики груп складності програмного засобу	
Група складності	Характеристика програмного засобу
I	ПЗ, якому притаманна одна або декілька наступних функцій: складний інтелектуальний мовний інтерфейс з користувачем; робота в реальному часі; телекомунікаційна обробка даних і керування вилученими об'єктами; машинна графіка; багатозадачність; істотне розпаралелювання обчислень.
II	ПЗ, якому притаманна одна або декілька наступних функцій: оптимізаційні розрахунки; настроювання на змінні структури вхідних і вихідних даних; настроювання на нестандартну конфігурацію технічних засобів; переносимість; реалізація особливо складних інженерних і наукових розрахунків.
III	ПЗ, якому не притаманна жодна з перерахованих вище функцій:

Таблиця 5.3

Додаткові коефіцієнти складності програмного засобу		Значення $K_{сз}$
Характеристика програмного засобу		
1. Функціонування ПЗ у розширеному операційному середовищі (зв'язок з іншими ПЗ)		0,08
2. Інтерактивний доступ		0,06
3. Забезпечення зберігання, ведення і пошуку даних у складних структурах		0,07
4. Наявність у ПЗ одночасно декількох характеристик по табл. 5.2:		
2 характеристики		0,12
3 характеристики		0,18
понад 3 характеристик		0,26

Таблиця 5.4

Поправочні коефіцієнти, що враховують новизну програмного засобу (ПЗ)				
Група новизни ПЗ	Ступінь новизни	Використання		Значення K_n
		нового типу ЕОМ	нові ОС	
А	Принципово нові ПЗ, що не мають доступних аналогів	+	+	1,75
		-	+	1,6
		+	-	1,2
		-	-	1,0
Б	ПЗ, що є розвитком певного параметричного ряду ПЗ	+	+	1,0
		-	+	0,9
		+	-	0,8
В	ПЗ, що є розвитком певного параметричного ряду ПЗ, розроблених на раніше освоєних типах ЕОМ і ОС	-	-	0,7

Таблиця 5.5

Значення поправочного коефіцієнта, що враховує використання типових програм	
Ступінь охопту реалізованих функцій розроблювального програмного засобу типовими (стандартними) програмами та ПЗ	Значення K_r
1. Від 60% і вище	0,6
2. Від 40% до 60%	0,7
3. Від 20% до 40%	0,8
4. До 20%	0,9
5. Типові програми і ПЗ не використовуються для реалізації функцій розроблювального програмного засобу	1,0

Таблиця 5.6

Значення коефіцієнтів питомих ваг трудомісткості стадій в загальній трудомісткості розробки ПЗ

Код	Ступінь новизни		
	А	Б	В
ТЗ	0,11	0,10	0,09
ЕП	0,09	0,08	0,07
ТП	0,11	0,09	0,07
РП	0,55	0,58	0,61
ВП	0,14	0,15	0,16
Разом	1,00	1,00	1,00

Уточнену загальну трудомісткість розробки ПЗ обчислимо за формулою:

$$t_{\text{разр}}^{\text{sym}} = \sum_{j=1}^k T_j = 291 + 238 + 291 + 1019 + 371 = 2210 \text{ людино-годин.} \quad (5.53)$$

Кількість виконавців, які мають бути задіяні у роботі зі створення програмного забезпечення, визначимо таким чином:

$$Ч = \frac{T_{\text{обц}}}{\Phi_d \cdot D}, \quad (5.54)$$

де $Ч$ – кількість виконавців, осіб; Φ_d – дійсний (корисний) фонд часу одного працюючого на місяць, днів; D – директивний строк виконання розробки, місяців ($D = 14$).

Таким чином, $Ч = \frac{2210}{22 \cdot 14} \approx 7$ осіб.

Виходячи з цього сформуємо штатний розклад співробітників (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Штатний розклад співробітників

Найменування посади	Кількість	Розряд
Науковий керівник	1	14
Головний інженер	1	11
Інженер-Програміст	1	10
Інженер-Програміст	1	9
Оператор	2	7
Технік	1	7

5.2 Розрахунок і побудова мережевого плану-графіка виконання розробки програмного засобу

Для побудови мережного плану-графіка виконання розробки і впровадження ПЗ весь процес розробки розділимо на конкретні роботи, установимо їхню логічну послідовність, призначимо виконавців і визначимо тривалість виконання робіт (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Перелік і тривалість робіт

Код роботи	Зміст роботи	Трудомісткість роботи, людино-годин	Виконавці	Тривалість роботи, днів
Технічне завдання		291		
1-2	Постановка завдання	20	2	10
2-3	Обґрунтування принципової можливості рішення завдання	35	4	9
3-5	Попередній вибір методів рішення завдання	70	5	14
2-4	Визначення складу ПЗ	44	4	11
3-6	Визначення складу і структури інформаційної бази	32	4	8
4-6	Вибір мов програмування	20	3	7
5-7	Визначення стадій, етапів і строків розробки ПЗ	50	4	12
7-8	Узгодження та затвердження ТЗ	20	4	5
Ескізний та технічний проєкти		238		
8-9	Вивчення й пророблення ТЗ	24	4	6
6-10	Консультації розроблювачів	28	5	6
9-11	Установлення переліку і складу інформації	43	4	11
10-11	Установлення структури форм вхідних і вихідних документів	48	5	10
11-12	Визначення методів рішення завдань	59	5	12
12-13	Затвердження ЕП	36	4	9
11-14	Видача рекомендацій виконавцям	9	2	5
14-15	Визначення складу та організації обробки даних	38	4	10
13-14	Рішення питань по застосуванню ПЗ	23	3	8
15-16	Аналіз і визначення форм вхідних і вихідних документів з компонуванням реквізитів	35	4	9
14-16	Організація контролю оброблюваної інформації	41	4	10
16-17	Підготовка контрольно-отладочного приклада	32	3	11
17-18	Остаточне визначення конфігурації технічних засобів	29	4	7
17-19	Контроль за дотриманням вимог до складу та оформлення постановки завдання	26	3	9
18-20	Розробка програмної документації	29	4	7
19-20	Передача програмної документації для включення в ТП	12	2	6
20-21	Узгодження й твердження ТП	17	4	4
Робочий проєкт		1019		
21-22	Вивчення постановки завдання	92	7	13
22-23	Розробка програми	204	6	34
22-25	Налагодження програми	183	5	36
22-26	Опис контрольного приклада	82	5	16
23-24	Підготовка керіводств програміста й оператора	102	5	20
24-27	Комплексне налагодження завдань і здача в досвідчену експлуатацію	132	6	22
25-26	Коректування програм і документації за результатами комплексного налагодження	71	5	14
26-27	Підготовка документації РП до розгляду	61	5	12
27-28	Розмноження робочої документації	31	3	10
28-29	Узгодження та затвердження РП	61	5	12

Код роботи	Зміст роботи	Трудомісткість роботи, людино-годин	Виконавці	Тривалість роботи, днів
Впровадження		371		
29-30	Перевірка алгоритму і програм рішення завдань	74	6	12
30-31	Перевірка технологічного процесу обробки даних	74	5	15
30-32	Експериментальна експлуатація завдань	67	5	13
31-33	Коректування технічної документації за результатами дослідної експлуатації	63	5	13
32-33	Підготовка документації	56	5	11
33-34	Здача ПЗ у промислову експлуатацію	37	4	9

Враховуємо параметри мережевого плану-графіка, а саме: ранні терміни здійснення подій: $t_j^P = \max(t_i^P + t_{ij})$; пізні терміни здійснення подій: $t_j^N = \min(t_j^N - t_{ij})$; резерв часу подій: $R_i = t_i^N - t_i^P$. Результати обчислень представлені в таблиці 5.9. Визначимо повні та вільні резерви часу робіт, а також коефіцієнт завантаженості (табл. 5.10).

Таблиця 5.9

Номера подій	Ранній термін здійснення події	Пізній термін здійснення події	Повний резерв часу події
1	0	0	0
2	10	10	0
3	19	19	0
4	21	44	23
5	33	33	0
6	28	51	23
7	45	45	0
8	50	50	0

Номера подій	Ранній термін здійснення події	Пізній термін здійснення події	Повний резерв часу події
18	133	134	1
19	135	135	0
20	141	141	0
21	145	145	0
22	158	158	0
23	192	192	0
24	212	212	0
25	194	208	14

Продовження табл. 5.9

9	56	56	0
10	34	57	23
11	67	67	0
12	79	79	0
13	88	88	0
14	96	96	0
15	106	106	0
16	115	115	0
17	126	126	0

26	208	222	14
27	234	234	0
28	244	244	0
29	256	256	0
30	268	268	0
31	283	283	0
32	281	285	4
33	296	296	0
34	305	305	0

Таблиця 5.10

Резерви часу й коефіцієнти завантаженості робіт

Код роботи	Тривалість	Резерви часу роботи		Коефіцієнт завантаженості	Код роботи	Тривалість	Резерви часу роботи		Коефіцієнт завантаженості
		повний	вільний				повний	вільний	
1-2	10	0	0	1	6-10	6	23	0	0,2
2-3	9	0	0	1	9-11	11	0	0	1
3-5	14	0	0	1	10-11	10	23	23	0,3
2-4	11	23	0	0,32	11-12	12	0	0	1
3-6	8	24	1	0,25	12-13	9	0	0	1
4-6	7	23	0	0,23	11-14	5	24	24	0,17
5-7	12	0	0	1	14-15	10	0	0	1
7-8	5	0	0	1	13-14	8	0	0	1
8-9	6	0	0	1	15-16	9	0	0	1

Код роботи	Тривалість	Резерви часу роботи		Коефіцієнт завантаженості	Код роботи	Тривалість	Резерви часу роботи		Коефіцієнт завантаженості
		повний	вільний				повний	вільний	
14-16	10	9	9	0,52	24-27	22	0	0	1
16-17	11	0	0	1	25-26	14	14	0	0,5
17-18	7	1	0	0,88	26-27	12	14	14	0,46
17-19	9	0	0	1	27-28	10	0	0	1
18-20	7	1	1	0,88	28-29	12	0	0	1
19-20	6	0	0	1	29-30	12	0	0	1
20-21	4	0	0	1	30-31	15	0	0	1
21-22	13	0	0	1	30-32	13	4	0	0,76
22-23	34	0	0	1	31-33	13	0	0	1
22-25	36	14	0	0,72	32-33	11	4	4	0,73
22-26	16	48	34	0,25	33-34	9	0	0	1
23-24	20	0	0	1					

Мережевий план-графік розробки і впровадження ПЗ показано на рис. 5.1.

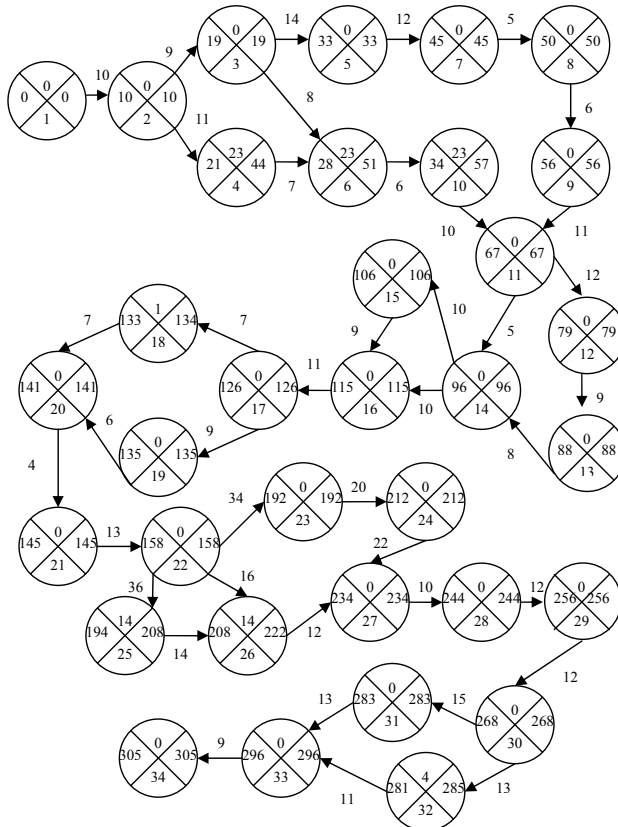


Рис. 5.1. Мережевий план-графік розробки та впровадження ПЗ

Критичний шлях являє собою послідовність наступних робіт: 1-2-3-5-7-8-9-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-27-28-29-30-31-33-34. Загальна тривалість критичного шляху становить 305 днів, що укладається в рамки директивних термінів. Отже, необхідність в оптимізації мережного плану-графіка відсутня.

5.3 Визначення витрат на створення програмного засобу

Визначення витрат на створення нового ПЗ здійснюється за статтями витрат на:

- матеріали та спеціальне обладнання;
- основну зарплату виробничого персоналу;
- додаткову зарплату (оплату чергових і додаткових відпусток, часу на виконання державних та інших обов'язків);
- єдиний соціальний податок;
- витрати з відряджень (добові, квартирні, вартість проїзду);
- амортизаційні відрахування;
- накладні витрати (загальногосподарські витрати установи на виробництво, управління, обслуговування тощо);
- контрагентські витрати (вартість робіт, виконуваних сторонніми організаціями);
- інші прямі витрати (оплата консультацій і експертиз тощо);
- собівартість; прибуток; договірну ціну з урахуванням ПДВ тощо.

Витрати на матеріали та купуні виробу розраховуються за формулою:

$$P_M = \sum_{j=1}^J q_{M_j} \cdot C_{M_j} + \frac{\left(\sum_{j=1}^J q_{M_j} \cdot C_{M_j} \right) \cdot H_{TP}}{100}, \quad (5.55)$$

де q_{M_j} – норма витрати j -го матеріалу на розробку ПЗ, шт; C_{M_j} – ціна одиниці j -го матеріалу, у.о.; H_{TP} – норма транспортних витрат.

Результати обчислень представлені в таблиці 5.11.

Таблиця 5.11

Розрахунок вартості матеріалів			
Найменування	Ціна за одиницю, у.о.	Кількість, шт.	Сума, у.о.
Дискета	0.10	10	1.00
CD-RW	0.20	5	1.00
Папір	5	2	10.0
Ручка	0.10	15	1.50
Олівець	0.05	10	0.50
Картридж для принтера	18	2	36
Транспортно-заготівельні витрати, 15%			7.5
УСЬОГО			57.5

Вартість спеціального обладнання, що використовуватиметься в ході розробки нового програмного засобу приведена в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12

Розрахунок вартості спеціального обладнання

Найменування обладнання	Потужність, кВт	Кількість	Ціна за одиницю, у.о.	Сума, у.о.
ПЕОМ Intel Pentium	0,40	3	850	2550
Принтер HP DeskJet D4263	0,30	1	180	180
Сканер HP ScanJet 2400	0,22	1	70	70
Транспортно-заготівельні витрати, 15%				420
УСЬОГО				3320

Наступним кроком є визначення витрат, пов'язаних з використанням комп'ютерного обладнання під час розробки ПЗ. Для цього необхідно визначити кількість робочих годин у році за формулою:

$$n(p) = (N - N_{\text{prazd}} - N_{\text{vihod}}) \cdot 8, \quad (5.56)$$

де N – загальна кількість днів у році; N_{prazd} – кількість святкових днів у році; N_{vihod} – кількість вихідних днів у році.

Припустимо що, кількість святкових днів у році – 10, а вихідних – 104. Виходячи з цього кількість робочих годин у році буде дорівнювати:

$$n(p) = (365 - 10 - 104) \cdot 8 = 2008 \text{ годин.}$$

Середньомісячний номінальний фонд часу дорівнюватиме:

$$\Phi_H = \frac{2008}{12} = 167 \text{ годин.}$$

Корисний річний фонд часу ПЕОМ дорівнює числу робочих годин у році для оператора, за винятком часу на профілактику (ремонт) ПЕОМ. Час профілактики (ремонт) становить, наприклад:

щомісячної ($t_{\text{prof}}^{\text{mes}}$) – 5 годин;

щорічної ($t_{\text{prof}}^{\text{god}}$) – 6 діб.

Таким чином дійсний корисний річний фонд часу ПК буде становити:

$$\Phi_{\Pi} = n(p) - (t_{\text{prof}}^{\text{mes}} \cdot 8 + t_{\text{prof}}^{\text{god}} \cdot 8) = 2008 - (6 \cdot 8 + 5 \cdot 12) = 1900 \text{ годин.} \quad (5.57)$$

Вартість одного машинного часу роботи обчислимо за формулою:

$$C = \frac{1.2 \cdot (P_T + I_{\text{оп}})}{\Phi_{\Pi}}, \quad (5.58)$$

де P_T – поточні витрати, $I_{\text{оп}}$ – знос, пов'язаний з експлуатацією обладнання і приміщень, Φ_{Π} – корисний фонд часу.

Поточні витрати містять у собі: витрати на електроенергію, оренду приміщення, техобслуговування техніки та податок на майно.

Витрати на електроенергію визначаються в такий спосіб:

$$P_1 = C_K \cdot W \cdot \Phi_{\Pi}, \quad (5.59)$$

де C_K – вартість 1 кВт×годину, у.о.; W – споживана потужність, кВт; Φ_{Π} – корисний фонд часу, годин.

Виходячи з того, що у цей час $C_K = 0.03$ у.о. - витрати на електроенергію становитимуть:

$$\text{для комп'ютера } P_1 = 0.03 \cdot 0.4 \cdot 1900 = 22.8 \text{ у.о.};$$

$$\text{для принтера } P_1 = 0.03 \cdot 0.3 \cdot 1900 = 17.1 \text{ у.о.};$$

$$\text{для сканера } P_1 = 0.03 \cdot 0.22 \cdot 1900 = 12.5 \text{ у.о.}$$

Витрати на техобслуговування техніки становитимуть 25% від її вартості. Вони обчислюються в такий спосіб:

$$\text{для комп'ютера } P_2 = 850 \cdot 0.25 = 212 \text{ у.о.};$$

$$\text{для принтера } P_2 = 180 \cdot 0.25 = 45 \text{ у.о.};$$

$$\text{для сканера } P_2 = 70 \cdot 0.25 = 18 \text{ у.о.}$$

Витрати на оренду приміщення визначаються як добуток вартості оренди одного квадратного метра на кількість квадратних метрів:

$$P_3 = C_{1M} \cdot N_M. \quad (5.60)$$

Припустимо, що вартість оренди одного квадратного метра на цей час дорівнює 5 у.о., а займана організацією площа дорівнює 30 м². Тоді $P_3 = 5 \cdot 30 = 150$ у.о. Податок на майно становить 2% від вартості техніки, отже:

$$\text{для комп'ютера } P_4 = 850 \cdot 0.02 = 17 \text{ у.о.};$$

$$\text{для принтера } P_4 = 180 \cdot 0.02 = 3.6 \text{ у.о.};$$

$$\text{для сканера } P_4 = 70 \cdot 0.02 = 1.4 \text{ у.о.}$$

Враховуючи викладене загальна сума поточних витрат для кожного виду обладнання становитиме:

$$\text{для комп'ютера } P_m = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 22.8 + 212 + 150 + 17 = 401.8 \text{ у.о.};$$

$$\text{для принтера } P_m = P_1 + P_2 + P_4 = 17.1 + 45 + 3.6 = 65.7 \text{ у.о.};$$

$$\text{для сканера } P_m = P_1 + P_2 + P_4 = 12.5 + 18 + 1.4 = 31.9 \text{ у.о.}$$

Наступним кроком визначимо ступінь зносу обладнання, що пов'язаний з експлуатацією як обладнання, так і приміщення. Знаючи норму амортизаційних відрахувань, розрахуємо амортизацію обладнання:

для комп'ютера $N_a = 10\%$, $P_5 = N_a \cdot C = 0.10 \cdot 850 = 85$ у.о.;

для принтера $N_a = 12\%$, $P_5 = N_a \cdot C = 0.12 \cdot 180 = 21.6$ у.о.;

для сканера $N_a = 12\%$, $P_5 = N_a \cdot C = 0.12 \cdot 70 = 8.4$ у.о.

Амортизація приміщення за рік становить 2% від річної оренди приміщення, тобто $P_6 = P_3 \cdot 0.02 = 150 \cdot 0.02 = 3$ у.о. Таким чином, ступінь зносу обладнання у грошовому еквіваленті дорівнює:

для комп'ютера $I_{on} = 85 + 3 = 88$ у.о.;

для принтера $I_{on} = 22$ у.о.;

для сканера $I_{on} = 8$ у.о.

Результати обчислень представлені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13

Поточні витрати та ступінь зносу обладнання			
Статті витрат (у.о.)	ЕОМ	Принтер	Сканер
Витрати на електроенергію	27,8	20,8	15,3
Витрати на техобслуговування	212	45	18
Витрати на оренду приміщення	150	-	-
Податок на майно	17	3,6	1,4
Поточні витрати	401,8	65,7	31,9
Амортизація встаткування за рік	85	21,6	8,4
Амортизація приміщення за рік	3	-	-
Зношування	88	22	8
Разом	984,6	178,7	83

Підставляючи отримані значення поточних витрат і зношування до формули (5.58) визначимо вартість одного машинного часу:

для комп'ютера $C = \frac{1,2 \cdot (401,8 + 88)}{1900} = 0.309$ у.о.;

для принтера $C = \frac{1,2 \cdot (65,7 + 22)}{1900} = 0.055$ у.о.;

для сканера $C = \frac{1,2 \cdot (31,9 + 8)}{1900} = 0.025$ у.о.

Виходячи з цього вартість одного машинного часу роботи комп'ютерного обладнання, пов'язаного з розробкою ПЗ буде становити:

$$C = 0.309 + 0.055 + 0.025 = 0.389 \text{ у.о.}$$

Тепер, знаючи собівартість одного машинного часу роботи комп'ютерного обладнання, пов'язаного з розробкою ПЗ (C) і уточнену загальну трудомісткість розробки ПЗ, що вимагають використання комп'ютерного обладнання ($t_{розр}^{sym}$) – визначимо витрати на його на утримання та експлуатацію протягом фактичного життєвого циклу ПЗ:

$$P_{KO} = C \cdot t_{разр}^{sym} = 0.389 \cdot 1900 \approx 739 \text{ у.о.}$$

Основна заробітна плата обчислюється для кожного виконавця окремо, виходячи з його місячного окладу та термінів розробки ПЗ. Вартість однієї години роботи визначимо за формулою:

$$P_q = \frac{Q_{мес}}{K_{он} \cdot K_{год}}, \quad (5.61)$$

де $Q_{мес}$ – оклад i -го працівника в місяць відповідно до його кваліфікаційного розряду, у.о.; $K_{он}$ – кількість робочих днів у місяці; $K_{год}$ – кількість робочих годин у добі.

Заробітну плату виконавців визначимо за формулою:

$$P_{ОЗП} = \sum_{i=1}^I P_{q_i} \cdot K_{он} \cdot K_{год} \cdot D \cdot n_i, \quad (5.62)$$

де D – директивний строк виконання розробки, місяців.

n_i – кількість працівників i -ї кваліфікації, що приймають участь у розробці.

Результати обчислень представлені в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14

Розрахунок основної заробітної плати виконавців

Посада	Кількість	Розряд	Оклад, у.о.	Вартість однієї години роботи, у.о.	Основна зарплата, у.о.
Науковий керівник	1	14	1800.0	10.8	25200
Головний інженер	1	11	1350.0	8.1	18900
Інженер-Програміст	1	10	1000.0	6.0	14000
Інженер-Програміст	1	9	930.0	5.6	13020
Оператор	2	7	350.0	2.1	5800
Технік	1	7	350.0	2.1	4900
РАЗОМ					81820

Додаткова заробітна плата становитиме:

$$P_{ДЗП} = \frac{P_{ОЗП} \cdot H_{доп}}{100\%} = \frac{81820 \cdot 17}{100} = 13909.4 \text{ у.о.},$$

де $H_{доп}$ – норматив додаткової заробітної плати (17%).

Собівартість програмного засобу визначимо за формулою:

$$C_{ПП} = P_M + P_{сп.обл.} + P_{ОЗП} + P_{ДЗП} + P_{відрах.} + P_{накл.} + P_{КО}, \quad (5.63)$$

де P_M – витрати на матеріали, у.о.; $P_{сп.обл.}$ – витрати на спеціальне обладнання, у.о.;

$P_{ОЗП}$ – основна заробітна плата, у.о.; $P_{ДЗП}$ – додаткова заробітна плата, у.о.; $P_{відрах.}$ – відрахування на соціальні потреби, у.о.; $P_{накл.}$ – накладні витрати, у.о.; $P_{КО}$ – витрати на на утримання та експлуатацію комп'ютерного обладнання протягом фактичного життєвого циклу ПЗ, у.о.;

Відрахування на соціальні потреби обчислюються як відсоток від загальної заробітної плати:

$$P_{відрах.} = \frac{(P_{ОЗП} + P_{ДЗП}) \cdot H_{відрах.}}{100} = \frac{(81820 + 13909) \cdot 26}{100} = 24889.54 \text{ у.о.},$$

де $H_{відрах.}$ – норматив відрахувань на соціальні потреби (26%).

Накладні витрати при цьому становлять:

$$P_{накл.} = \frac{P_{ОЗП} \cdot H_{накл.}}{100} = \frac{81820 \cdot 15}{100} = 12273 \text{ у.о.},$$

де $H_{накл.}$ – норматив накладних витрат (15%).

Таким чином, собівартість ПЗ в цілому дорівнює

$$C_{III} = 57.5 + 3320 + 81820 + 13909 + 24889.5 + 12273 + 739 \approx 137008 \text{ у.о.}$$

Наступним кроком є визначення нормативного прибутку та капітальних вкладень, що пов'язані із впровадженням програмного засобу. Нормативний прибуток становитиме:

$$П_H = \frac{C_{III} \cdot R_H}{100} = \frac{137008 \cdot 15}{100} \approx 20551 \text{ у.о.},$$

де R_H – норматив рентабельності (15%).

Капітальні вкладення визначимо за формулою:

$$\Delta C_{III}^{впровадж.} = \left(T_{mash}^{korist.} \cdot C_{PK} / \Phi_{II} \right) + C_{III} \quad (5.64)$$

де $\Phi_{II} = 1990$ – корисний річний фонд часу роботи машини (ЕОМ), за винятком простоїв у ремонті (годин на рік);

$C_{PK} = C_{PK}^{rink} + C_{rem.komp}^{1god} = 850 + 85 = 925$ у.о. – капітальні вкладення в ПЕОМ для яких призначена дана програма (складаються з ринкової вартості ПЕОМ (C_{PK}^{rink}) та вартості запасу змінюваних частин $C_{rem.komp}^{1god}$, які становлять біля 10% від вартості комп'ютера);

$T_{mash}^{korist} = 252$ людино-годин – машинний час роботи ПЕОМ, який потрібен користувачам для вирішення задач з використанням ПЗ (машино-години за рік, в даному випадку виходячи з розрахунку – 1 година на добу);

$C_{III} = 137129$ у.о. – загальна вартість програмного засобу, який може бути придбаний споживачем.

Вони за таких умов складуть:

$$\Delta C_{III}^{впровадж} = \left(\frac{252 \cdot 925}{1900} \right) + 137008 = 122.68 + 137008 \approx 137131 \text{ у.о.}$$

У разі здійснення не розробки, а доопрацювання програмного засобу з метою його адаптації до вимог замовника (користувача) капітальні вкладення, що пов'язані із впровадженням програми, визначаються за формулою:

$$\Delta C_{III}^{впровадж} = \left(T_{mash}^{korist} \cdot C_{PK} / t_{PKkorisn}^{1god} \right) + C_{zabezp}^{progr} + t_{doopr} \cdot C_{doopr}^{1chas} \cdot (1 + K_{zp}^{dod}) \cdot (1 + K_{zp}^{nar}) \quad (5.65)$$

де t_{doopr} – витрати часу на доробку програми (годин);

C_{doopr}^{1chas} – заробітна плата програмістів (виконавців), що здійснюють доопрацювання програмного засобу за годину роботи (у.о./годину);

$K_{zp}^{dod} = 0.1$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати;

$K_{zp}^{nar} = 4.3$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату.

Договірна ціна розробленого ПЗ складе:

$$C_{III}^{догов} = C_{III} + P_H = 137008 + 20551 \approx 157559 \text{ у.о.} \quad (5.66)$$

Продажна ціна розробленого ПЗ може бути визначена за формулою:

$$C_{III}^{продаж} = C_{III}^{догов} + P_{TP} + P_{TO}, \quad (5.67)$$

де P_{TP} – транспортні витрати (15% від договірної ціни); P_{TO} – націнка торговельних організацій (3% від договірної ціни).

Виходячи з викладеного вона складе:

$$C_{III}^{продаж} = 157559 + 0.15 \cdot 157559 + 0.03 \cdot 157559 \approx 185920 \text{ у.о.}$$

5.4 Визначення економічної ефективності програмного засобу

Ще одним важливим кроком у виборі раціонального ПЗ (ПТЗ) для комплектування ним перспективної АС є визначення показників загальної і порівняльної ефективності програмного засобу, а також економічного ефекту від його виробництва і використання [201, 202].

Ефективність – одне з найбільш загальних економічних понять, яке характеризує ПЗ з погляду співвідношення витрат і результатів його функціонування. Вона оцінюється за допомогою групи показників загальної (абсолютної) і порівняльної ефективності. Загальна ефективність відбиває співвідношення витрат і доходу або прибутку на умовну одиницю вкладень, при реалізації прийнятого до впровадження варіанта ПЗ (нової техніки). Вона визначається за допомогою фондівддачі, рентабельності фондів, витрат на лею реалізації й ін. Порівняльна ефективність відбиває економію витрат, одержувану при реалізації найкращого варіанта ПЗ (нової техніки) в порівнянні з ПЗ (технікою), прийнятої за базу. Вона характеризується наведеними витратами, строком окупності додаткових капітальних вкладень, економічним ефектом нового ПЗ (нової техніки).

Між показниками загальної і порівняльної ефективності існує чітке розмежування. Перші використовуються для техніко-економічного аналізу наявних варіантів і оцінки економічних наслідків реалізації найкращого з них; другі служать для вибору найкращого варіанта ПЗ (нової техніки) та визначення величини економічного ефекту від його реалізації

Основними джерелами економії від використання існуючих ПЗ в обчислювальних процесах і процесах створення нових ПЗ є:

- підвищення технічного рівня та якості обчислювальних і проектних робіт;
- підвищення надійності функціонування обчислювальної техніки;
- скорочення витрат машинного часу на налагодження і здачу завдань у промислову експлуатацію;

- підвищення коефіцієнта використання обчислювальних ресурсів і освоєння нових ПЗ за рахунок скорочення трудомісткості алгоритмізації, програмування і налагодження програм;

- зменшення чисельності персоналу;

- збільшення обсягів і скорочення термінів переробки інформації;

- підвищення продуктивності праці програмістів та інших фахівців;

- зниження витрат на матеріали тощо.

Для порівняльної оцінки нового програмного засобу за базовий варіант оберемо аналогічний, але вже існуючий програмний засіб, вартість якого становить

приблизно 165020 у.о. та який характеризується:

- 1) обсягом пам'яті – 9 Мбайт;
- 2) часом обробки даних – 0.6 секунд;
- 3) часом виконання типових операцій – 6 хвилин;
- 4) терміном служби – 4 роки.

До сукупності показників загальної ефективності належать:

1) відношення приросту річного обсягу національного доходу (чистої продукції) (ΔD) при заданій його речовинній структурі (крім перспективних планів) у порівнянних цінах до капітальних вкладень, що викликали цей приріст:

$$\mathcal{E}_{к.н.д.} = \frac{\Delta D}{K}; \quad (5.68)$$

2) відношення приросту чистої продукції (нормативної) $\Delta ЧП$ за рік до капітальних вкладень, що викликали цей приріст:

$$\mathcal{E}_{к.ч.п.} = \frac{\Delta ЧП_H}{K}; \quad (5.69)$$

3) рентабельність капітальних вкладень ($E_{к.р.}$):

$$E_{к.р.} = \frac{\Delta П}{K}; \quad (5.70)$$

4) відношення прибутку до капітальних вкладень:

$$\mathcal{E}_{к.п.} = \frac{Ц - C}{K}, \quad (5.71)$$

де C – собівартість річного випуску продукції;

K – кошторисна вартість споруджуваного об'єкта (капітальні витрати по здійсненню заходу, програм, техніко-економічні проблеми);

$Ц$ – річний випуск продукції (за планом) в оптових цінах підприємства (без податку з обігу).

Найкращий варіант ПЗ (нової техніки) вибирається на основі критерію *мінімуму наведених витрат*:

$$Z_{\min} = (C_i + E_n \cdot K_i) \cdot A_i, \quad (5.72)$$

де Z_{\min} – наведені витрати виробництва річного обсягу продукції або роботи при використанні найкращого варіанта ПЗ (нової техніки), у.о.;

C_i , K_i – відповідно питомі (на одиницю продукції або роботи) собівартість і капітальні вкладення по i -тому варіанту ПЗ (нової техніки), у.о.;

A_i – річний обсяг продукції або роботи в натуральних одиницях;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (приймається єдиним для різних галузей і виробництв - $E_n = 0.15$).

Наведені витрати можна охарактеризувати як *повну економічну собівартість*, яка враховує додаткові втрати, що виникають у зв'язку з відволіканням капітальних вкладень із економічного оборту (величина $E_n \cdot K$).

Одним із різновидів критерію мінімуму наведених витрат є показник *строку окупності додаткових капітальних вкладень*. При порівнянні варіантів ПЗ (нової техніки) на основі цього показника ставиться умова: його значення не повинне перевищувати *нормативного строку окупності*. Під останнім звичайно розуміють величину, зворотну нормативному коефіцієнту E_n .

Розрахунковий строк окупності додаткових капітальних вкладень (T_p) визначається за формулою:

$$T_p = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2} = \frac{\Delta K}{\Delta C} < T_n, \quad (5.73)$$

де K_1 і K_2 – капітальні вкладення по порівнюваних варіантах; C_1 і C_2 – собівартість по порівнюваних варіантах; ΔK – додаткові капітальні вкладення; ΔC – річна економія за рахунок зниження собівартості продукції при реалізації більш капіталомісткого варіанта; T_n – нормативний строк окупності, $T_n = 1/E_n$.

На основі порівняння наведених витрат по базовому і новому ПЗ (техніці) визначають синтетичний показник порівняльної ефективності – *економічний ефект нового ПЗ (техніки)*. Цей показник має декілька різновидів:

ефект річного випуску продукції (робіт), виробленої за допомогою одиниці нового ПЗ (нової техніки) - $E_{\text{рік}}^1$;

ефект річного випуску нового ПЗ (нової техніки) за 1 рік його служби - $E_{\text{рік}}^A$;

ефект річного випуску нового ПЗ (нової техніки) за весь строк його служби - E_T^A ;

середньорічний ефект нового ПЗ (нової техніки) - $E_{\text{ср}}^A$;

інтегральний ефект нового ПЗ (нової техніки) - E_{Σ} .

Річний економічний ефект від розроблення нового ПЗ визначається різницею наведених витрат на базовий і новий варіанти, з розрахунку на річний обсяг випуску:

$$E_{\text{рік}}^1 = (Z_1 - Z_2) \cdot A_2 \quad (5.74)$$

де $E_{\text{рік}}^1$ – ефект річного випуску продукції (робіт), виробленої за допомогою одиниці нової техніки, у.о.;

Z_1 і Z_2 – наведені витрати на одиницю продукції, виробленої за допомогою базового і нового варіантів ПЗ (нової техніки), у.о.;

A_2 – річний випуск продукції, виробленої за допомогою одиниці ПЗ (нової техніки) в натуральних одиницях (вважатимемо, що для розроблювального ПЗ $A_2 = 1$).

Наведені витрати при виробництві ПЗ являють собою суму поточних витрат (собівартості) на випуск ПЗ і капітальних (одноразових) вкладень у ПЗ, що обчислюються за формулою (5.72).

Таким чином, якщо прийняти, що при розробці базового і нового ПЗ використовувалося комп'ютерне обладнання одного виду, то капітальні вкладення будуть рівні й, відповідно:

$$Z_1 = \frac{165020}{1.15} + 0.15 \cdot 3320 = 143495.65 + 498 \approx 143994 \text{ у.о.},$$

$$Z_2 = 137008 + 0.15 \cdot 3320 = 137008 + 498 = 137506 \text{ у.о.}$$

Звідси річний економічний ефект від розроблення нового ПЗ дорівнюватиме:

$$E = (143994 - 137506) \cdot 1 = 6487 \text{ у.о.}$$

Показник приросту прибутку при виробництві та постачанні утвориться за рахунок зміни цін на програмний засіб підвищеної якості. Цей показник визначається за формулою:

$$\Delta\Pi = [(C_{\text{ПЗ2}}^{\text{дозов}} - C_{\text{ПЗ2}}) - (C_{\text{ПЗ1}}^{\text{дозов}} - C_{\text{ПЗ1}})] \cdot A_2,$$

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку в розрахунковому році, у.о.;

$C_{\text{ПЗ1}}$, $C_{\text{ПЗ2}}$ – собівартість ПЗ по базовому та новому варіантах, у.о.;

$C_{\text{ПЗ1}}^{\text{дозов}}$, $C_{\text{ПЗ2}}^{\text{дозов}}$ – наведені витрати на одиницю випуску ПЗ по базовому та новому варіантах, у.о.;

A_2 – річний обсяг випуску ПЗ в розрахунковому році, одиниць.

$$\Delta\Pi = [(157559 - 137008) - (165020 - 143994)] \cdot 1 = 20551 - 18026 = 2525 \text{ у.о.}$$

Отримане значення показує, що виробництво нового ПЗ порівняно з виробництвом базового ПЗ обходиться розробнику на 2525 у.о. дешевше.

Річний економічний ефект від використання ПЗ, як елемента нової або вдосконаленої технології проектування та ведення обчислювального процесу визначається за формулою (5.73). Наведені витрати на одиницю робіт (функцій) - за формулою (5.72). В даному випадку будемо вважати, що річний обсяг робіт (функцій), виконуваних за допомогою нового ПЗ у розрахунковому році, буде становити приблизно $A_2 = 1030$. Враховуючи, що заробітна плата оператора, який працює з ПЗ дорівнює 350 у.о. у місяць (за годину - 2.1 у.о.), а час виконання типової операції на новому ПЗ дорівнює 4 хвилини (на базовому - 6 хвилин), - визначимо кількість операцій, яка може бути виконана оператором за годину роботи.

Для цього першим кроком визначимо собівартість одиниці робіт, що містить у собі витрати на роздрук одного аркуша (для базового 0.025 у.о./лист, для нового 0.02 у.о./лист), вартість однієї операції та витрати на утримання ПЕОМ і принтера. За наведених умов за годину роботи з новим ПЗ оператор може виконати 15 операцій, з базовим - 10.

Виходячи з цього, вартість однієї типової операції становитиме:

для нового ПЗ - $2.1/15 = 0.14$ у.о.;

для базового ПЗ - $2.1/10 = 0.21$ у.о.

Таким чином собівартість одиниці робіт (функцій) вироблених ПЗ складе:

$$C_1 = 0.03 \cdot (0.4 + 0.3) + 0.025 + 0.21 = 0.256$$

$$C_2 = 0.03 \cdot (0.4 + 0.3) + 0.020 + 0.14 = 0.181 \text{ у.о.},$$

а наведені витрати на одиницю робіт становитимуть:

$$Z_1 = 0.256 + 0.15 \cdot \frac{3320}{870} = 0.828$$

$$Z_2 = 0.181 + 0.15 \cdot \frac{3320}{1030} = 0.644 \text{ у.о.}$$

Отже, річний економічний ефект від використання ПЗ складе

$$E = (0.828 - 0.644) \cdot 1030 = 189.52 \text{ у.о.}$$

Економію витрат на оплату машинного часу при заміні базового ПЗ на новий обчислимо за формулою:

$$\Delta C_{\text{м1}} = C_{\text{м1}} \cdot (T_{1ij} - T_{2ij}) \cdot A_2, \quad (5.75)$$

де $\Delta C_{\text{м1}}$ - річна економія витрат на оплату машинного часу роботи i -го ресурсу обчислювального комплексу, пов'язаного з виконанням функцій досліджуваних ПЗ, у.о.;

T_{2ij} - час виконання j -х операцій на i -ому ресурсі обчислювального комплексу

в базовому (0.6 секунди) та новому (0.45 секунди) ПЗ, хвилин;

A_2 – річний обсяг виконуваних за допомогою нового ПЗ робіт (функцій) у розрахунковому році, одиниць (вважатимемо, що $A_2 = 1030$).

C_{mi} – вартість однієї години роботи i -го ресурсу обчислювального комплексу, у.о./годину.

Вартість години роботи i -го ресурсу обчислювального комплексу включає витрати на роботи комп'ютера та принтера, а також вартість паперу. Отже:

$$C_{mi} = 0.03 \cdot (0.4 + 0.3) + 0.02 = 0.041 \text{ у.о.}$$

Таким чином, $\Delta C_{mi} = 0.041 \cdot (0.6 - 0.45) \cdot 1030 = 6.34 \text{ у.о.}$

Визначення умовної річної економії витрат на оплату праці працівників j -ї кваліфікації при зміні трудомісткості процесів підготовки та обробки інформації в результаті впровадження нового ПЗ здійснюється за формулою:

$$\Delta C_{\text{опл.пр.}} = \frac{C_{зпj}^{\text{год}}}{\Phi_j(Q_1 - Q_2)} \cdot A_2, \quad (5.76)$$

де $C_{зпj}^{\text{год}}$ – річний фонд заробітної плати працівника j -ї кваліфікації, що забезпечує підготовку і обробку даних, у.о.;

Q_1, Q_2 – трудомісткість підготовки і обробки одиниці даних у базовому та новому ПЗ, осіб/годину;

A_2 – річний обсяг виконуваних за допомогою нового ПЗ робіт (функцій) у розрахунковому році, одиниць (вважатимемо, що $A_2 = 1030$).

Φ_j – річний фонд робочого часу одного працівника j -ї кваліфікації, що забезпечує підготовку та обробку даних, годин.

У новому програмному засобі на підготовку і обробку даних необхідно 15 хвилин ($Q_2 = 4$ особи/годину), у базовому внаслідок більш низької швидкості – 17 хвилин ($Q_1 = 3.5$ особи/годину).

$$\Delta C_{\text{опл.пр.}} = \frac{350 \cdot 12}{(4 - 3) \cdot 2008} \cdot 1030 = 2154.38 \text{ у.о.}$$

Визначення відносної річної економії витрат на матеріали при впровадженні нових ПЗ, що забезпечують безпаперову технологію обробки інформації, виробляється по формулі

$$\Delta C_M = (C_{1M} - C_{2M}) \cdot A_2, \quad (5.77)$$

де ΔC_M – відносна річна економія витрат на матеріали, у.о.;

C_{1M} , C_{2M} – витрати на матеріали розраховуючи на одиницю робіт (функцій), виконуваних ПЗ, у базовому і новому варіантах, у.о.;

A_2 – річний обсяг виконуваних за допомогою нового ПЗ робіт (функцій) у розрахунковому році, одиниць (вважатимемо, що $A_2 = 1030$).

$$\Delta C_M = (0.256 - 0.181) \cdot 1030 = 77.25 \text{ у.о.}$$

Загальний економічний ефект від виробництва і використання нового ПЗ за весь термін його служби розраховується за формулою

$$E_A^T = \left[3_1 * \frac{B_2}{B_1} * \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} + \frac{(I_1 - I_2) + E_n(K'_1 - K'_2)}{P_2 + E_n} - 3_2 \right] * A_2, \quad (5.78)$$

де 3_1 , 3_2 – наведені витрати на одиницю відповідно базового й нового ПЗ, у.о.;

B_2/B_1 – коефіцієнт обліку росту продуктивності на одиницю нового засобу в порівнянні з базовим;

B_1 , B_2 – річні обсяги продукції (робіт), виробленої при використанні одиниці відповідно базового і нового ПЗ в натуральних одиницях;

$\frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n}$ – коефіцієнт урахування зміни терміну служби або довговічності

нового ПЗ в порівнянні з базовим;

P_1 , P_2 – частки відрахувань на повне відновлення базового і нового ПЗ;

$\frac{(I_1 - I_2) + E_n(K'_1 - K'_2)}{P_2 + E_n}$ – економія споживача на поточних витратах по

експлуатації і відрахуваннях від супутніх капітальних вкладень за весь термін служби нового ПЗ в порівнянні з базовим, у.о.;

K'_1 , K'_2 – супутні капітальні вкладення споживача (без урахування вартості розглянутих ПЗ) при використанні базового і нового ПЗ, розраховуючи на обсяг робіт, виконаних за допомогою нового ПЗ, у.о.;

I_1 , I_2 – річні експлуатаційні витрати споживача при експлуатації ним базового й нового ПЗ, у.о. (в цих витратах ураховується тільки частина амортизації, призначена на модернізації ПЗ, тобто не враховується реновація, а також амортизаційного відрахування по супутніх капітальних вкладеннях споживача);

A_2 – річний обсяг впровадження ПЗ в розрахунковому році в натур. одиницях.

$$E_A^T = \left[\left(143993.65 \cdot \frac{1030}{870} \cdot \frac{4 + 0.15}{4 + 0.15} - \frac{(870 \cdot 0.21 - 1030 \cdot 0.14) - 0.15 \cdot (4.97 - 3.3)}{4 + 0.15} \right) - 139767 \right] \cdot 1 = 30699.02 \text{ у.о.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності $E_{к.р.}$ (інакше рентабельність капітальних вкладень) показує величину річного приросту прибутку ($\Delta\Pi$), що утвориться в результаті виробництва або експлуатації нового ПЗ на одну умовну одиницю одноразових капітальних вкладень (K):

$$E_{к.р.} = \frac{\Delta\Pi}{K}. \quad (5.79)$$

Річний приріст прибутку визначається різницею між ціною та собівартістю одиниці ПЗ. Таким чином:

$$E_{к.р.} = \frac{185920 - 137008}{3320} = 14.73.$$

Зважаючи на те, що розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності перевищує нормативне значення (0.15) – виробництва і впровадження нового (перспективного) ПЗ порівняно з існуючим (гіпотетичним) вважається ефективним.

Таким чином обґрунтування економічної ефективності ПЗ дозволяє вирішити такі завдання:

- встановити основні економічно ефективні напрямки автоматизації за окремими напрямами діяльності;

- виявити можливий розмір річного економічного ефекту, забезпечуваного шляхом автоматизації певних процесів;

- визначити припустимий обсяг капітальних вкладень у систему автоматизації;

- розрахувати термін окупності витрат на АС і порівняти його з установленими нормативами у відповідній галузі;

- виявити необхідність і доцільність витрат на створення і впровадження АС на певному об'єкті;

- вибрати економічно найбільш ефективний варіант АС у цілому;

- намітити черговість проведення робіт з автоматизації;

- порівняти економічну ефективність автоматизації певних процесів з ефективністю інших заходів.

5.5 Вартість комплексу засобів систем автоматизації та проведення експертизи автоматизованих соціотехнічних систем

Сумарна вартість комплексу засобів систем автоматизації складається з таких компонентів:

- вартості вибору системи;

- вартості придбання системи;
- вартості навчання персоналу;
- вартості удосконалення системи до бажаного рівня;
- вартості використання системи, що поєднує в собі заходи із забезпечення зручності та швидкості роботи;
- вартості супроводу системи;
- вартості підтримки системи в актуальному стані (наприклад, відповідності законодавству);
- вартості залежності роботи навченого персоналу від зовнішніх факторів (програміст занедужав/помер/звільнився);
- вартості зберігання даних.

Вартість придбання формується залежно від плануємих задач організації й, відповідно, від кількості користувачів, які працюватимуть у мережі.

Вартість навчання персоналу формується згідно з прайсами. При цьому необхідно обов'язково врахувати вартість навчання як мінімум 2-х системних адміністраторів за програмою: NT+SQL+IC Developer + Administrator.

Вартість удосконалення системи до бажаного рівня фактично залежить від вартості: ТЗ від замовника; технічного проекту від виконавця; матриці відповідальності; календарного плану; програми випробувань тощо.

Вартість використання, що поєднує в собі заходи із забезпечення зручності та швидкості роботи залежить від:

- вартості утримування адміністраторів;
- транспортних витрат при розподіленій системі;
- вартості каналів зв'язку тощо.

Вартість супроводу системи залежить від необхідності купувати раз у рік нові версії за 50% їх початкової (покупної) вартості .

Вартість підтримки системи в актуальному стані (наприклад, відповідності законодавству) буде залежати від вміння керівництва організації підписувати угоди з організаціями, що забезпечують функціонування системи , наприклад, у нормативно-правовому полі.

Вартість залежності роботи навченого персоналу від зовнішніх факторів (наприклад, програміст занедужав/помер/звільнився) залежатиме від вартості навчання нового персоналу та оплати його праці протягом 3-6 місяців за займаною посадою.

Вартість зберігання даних залежить від вартості придбання даних та їх резервного копіювання. Сюди ж, якщо керівник організації не хоче

відповідати за всі нинішні та майбутні проблеми, варто додати *вартість впровадження*, яка повинна бути визначена у технічному проекті.

Певні труднощі виникають також і при формуванні ціни на ПЗ, що обумовлюється такими обставинами:

1) оскільки цінність конкретного ПЗ можна виміряти лише після застосування його користувачем, то попит на нього буде залежати від уяви користувача про корисність (цінність) продукту, що має бути придбаним;

2) практично кожне ПЗ є супутнім товаром і пропонується користувачеві у рамках конкретної технології реалізації нововведень. Однак на відміну від продажу матеріальної продукції, його реалізація може бути ускладнена зважаючи на: непідготовленість користувачів та їх програмно-апаратного середовища; високу початкову ціну ПЗ і відсутність його належного супроводу; відсутність навичок у рекламуванні і продажі ПЗ тощо;

3) доти поки те нове, унікальне, що закладено в ПЗ, не розголошено повністю або частково, власник продукту може одержувати всю або певну частку монопольного прибутку. У випадку коли він стає загальнодоступним, одержання додаткового прибутку стає практично неможливим;

4) вартість ПЗ формується не відразу, вона має високий ступінь невизначеності. У її формуванні суттєву роль відіграють витрати на створення, які враховуються не індивідуально на кожну одиницю, а в сукупності на весь проект, створений за певний період часу. При цьому нижньою межею для розроблювача є його власна оцінка суми витрат і упущеної вигоди, а для користувача – власні оцінки витрат розроблювача. Верхня межа ціни для розроблювача буде формуватися на основі: приросту прибутку (економії) користувача в результаті застосування продукту; вартості придбання аналогічного продукту в конкурента; витрат самостійної розробки. Користувач використовує ті ж оцінки, але у зворотній послідовності: власні витрати на розробку продукту або обхід торговельної марки й патенту; вартість аналогічного продукту у випадку придбання в іншого виробника; приріст прибутку (або економії) за рахунок придбання продукту; вартість інтелектуального піратства.

Задача експертизи – оцінити всі аспекти АС, виявити її позитивні та негативні сторони і, як результат, знайти оптимальне рішення, що задовольняє найкращим показникам всіх аспектів у єдиній системі. При цьому особливу увагу варто приділяти таким факторам: функціональності; безпеки; доступності та продуктивності.

Функціональність як така характеризує кількість і тип сервісів, забезпечуваних системою, наприклад: сервіс каталогів; сервіс файлів і друку;

сервіс електронної пошти; сервіс факсів; сервіс Інтернета (*WEB, FTP, NNTP, IRC* й ін.); систему керування базами даних; систему документообігу тощо.

Безпека показує ступінь захищеності системи. Характеристики безпеки й рівень захищеності оцінюються по цілому ряду факторів, наприклад:

- можливості несанкціонованого доступу до конфіденційних даних;
- можливості використання важливих ресурсів;
- криптографічному захисту;
- характеристикам доступу в Інтернет;
- можливості проникнення в систему через Інтернет;
- антивірусному захисту;
- підготовленості персоналу тощо.

Найменші витрати доводяться на програмні і апаратні засоби захисту. Найбільші – на навчання персоналу, створення внутрішніх адміністративних правил підприємства й методів впровадження політик безпеки на підприємстві.

Доступність – показник, що описує сукупні характеристики працездатності системи, такі як:

- здатність до самовідновлення (*RAID, Hot Spare, SFT, Cluster*);
- характеристики дублювання даних, устаткування, каналів зв'язку;
- захист від випадкових ушкоджень;
- захист від аварійних збоїв;
- час відновлення системи після аварійних збоїв;
- можливості резервного копіювання;
- оперативність оповіщення про позаштатні ситуації й ін.

Продуктивність – можливість системи здійснювати необхідне число дій за одиницю часу. До характеристик продуктивності належать:

- частота процесора, швидкість шини, перепускна смуга каналу зв'язку;
- час реакції системи на користувальницькі запити;
- обсяг оперативної пам'яті, дискового простору, число процесорів;
- швидкість комутації пакетів, протокол передачі даних;
- відсоток завантаження каналів даних, число колізій й ін.

Для виконання експертної оцінки системи застосовуються зовсім різні методи аналізу. Вони залежать від самої системи й тих аспектів, які необхідно аналізувати. Найкращі результати дає сукупна експертиза всіх аспектів, хоча можна проводити аналіз тільки частини системи. Початкова фаза експертизи полягає у зборі необхідних відомостей та їх ретельній обробці.

При виконанні експертного оцінювання аналізується: фізична топологія АС; логічна топологія АС; система маршрутизації; конфігурація мережевого оточення

робочих станцій і серверів; напрямки й обсяги потоків інформації; ефективність використання системи; адміністративна модель; система безпеки; надійність функціонування; застосування бізнес додатків. Експертиза починається з інвентаризації комп'ютерного парку і обладнання. Ця частина робіт може бути виконана як із застосуванням спеціального програмного забезпечення, так і вручну, якщо установка програм неможлива або небажана. Програмній інвентаризації підлягають комп'ютери й активне мережне обладнання, що має можливість програмного управління (*SNMP, DMI, HTTP, WMI, WBEM*). Акт інвентаризації містить повний опис моделей обладнання з усіма технічними характеристиками й докладні переліки встановленого програмного забезпечення.

Оцінювання ефективності АС проводять при:

- визначенні відповідності функціонуючих АС заданим вимогам;
- формуванні вимог, запропонованих до перспективної АС;
- визначенні розмірів відрахувань у ФЕС на створення АС;

виборі раціонального та найбільш економічно ефективного варіанта створення, функціонування і розвитку АС.

Для цього використовують певні часткові показники, основним серед яких є річний економічний ефект (розрахунковий і фактичний). Розрахунковий річний економічний ефект від розробки і впровадження АС визначається як різниця між розрахунковою річною економією і розрахунковими приведеними витратами на розробку і впровадження АС. Фактичний річний економічний ефект від розробки і впровадження АС визначається як різниця між річною економією (річним приростом прибутку) і приведеними одночасними витратами на розробку і впровадження АС; затверджений у встановленому порядку і зафіксований в акті приймання в промислову експлуатацію, підтверджений замовником на основі фактичних даних дослідної експлуатації. Обов'язковою умовою при цьому є порівнянність усіх показників у часі; за цінами і тарифними ставками заробітної плати по елементам витрат, за обсягами виробництва та номенклатури продукції, що випускається або послуг, за темпами скорочення внаслідок автоматизації обсягів ручної праці тощо.

Розрахунки економічної ефективності АС виконують на стадіях, визначених відповідними державними стандартами і затверджуються замовником. В останні роки у розрахунках економічної ефективності враховують економічну ефективність соціальної галузі – витрати в соціальній сфері на одну людину, виходячи з середньостатистичних значень. Розмір цього ефекту враховується при вивільненні працюючих.

За результатами експертизи надається звіт про проведenu роботу з

рекомендаціями щодо:

режимів і методів експлуатації, варіантів поліпшення, заміни, відновлення кабельної системи;

планів розміщення активного обладнання, його кількості й характеристикам; конфігурації й налаштування мостів, комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів; логічної топології системи;

налаштування мережного середовища серверів і робочих станцій;

підвищення ефективності використання системи;

продуктивності та надійності;

методів управління й адміністрування, аудиту й спостереження за ресурсами й подіями;

усунення можливих негативних впливів у безпеці системи;

механізмів захисту від аварійних збоїв й алгоритмів відновлення у випадку відмов.

За бажанням замовника може бути створений проект удосконалення системи з наступним впровадженням і гарантійним обслуговуванням.

Запитання для самоконтролю

1. З якою метою проводиться техніко-економічне обґрунтування розробки, створення і виробництва будь-якої високотехнологічної продукції?

2. Які стадії притаманні створенню будь-якого програмного засобу? Що є складовою визначення трудомісткості робіт із створення ПЗ?

3. Яким чином формується мережевий план-графік виконання розробки програмного засобу?

4. За якими статтями витрат відбувається процес створення нового ПЗ? Стисло розкрийте їх сутність.

5. Перелічте головні кроки щодо визначення економічної ефективності програмного засобу.

6. Розкрийте сутність економічного ефекту нового ПЗ (техніки). Які завдання він дозволяє вирішити?

7. Що є складовими загальної вартості комплексу засобів систем автоматизації? Дайте їм стисле визначення.

8. Чим обумовлюються труднощі при формуванні ціни на ПЗ?

9. Охарактеризуйте призначення та головні завдання експертизи складних соціотехнічних систем.

10. Дайте визначення факторам функціональності, безпеки, доступності та продуктивності.

ПІСЛЯМОВА

Технологія прийняття рішень є одним з ключових моментів в теорії і практиці сучасного управління. Залежно від рівня складності завдань з оцінювання якості та обґрунтування розвитку будь-яких соціотехнічних систем її основні функції і процедури можуть бути реалізовані ОПР, як відомо, в умовах визначеності, невизначеності та ризику.

Якщо ОПР точно відомий результат, який матиме кожний вибір – вважають, що рішення приймається в умовах повної визначеності. За умови, коли імовірність очікуваного результату кожного рішення може бути оцінена ОПР з певною достовірністю – стверджують, що рішення приймається з урахуванням можливого ризику. Під невизначеністю процедури прийняття рішення розуміють при цьому, як правило, неповноту або неточність вхідної інформації, необхідної для прогнозування рівня імовірності очікуваного результату. Вона є основною причиною появи ризиків й може розглядатися ОПР як явище і як процес. У першому випадку ОПР здебільшого має справу з набором нечітких ситуацій і подій, неповною та взаємовиключною інформацією, що спроможні вплинути, наприклад, на хід запланованих заходів. У другому – вибір ним раціонального рішення залежить від наявності достовірної інформації, складності її обробки, або ж ступеня монополізації необхідних даних зовнішніми органами управління.

Зважаючи на таке головним завданням ОПР при виборі раціонального рішення є зниження рівня невизначеності інформаційного ресурсу, використовуваного для цього. Це може бути досягнуто за рахунок створення та розгортання за певними напрямками підпорядкування уніфікованих автоматизованих систем, що відповідатимуть вимогам до систем підтримки прийняття рішень та являтимуть собою систему організаційно-технічних мір, засобів і заходів, призначених для забезпечення:

автоматизації усіх заходів, пов'язаних з пошуком, збором, добуванням та первинною обробкою, накопиченням ІР, його систематизацією за певними класифікаційними ознаками, подальшим аналізом, синтезом, узагальненням та доведенням до споживачів, а також перетворенням у синтезовані висновки і рекомендації та підготовкою на їх підставі пропозицій для розроблення і прийняття певних управлінських рішень;

автоматичного математично-аналітичного розв'язання нагальних управлінських задач;

мінімізації витрат робочого часу споживачів при роботі з інформацією та документами тощо.

Керуючись судженнями фахівців-експертів, власною інтуїцією і досвідом, а також застосовуючи різні методи науки управління, теорій прогнозування і прийняття рішень ОПР має оцінити середу прийняття рішення і можливі ризики, встановити імовірність можливих наслідків та виявити можливі побічні ефекти від зробленого вибору. З метою полегшення такої роботи та підвищення ефективності рішень, що приймаються у монографії:

1) проведено аналіз сучасних підходів до реалізації завдань з обґрунтування і прийняття управлінських рішень, розглянуто основні критерії і фактори оцінювання їх ефективності;

2) досліджено методи підтримки прийняття рішень при обґрунтуванні розвитку складних соціотехнічних систем, що застосовуються в умовах повної визначеності, умовах невизначеності і ризику, запропоновано систему показників для формування їх багатокритеріальної оцінки;

3) формалізовано процедуру організації і проведення експертного оцінювання при обґрунтуванні розвитку складних соціотехнічних систем, досліджено індивідуальні і колективні методи одержання експертної інформації, а також методи обробки вихідної інформації евристичного походження, розглянуто процедуру аналізу отриманих матеріалів;

4) запропоновано концептуальний підхід до оцінювання якості програмно-технічних засобів автоматизованих соціотехнічних систем.

Технології і математичний апарат теорії прийняття рішень апробовано на прикладі оцінювання якості та обґрунтування розвитку програмно-технічних засобів автоматизованих соціотехнічних систем. Розроблений при цьому науково-методичний апарат передбачає виконання певної сукупності кроків з:

формування набору показників (факторів, критеріїв, метрик та оцінних елементів), необхідних для оцінювання якості ПЗ, обраних для порівняння;

визначення інтегрального показника якості програмного засобу (G_{pz});

визначення комплексного показника якості ППТД (G_{pr});

визначення собівартості програмного засобу ($C_{ин}$);

визначення показників загальної і порівняльної ефективності ПЗ, а також економічного ефекту від його виробництва і використання.

Він враховує вимоги існуючих нормативних документів і використовує математичні методи, що забезпечують об'єктивність та ефективність

управління якістю як власне ПЗ, так і супутньої йому ППТД й дає можливість:
одержувати кількісні оцінки якості ПЗ та супутньої йому ППТД;
розробляти заходи, спрямовані на підвищення рівнів якості ПЗ та супутньої йому ППТД;

встановлювати вимоги до засобів автоматизації з урахуванням вимог щодо підвищення рівня якості розроблювальних з їхньою допомогою програмних документів, а також проводити порівняльний аналіз наявного ПЗ;

проводити техніко-економічне обґрунтування заходів з розробки нового (модернізації існуючого) ПЗ сучасних автоматизованих соціотехнічних систем.

Матеріали, викладені у монографії універсальні. Вони можуть бути використані у будь-якій предметній галузі, пов'язаній з управлінням, плануванням та прогнозуванням, обробкою експериментальних даних, розпізнаванням образів, а також створенням перспективних або модернізацією існуючих автоматизованих соціотехнічних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М. Эддоус, Р. Стэнсфилд. Методы принятия решений. – М.: ЮНИТИ, 1997. – 587 с.
2. Планкетт Л., Хейл Г. Выработка и принятие управленческих решений: Опережающее управление. Сокр. пер. с англ. – М.: ПРИОР, 1984. – 168 с.
3. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности. / Б.М.Герасимов, М.М.Дивизинюк, И.Ю.Субач. – Севастополь: Гос. Океанариум, 2004. – 320 с.
4. Р.А. Фатхутдинов. Управленческие решения: Учебник. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2002 г. – 314 с.
5. Гуджоян О.Л. и др. Методы принятия управленческих решений. Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 220 с.
6. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки решений. – Киев: Наук. думка, 2002. – 381 с.
7. Чирков В.Г. "Выбор рациональных технических решений". – К.: Техника, 1991. – 159 с. (Б-ка инженера).
8. Балдин К.В., Воробьев С.Н., Уткин В.Б. Управленческие решения: Учебник. – 2-е изд. – М.: Дашков и К, 2006. – 496 с.
9. Динамика процесса познания: В 3 кн. – М.: МГУ, 1985. – 411 с.
10. Макаров ИМ., Виноградская Т.М., Рубчкнский А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1982. – 330 с.
11. Бурячок В.Л. Обґрунтування вибору раціональної системи електронного документообігу для державних структур спеціального призначення. / В.Л. Бурячок, Л.В. Бурячок, Т.Я. Костюк. // Вісник військової розвідки. – К.: ВДА, 2011. Вип. № 24. – С. 67–74.
12. Левин М.Н. Современные подходы к оценке эффективности плановых и проектных решений в машиностроении. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. – Вып. 3. – 56 с.
13. Борисов А.Н., Вилюмс Э.Р., Сукур Л.Я. Диалоговые системы принятия решений на базе мини-ЭВМ: информационное, математическое и программное обеспечение. – Рига, Зинатне, 1986. – 195 с.
14. Ginzberg M.J., Sthor E.A. Decision support systems: Issues and Perspectives. – Processes and tools for decision support. Ed. By H.G. Sol. – Amsterdam: North-Holland Publ., 1983.
15. Вікіпедія
16. Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Сов. радио, 1975. – 192 с.

17. Демидов Б.А. Организация и экономика разработки вооружения и военной техники. – Х.: МО СССР, ВИРТА им. Л.А.Говорова, 1985. – 396 с.
18. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М., “Московский рабочий”, 2-е изд., 1973. – 296 с.
19. Консон А. СГ, Соминский В. С. Экономика научных разработок. М.: “Экономика”, 1968. – 208 с.
20. Розен В.В. Цель-оптимальность-решение: математические модели принятия оптимальных решений. – М.: Радио и связь, 1982. – 169 с.
21. Руа Б. Классификация и выбор при наличии нескольких критериев. //Вопросы анализа и принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С. 80–107.
22. C.Hwang, K.Yoon. Multiple Attribute Decision Making, Springer-Verlag, 1981.
23. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. – М.: Знание, 1979. – 64 с.
24. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985. – 32 с.
25. Диев В.С. Управленческие решения: неопределенность, модели, интуиция. / В.С. Диев.– Новосибирск: Новосиб-ий гос. ун-т, 2001. – 196 с.
26. Х. Райфа. Анализ решений: введение в проблему выбора в условиях неопределённости. – М.: Наука, 1977. – 406 с.
27. Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
28. Краснощеков П.С., Петров А.А., Федоров В.В. Информатика и проектирование. – М.: Знание, 1986. – 48 с. (сер. "Математика, кибернетика" № 10).
29. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высш. шк., 1985. – 217 с.
30. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
31. Дружинин В.В., Контуров Д.С. Проблемы системологии. – М.: Сов. радио, 1976. – 296 с.
32. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. Пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1974. – 280 с. с ил.
33. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. – М.: Воениздат, 1972. – 478 с.
34. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. Изд. 2. – М.: Наука, 2012. – 488 с.
35. Громов Ю.Ю., Земской Н.А., Лагутин А.В., Иванова О.Г., Тютюнник В.М. Системный анализ в информационных технологиях: Учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос.техн. ун-та, 2004. – 176 с.
36. Р. Кинни, Х. Райфа. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1981. – 380 с.

37. Статистические методы обработки эмпирических данных. – М.: изд. стандартов, 1978. – 322 с.
38. Лэддон Л.С. Оптимизация больших систем: Пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – 431 с.
39. Бр. Банди. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1987. – 128 с.
40. Thieranf R.J. Decision Support Systems for Effective Planing and Control. – Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, Inc, 1982.
41. Sprague R.H. A Framework of Development of the Decision Support Systems // MIS Quarterly, 1980, v. 4, Nr.4
42. Ginzberg M.I., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives // Processes and Tools for Decision Support / ed. by H.G. Sol, Amsterdam, North-Holland Pub I.Co, 1983.
43. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Новые направления в линейном программировании. – М.: Советское радио, 1966. – 524 с.
44. Иванилов Ю.И., Пропой А.И. Задачи динамического линейного программирования. – М.: МЦНиТИ, 1973. – 206 с.
45. Калихман И.Л., Войтенко М.А. Динамическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высшая школа, 1979. – 125 с.
46. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 536 с.
47. Финкельнштейн Ю.Ю. Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. – М.: Наука, 1976. – 264 с.
48. Корбут А.А., Филькенштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
49. А.В.Крушевский. Элементы теории матричных игр. Учебное пособие. – К.: КВИРТУ ПВО, 1980. – 228 с.
50. Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
51. К.Б. Крюковський-Сіневич, В.А. Голуб, О.С. Андрійченко. Модель дуельної ситуації типу антогоністичної гри, як інструмент для оцінки ефективності озброєння. //Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. Вип. № 9. – К.:ЦНДІ ОВТ, 2001. – с. 43–47.
52. Ким Дж.О., Мюллер Ч.У. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
53. Бююль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. – СПб.: ООО “ДиаСофтЮП”, 2002. – 608 с.

54. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
55. Бурячок В.Л. Методика порівняльного оцінювання засобів розвідки з використанням математичного апарату теорії кластерного аналізу. / В.Л. Бурячок. // Збірник наукових праць. – К.: НДІ ГУР МО України, 2008. Вип. № 21. – С. 30–39.
56. Военно– прикладная математика и методы военно– научных исследований: Конспект лекций //Под ред. Г.Н.Черкашина. – К.: ВА ПВО СВ, 1983. – 190 с.
57. Кононенко А.Ф., Холезов А.Д., Чумаков В.В. Принятие решений в условиях неопределённости // ВЦ АН СССР. – М., 1991. – 197 с.
58. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
59. Эйрес Р. Научно– техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. / Под ред. Г.М. Доброва. Пер. с англ. Н.П. Степанова. – М.: Мир, 1971. – 284 с.
60. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. — М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
61. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
62. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
63. Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
64. Жак С.В. Математическое программирование. Нелинейные и стохастические задачи. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1972. – 90 с.
65. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. – М.: Сов. радио, 1979. – 392 с.
66. Кузнецов А.В., Холод Н.И., Костевич Л.С. Руководство к решению задач по математическому программированию. – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 256 с.
67. Комаринський Я., Яремчук І. Фінансово– інвестиційний аналіз. Навч. посібник. – К. Українська енциклопедія. – 1996. – 298 с.
68. Хохлов Н. В. Управление риском. Учебное пособие для вузов. – М.: Юнити-Дана, 2001. – 239 с.
69. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа: Учебник. 4-е изд., доп. и перераб. – М: Финансы и статистика, 2001. – 416 с.

70. Гасанов Э.А. Теория рисков и ожиданий: Учебное пособие. – Хабаровск: РИЦ ХГАЭП, 2002.
71. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль. Risk, Uncertainty and Profit. — М.: Дело, 2003. – 360 с.
72. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений. – М.: Наука, 1996. – 208 с.
73. Миркин Б.Г. Проблемы группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
74. Космачев К. П. Географическая экспертиза. (Методологические аспекты). – Новосибирск: Наука, 1981. – 107 с.
75. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. – М.: Наука, 1987. – 143 с.
76. Сидельников Ю.В. Теория и организация экспертного прогнозирования. – М.: ИМЭМО АН СССР, 1990. – 196 с.
77. Панкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман М.В. Организация экспертиз и анализ экспертной информации. – М.: Наука, 1984. – 120 с.
78. Тейл Т. Экономические прогнозы и принятие решений. М.: Статистика, 1971. – 488 с.
79. Райхман Э.П., Азгальдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. – М.: Экономика, 1974. – 151 с.
80. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. //Пер с англ. Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1991. – 224с.
81. Бурячок В.Л., Мітрахович М.М., Луханін М.І. Методичні аспекти експертного аналізу зразків техніки у прогнозуванні їх використання та розвитку / М.М. Мітрахович, В.Л. Бурячок, М.І. Луханін. – К.: Наука і оборона, 2002. Вип №4. – С. 36–41.
82. Добров. Г.И., Ершов Ю.А., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Под общ. ред. В.С.Михалевича. – К.: Наукова думка, 1974. – 160 с.
83. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
84. Д. Элти, М. Кумбс. Экспертные системы: концепции и примеры. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
85. Херес-Рот Ф., Уотерман Д., Ленан Д. Построение экспертных систем: Пер. с англ. /Под ред. Ф.Хейес-Рота. – М.: Мир, 1987. – 441 с.
86. Евланов Л.С., Кутузова В.А. Экспертные оценки в управлении. – М.: Экономика, 1978. – 133 с.

87. Самохвалов Ю.Я. Экспертное оценивание. Методический аспект. / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко. – К.: ДУІКТ, 2007. – 263 с.
88. Кендал М. Ранговые корреляции. // Пер с англ. под ред. Е.М.Четыркина и Р.М.Энтоня. – М.: Статистика, 1975. – 213с.
89. Хеттмансенспергер Т. Статистические выводы, основанные на рангах. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 334 с.
90. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
91. Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. – М.: Знание, 1975. – 64 с.
92. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: А. Брукинг, П. Джонс, Ф.Кокс и др. //Под ред. Р.Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
93. А. П. Частиков, Д. Л. Белов, Т. А. Гаврилова. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – М.: ВHV, 2003. – 608 с.
94. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. // Пер. с англ. под ред. В. Л. Стефанюка. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
95. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. // Пер с англ. – М.: радио и связь, 1993. – 240 с.
96. Дэвид Г. Метод парных сравнений. //Пер. с англ. Н.Космарской и Д. Шмерлинга. – М.: Статистика, 1978. – 144 с.
97. Раушенбах Г.В., Филиппов О.В. Экспертные оценки в медицине. Научный обзор. – М.: ВНИИММТИ Минздрава СССР, 1983. – 80 с.
98. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. // Пер. с англ. под ред. Т. Форсайт. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
99. Герасимов Б.М., Тарасов В.О., Токарев І.В. Людино–машинні системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.
100. Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. – М.: Наука, 1973. – 304 с.
101. Статистические методы анализа экспертных оценок. Ученые записки по статистике, т. 29. Под ред. Т. В.Рябушкина. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
102. Методы анализа данных, оценивания и выбора в системных исследованиях. / Сборник трудов. – Вып.14. – М.: ВНИИСИ, 1986. – 124 с.
103. Кенуй М.Г. Быстрые статистические вычисления // Пер с англ. – М.: статистика, 1979. – 69 с.
104. Осипов В.П., Осипов Н.В., Рубцов В.С., Радковец Ю.И. Справочник по методам решения статистических задач. – К.: КВИРТУ ПВО, 1989. – 132 с.

105. Нечаев А.Н., Осипов В.П., Осипов Н.В., Рубцов В.С., Ручки В.А., Ермаков И.Г., Радковец Ю.И., Марков К.В. Оперативно-информационная подготовка: Комплекс программ решения статистических задач по результатам качественных измерений. Методические рекомендации // Под ред. докт. ф-м наук, проф. В.Л.Макарова. – К.: КВИРТУ ПВО, 1991. – 116 с.
106. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
107. Ломакина Л.С., Прохорова Е.С. Разработка управленческих решений. Методические указания к решению типовых задач: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2003. – 36 с.
108. Крон Ю.Г. Лаборатория технического творчества. Ставропольское книжное изд-во, 1974. – 143 с.
109. Терещенко Л.О., Матвієнко–Зубенко І.І. Інформаційні системи і технології в обліку: Навч.посіб. – К.:КНЕУ, 2005. – 187 с.
110. Рагулин П.Г. Информационные технологии. Электронный учебник. – Владивосток: ТИДОТ Дальневост.ун-та, 2004. – 208 с.
111. Береза А.М. Основы створення інформаційних систем. Навч. посіб. 2 видання, перероблене і доповнене. – К.:КНЕУ, 2001. – 205 с.
112. Володин С.В., Макаров А.Н., Умрихин Ю.Д., Фараджаев В.А. Общесистемное проектирование АСУ реального времени. Под ред. В.А. Шабалина. – М.: Радио и связь, 1984. – 232 с.
113. Абрамов С.А. Экономическое обоснование автоматизации обработки информации. – М.: Статистика, 1975. – 184 с.
114. ГОСТ В15.101-79. Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение научно– исследовательских работ. – М., 1979. – 8 с.
115. ГОСТ В15.201-83. Система разработки и постановки продукции на производство военной техники. Тактико–техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторской работы. – М., 1983. – 22 с.
116. ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем. – М., 1989. – 6 с.
117. ГОСТ 34.601-90. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – М., 1990. – 5 с.

118. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – М., 1990. – 8 с.
119. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. – М., 1992. – 6 с.
120. РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы требования к содержанию документов. – М., 1992. – 19 с.
121. ГОСТ 19.101-77. Единая система программной документации. Виды программ и программных документов. – М., 1992. – 4 с.
122. Бурячок В.Л. Завдання та структура інформаційно-аналітичної системи науково-технічного супроводження формування та реалізації Державної програми розвитку озброєння та військової техніки. / В.Л. Бурячок, І.А. Рудніцький, В.М. Казаков. // Труді НАО ЗС України. – К.: НАО ЗС України, 2003. Вип. № 43. – С. 176–184.
123. Науково-методологічне забезпечення управління складними проектами / За ред. М.М. Мітраховича. – К.: Техніка, 2002. – 369 с.
124. Азаренко Е.В. Проектирование автоматизированных систем управления на компьютерных сетях: Монография. / Е.В. Азаренко, Б.М. Герасимов, Б.П. Шохин. Под ред. Б.П. Шохина. – Севастополь: Гос. Океанариум, 2007. – 272 с.
125. Дружинин В.В. Идея, алгоритм, решение (Принятие решений и автоматизация) / Д.С. Конторов. – М.: Воен.изд. МО СССР, 1972. – 328 с.
126. Богуславський Л.Б. Основы построения вычислительных сетей для автоматизированных систем / В.И. Дрожжинов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
127. Воройский Ф.С. Проектирование информационной технологии и автоматизированных рабочих мест в составе служб предприятия: Нормативные и методические материалы. Организация информационной деятельности. / Ф.С. Воройский, С.В. Моздор. – М.: ВИМИ, 2002. – 75 с.
128. Бушуев С.В. Требования к АРМАМ и тенденции их развития в составе систем управления технологическими процессами. [Электронный ресурс] / С.В. Бушуев, Б.В. Рожкин. – Режим доступа к статье: http://nilksa.ru/content_files/research113.pdf.

129. Кохан А.П. Эффективность автоматизированного рабочего места: критерии оценки и методы повышения. [Электронный ресурс] / А.П. Кохан. – Режим доступа к статье: <http://www.belisa.org.by/pdf/PTS2005/213–218.pdf>.
130. Информационная технология. Комплекс стандартов на АС. Автоматизированные системы. Термины и определения: ГОСТ 34.003-90. – [Чинний від 1992-01-01]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1990. – 6 с.
131. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // Теория и системы управления. – М. 2000, № 4. – С. 111–119
132. Клоков И. В., Пташинский В. С. Эффективное делопроизводство. – СПб.: Питер, 2008. – 224 с.: ил.
133. Інформаційні технології. Система електронного документообігу. Основні положення: ГСТУ 08694-01-97. [Чинний від 1997-01-06]. – К.: Дежстандарт України, 1997. – 6 с.
134. ГОСТ В 20.57.102-77 Комплексная система контроля качества. Показатели качества изделий военной техники. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1977. – 11 с.
135. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1987. – 61 с.
136. Застосування міждержавних стандартів "Комплексная система контроля качества (КСКК)" в Україні: РВ 50-069-97 : Рекомендації / Розроб. О. М. Кузьмінська. – К. : Держстандарт України, 1997. – 39 с.
137. ГОСТ В 20.39.106-83. Комплексная система общих технических требований к военной технике. Экономические требования. Номенклатура и порядок выбора. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1983. – 9 с.
138. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1990. – 19 с.
139. ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1983. – 4 с.
140. ГОСТ 27782-88. Материалоемкость изделий машиностроения. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1988. – 6 с.
141. Бурячок В.Л. Алгоритм комплексного вибору раціональних програмних засобів для інформаційно-аналітичних систем спеціального призначення. / В.Л. Бурячок. // Збірник наукових праць. – К.: НДІ ГУР МО України, 2012. Вип. № 33. – С. 96–112.

142. Грабовский М. Современные технологии и стандарты разработки программного обеспечения. / М. Грабовский. // Корпоративные системы. – 2000. – № 1. – С. 75–80.
143. Калянов Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. / Г.Н. Калянов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2000. – 320 с.
144. Архангельский Б.В., Микитин А.И. Системы оптимизации программ. – К.: Техника, 1983. – 167 с.
145. Бибишев Д.Н. Технология разработки и эксплуатации программного обеспечения. Методы и средства проектирования, реализации и сопровождения программных комплексов. Курс лекций. – К.: КВИРТУ ПВО, 1990. – 252 с.
146. Інформаційні технології. Супроводження програмного забезпечення: ДСТУ ISO/IEC 14764:2002. – [Чинний від 2002-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2002. – 35 с.
147. Інформаційні технології. Пакети програм. Тестування і вимоги до якості: ДСТУ ISO/IEC 12119:2003. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2003. – 24 с.
148. Бабенко Л.П., Лаврищева К.М. Основы програмної інженерії: Навч. посіб. – К.: Т– во “Знання”, КОО, 2001. – 269 с.
149. Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М., Суслов В.Ю. Основы инженерии качества программных систем. – К.: Академперіодика, 2002. – 504 с.
150. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1979. – 23 с.
151. J. McCall, P. Richards, G. Walters. Factors in Software Quality. three volumes, NTIS AD– A049– 014, AD– A049– 015, AD– A049– 055, November 1977.
152. V. W. Boehm, J. R. Brown, H. Kaspar, M. Lipow, G. MacLeod, and M. J. Merritt. Characteristics of Software Quality. North Holland, 1978.
153. V. Boehm. Software Risk Management. IEEE Computer Society Press, CA, 1989.
154. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения / И. Соммервилл. // Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2002. – 624 с.
155. Липаев В.В. Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств. / В.В. Липаев. – М.: Синтег, 2003. – 520 с.
156. Бурячок В.Л. Формування набору показників для оцінювання якості програмного забезпечення сучасних автоматизованих систем. / В.Л. Бурячок, Л.В. Бурячок, Т.Я. Костюк. // Збірник наукових праць. – К.: НДІ ГУР МО України, 2010. Вип. № 28. – С. 111–124.

157. Системи управління якістю. Вимоги: ДСТУ ISO 9001-2001 (ISO 9001:2000). – [Чинний від 2001-27-06]. – К.: Дежстандарт України, 2001. – 23 с.
158. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 15467-79. – [Чинний від 1979– 01– 07]. – М.: Государственный стандарт союза ССР. – 29 с.
159. Оценка качества программных средств. Общие положения: ГОСТ 28195-89. – [Чинний від 1990-01-07]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1990. – 38 с.
160. Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення: ДСТУ 3918-1999 (ISO/IEC 12207:1995). – [Чинний від 2000-01-07]. – К.: Дежстандарт України, 1999. – 21 с.
161. Качество программных средств. Термины и определения: ГОСТ 28806-90. – [Чинний від 1992-01-01]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1991. – 11 с.
162. Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення: ДСТУ 2844-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 1996. – 20 с.
163. Сертифікація. Основні поняття. Терміни та визначення: ДСТУ 2462-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 1994. – 27 с.
164. Програмні засоби ЕОМ. Показники та методи оцінювання якості: ДСТУ 2850-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 1995. – 20 с.
165. Програмні засоби ЕОМ. Підготовка і проведення випробувань: ДСТУ 2853-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 1995. – 17 с.
166. Системи управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2000): ДСТУ ISO 9001-2001. – [Чинний від 2001-27-06]. – К.: Дежстандарт України, 2001. – 23 с.
167. Information Technology - Software product evaluation: ISO/IEC 14598-1. – Р. 1. General overview, 1999. – 20 p.
168. Інформаційні технології. Супроводження програмного забезпечення: ДСТУ ISO/IEC 14764:2002. – [Чинний від 2002-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2002. – 35 с.
169. Інформаційні технології. Пакети програм. Тестування і вимоги до якості: ДСТУ ISO/IEC 12119:2003. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2003. – 24 с.
170. Информационные технологии. Оценка продукции программного обеспечения. Характеристика качества и руководящие положения по их применению: ГОСТ

- Р ИСО/МЭК 9126-93. – [Чинний від 1993-28-12]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1993 – 16 с.
171. Software engineering - Software product quality - Part 1: Quality model: ISO/IEC 9126-1:2001.
172. Software engineering - Product quality - Part 2: External metrics. ISO/IEC TR: 9126-2:2003.
173. Software engineering - Product quality - Part 3: Internal metrics: ISO/IEC TR 9126-3:2003.
174. Software engineering - Product quality - Part 4: Quality in use metrics: ISO/IEC TR 9126-4:2004.
175. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій (ІТ). Частина 1. Концепції й моделі безпеки ІТ: ДСТУ ISO/IEC TR 13335-1:2003 (ISO/IEC TR 13335-1:1996, IDT). – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2003. – 26 с.
176. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій (ІТ). Частина 2. Керування та планування безпеки ІТ: ДСТУ ISO/IEC TR 13335– 2– 2003 (ISO/IEC TR 13335– 2:1997, IDT). – [Чинний від 2005– 01– 01]. – К.: Дежстандарт України, 2003. – 22 с.
177. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій (ІТ). Частина 3. Методи керування захистом ІТ: ДСТУ ISO/IEC TR 13335-3-2003 (ISO/IEC TR 13335-3:1998, IDT). – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Дежстандарт України, 2003. – 20 с.
178. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій. Частина 4. Вибір засобів захисту: ДСТУ ISO/IEC TR 13335-4:2005 (ISO/IEC TR 13335-4:2000, IDT). – [Чинний від 2006-01-07]. – К.: Дежстандарт України, 2005. – 30 с.
179. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій. Частина 5. Настанова з керування мережною безпекою: ДСТУ ISO/IEC TR 13335-5:2005 (ISO/IEC TR 13335-5:2001, IDT). – [Чинний від 2006-01-07]. – К.: Дежстандарт України, 2005. – 24 с.
180. Бурячок В.Л. Алгоритм порівняльного оцінювання програмних засобів однакового функціонального призначення для розв'язання завдань інформаційної діяльності. / В.Л. Бурячок, Л.В. Бурячок. // Збірник наукових праць. – К.: НДІ ГУР МО України, 2010. Вип. № 27. – С. 124–139.
181. Бурячок В.Л. Порівняльне оцінювання програмних засобів однакового функціонального призначення. / В.Л. Бурячок, Л.В. Бурячок, С.М. Боголій. //

- Збірник матеріалів V-ї НПК “Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”, 21.10.2010. – К.: ВІПІ НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 75–76.
182. Антошина І.В. Методика составления системы характеристик качества для программных средств. / І.В. Антошина, В.Г. Домрачева, І.В. Ретинська. // Качество, инновации, образование, 2002. Вип. № 3. – С. 57–60.
183. Бурячок В.Л. Методика экспертного отбора научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при формировании проектов научно-технических программ. / В.Л. Бурячок, М.И. Луханин, М.М. Митрахович. // Артиллерийское и Стрелковое Вооружение. – К., 2007. Спецвыпуск. – С. 23–28.
184. Бурячок В.Л. Застосування методу анкетування для оцінки якості програмно-технологічної документації. / В.Л. Бурячок. //Збірник наукових праць. – К.: ЦНДІ ОВТ, 2006. Вип. 15. – С. 18–30.
185. Воас Д. Процесс сертификации программ на базе информации об их использовании. / Д. Воас. // Открытые системы, 2000. № 10. – С. 21–23.
186. Ефимова О.А. Современные системы автоматизации делопроизводства. Попытка анализа и классификации. // Секретарское дело 2000. № 4. – С. 23–28.
187. Ферова С.М. Современные программные системы в обеспечении работы секретаря. – М., 2004.
188. Белов А.Н., Белов А.А. Делопроизводство и документооборот. Издательство "Эксмо-Пресс", 2005. – 621 с.
189. Задорожна Н.Т. Аналіз стану та тенденції розвитку інформаційних технологій підтримки діяльності органів державного управління //Проблеми програмування, 2001. – №3-4. – С.125–138.
190. Кузнецов С.Л. Российские программы комплексной автоматизации делопроизводства // Делопроизводство, 2001. № 2.
191. Бурячок В.Л. Методика вибору раціонального для модернізації (закупівлі) зразка озброєння та військової техніки серед однотипних зразків-аналогів. / В.Л. Бурячок. // Збірник наукових праць. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2007. Вип. № 18 (ювілейний). – С. 50–59.
192. Бурячок В.Л. Використання методу експертного аналізу для визначення якості автоматизованих інформаційних систем та їхньої порівняльної оцінки. / В.Л. Бурячок. // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2006. Вип. № 15. – С. 10–17.

193. Бурячок В.Л. Методика порівняльної оцінки автоматизованих інформаційних систем. / В.Л. Бурячок. // Збірник матеріалів XVII НТК “Наукові проблеми розробки, модернізації та застосування інформаційних систем”, 24-25.04.2008. – Житомир: ЖНАУ, 2008. – С. 83–84.
194. Бурячок В.Л. Обґрунтування прийняття рішень на підставі результатів експертно-ігрових методів. / В.Л. Бурячок, О.А. Кулаков. // Збірник матеріалів НПК “Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки”, 16-17.12.2010. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2010. – С. 242–243.
195. Бурячок В.Л. Алгоритм вибору АРМ раціональної конфігурації. / В.Л. Бурячок, Л.В. Бурячок, Г.М. Гулак. // Науково-технічний журнал “Сучасний захист інформації”. – К.: ДУІКТ України, 2011. Вип. № 2. – С. 85–94.
196. Холлендер М. Непараметрические методы статистики. / М. Холлендер, Д. Вулф. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 518 с.
197. Кулаков А.Ф. Оценка качества программ ЭВМ. – К.: Техника, 1984. – 167 с.
198. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1980. – 360 с.
199. Карпенко С., Лисов И. Mars Climate Orbiter сгорел, не успев выйти на работу. Новости космонавтики. 1999. № 11. [Электронный ресурс] / Карпенко С., Лисов И. – Режим доступа к статье: <http://www.novosti-kosmonavтики.ru/content/numbers/202/20.shtml>
200. Укрепленные нормы времени на разработку программных средств вычислительной техники. – М.: Экономика, 1988.
201. Хлебов П.П. Анализ экономии ресурсов от внедрения программных продуктов. – Мн: Лічба, 2007. – 305 с.
202. Абрамов С.А. Экономическое обоснование автоматизации обработки информации. – М.: Статистика, 1975. – 158 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Володимир Леонідович Бурячок
Сергій Васильович Толюпа
Андрій Олександрович Аносов
Валерій Анатолійович Козачок
Наталія Вікторівна Лукова-Чуйко

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В
ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ**

(українською мовою)

Видається у авторській редакції

художник-дизайнер С.В. Корнієнко
комп'ютерна верстка Я.В. Невоїт

Підписано до друку 12.01.2015 р.
Формат 60x84/16. Друк офсет. Папір офсет. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. аркушів 21.5. Наклад 350 прим.
Замовлення № 09/15

Видавництво ДУТ
03110, Київ, вул. Солом'янська, 7
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру серія ДК2539 від 26.06.2006 р.