

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ВОЄННА АКАДЕМІЯ імені ЄВГЕНІЯ БЕРЕЗНЯКА

БОРИСЕНКО В.Є,
КОЛОТОВ В.В.,
ЛИСЕЦЬКИЙ Ю.М,
ТКАЧ І.М.

**ЕКСПЕРТНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ
ТА ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ**

Монографія

КІЇВ



2025

УДК 519.816:004

ББК 22.19:32.97

Л63

Автори: БОРИСЕНКО В.Є., кандидат технічних наук, доцент;
КОЛОТОВ В.В., доктор філософії;
ЛИСЕЦЬКИЙ Ю.М., доктор технічних наук, доцент;
ТКАЧ І.М., доктор економічних наук, професор,
Заслужений економіст України.

Рецензенти: ЦИГАНOK В.В., доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу інтелектуальних технологій підтримки прийняття рішень, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України;
БІДЮК П.І., доктор технічних наук, професор, професор кафедри математичних методів системного аналізу Навчально-наукового комплексу «Інститут прикладного системного аналізу»,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За загальною редакцією: Ю.М. ЛИСЕЦЬКОГО

*Рекомендовано до друку Вченою радою Воєнної академії
імені Євгенія Березняка (протокол № 4 від 30.04.2025 р.)*

Експертні та інформаційні технології в управлінні та прийнятті рішень: монографія / Борисенко В.Є., Колотов В.В., Лисецький Ю.М., Ткач І.М. ; за заг. ред. Ю.М. Лисецького. — Київ : ЛАТ&К, видавець Бихун В.Ю., 2025. 124 с.

ISBN 978-617-7061-86-0

Монографія присвячена експертним та інформаційним технологіям та їх використанню в управлінні і прийнятті рішень. Особливу увагу приділено методологічним аспектам експертного оцінювання, а також визначенню шляхів автоматизації цього досить трудомісткого процесу. Розроблено технологію аналізу експертних оцінок для прискорення процесу визначення їх узгодженості й достовірності та обчислювальний метод комплексної експертної оцінки для зменшення ризику вибору не найкращої альтернативи. Наведено концепція побудови автоматизованої системи експертного оцінювання, її структура, функціональне наповнення, технологія застосування для аналізу та обробки експертної інформації, а також опис комп'ютерної реалізації.

Монографія буде корисною для науковців, науково-педагогічних працівників, слухачів та ад'юнктів вищих військових навчальних закладів і практичних фахівців усіх рівнів, діяльність яких пов'язана з інформаційними технологіями та прийняттям управлінських рішень.

ISBN 978-617-7061-86-0

© Борисенко В.Є., Колотов В.В.,
Лисецький Ю.М., Ткач І.М., 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	5
ПЕРЕДМОВА.....	6
ВСТУП	8
 РОЗДІЛ 1	
МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ	
ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ	11
1.1. Основні поняття, терміни та визначення	11
1.2. Системний підхід до експертного оцінювання	12
1.3. Методологічні аспекти експертного оцінювання	14
1.4. Підготовка та етапи проведення експертизи	16
1.5. Методи індивідуального і групового експертного оцінювання	17
1.6. Формалізація експертної інформації	23
1.7. Визначення вагових коефіцієнтів.	25
Висновки до розділу 1	28
 РОЗДІЛ 2	
АНАЛІЗ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	29
2.1. Перевірка узгодженості та достовірності експертних оцінок ..	29
2.1.1. Статистичні характеристики	29
2.1.2. Суперечливість думок експертів	30
2.1.3. Коефіцієнти асоціації	31
2.1.4. Коефіцієнти рангової кореляції.	31
2.1.5. Коефіцієнт конкордації	33
2.2. Технологія аналізу експертних оцінок шляхом застосування	
послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів	34
Висновки до розділу 2	37

РОЗДІЛ 3	
МЕТОДИ ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	39
3.1. Метод безпосередньої оцінки	39
3.2. Метод ранжування	40
3.3. Метод парних порівнянь	41
3.4. Метод комплексної експертної оцінки	42
Висновки до розділу 3	47
РОЗДІЛ 4	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
В УПРАВЛІННІ ТА ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ	49
4.1. Інтелектуальні інформаційні системи	49
4.1.1. Класифікація інтелектуальних інформаційних систем	53
4.1.2. Властивості інтелектуальних інформаційних систем	57
4.1.3. Поняття знань та відмінності їх від даних.	60
4.2. Експертні системи.	62
4.3. Системи підтримки прийняття рішень	68
4.3.1. Класифікації систем підтримки прийняття рішень	72
4.3.2. Архітектури систем підтримки прийняття рішень.	74
4.3.3. Складові систем підтримки прийняття рішень	75
Висновки до розділу 4	81
РОЗДІЛ 5	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ	83
5.1. Автоматизовані системи експертного оцінювання	83
5.2. Структура та склад АСЕО	90
5.3. Технологія застосування АСЕО	94
5.4. Автоматизована система експертного оцінювання «Вибір» ...	97
5.4.1. Призначення та сервісні можливості	98
5.4.2. Управління автоматизованою системою експертного оцінювання	99
5.4.3. Режими роботи	101
Висновки до розділу 5	111
ВИСНОВОК	115
ПІСЛЯМОВА	117
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АРМ	— автоматизоване робоче місце
АСЕО	— автоматизована система експертного оцінювання
БД	— база даних
БМ	— база моделей
ЕС	— експертні системи
ІС	— інформаційна система
ІІС	— інтелектуальна інформаційна система
ІСППР	— інтелектуальна система підтримки прийняття рішень
МКЕО	— метод комплексної експертної оцінки
ОПР	— особа, що приймає рішення
ПЗ	— програмне забезпечення
СППР	— система підтримки прийняття рішень
СУБД	— система управління базою даних
СУБМ	— ситема управління базою моделей
ІІ	— штучний інтелект

ПЕРЕДМОВА

Сучасні умови пред'являють нові, більш високі вимоги до якості управління і прийняття рішень. Істотним фактором підвищення рівня управління є застосування математичних методів і моделей під час підготовки рішень [1]. Однак повна математична формалізація завдань часто нездійсненна внаслідок їхньої якісної новизни й складності. У зв'язку із цим усе ширше використовуються експертні технології, під якими розуміють сукупність моделей, методів та засобів, що допомагають досягти поставленої мети [2, 3]. Адже експертні технології застосовують у ситуаціях, коли вибір, обґрунтування й оцінка наслідків рішень не можуть бути виконані на основі точних математичних розрахунків, тому вони є основою процесів прийняття рішень.

Експертні технології в управлінні та прийнятті рішень під час розв'язання задач вибору передбачають урахування суб'єктивних суджень експертів про відповідність кожної альтернативи обраній меті.

Дослідженню та розробленню експертних та інформаційних технологій в управлінні та прийнятті рішень присвячено цю монографію. Значну кількість представлених результатів отримано вперше. До них належать: розроблення методу комплексної експертної оцінки (МКЕО), який дає змогу мінімізувати ризик ухвалення нераціонального рішення при виборі альтернатив, технології аналізу експертних оцінок для прискорення визначення їх узгодженості та достовірності, автоматизованої системи експертного оцінювання (АСЕО) та технології її застосування для розв'язання практичних завдань. Наведені в монографії наукові результати мають не тільки теоретичну та мето-

дичну значущість, але й знайшли практичне застосування в різних галузях.

Виклад матеріалу в монографії охоплює методологічні аспекти експертного оцінювання, підготовку та організацію проведення експертизи, методи аналізу й обробки експертної інформації, використання інформаційних технологій в управлінні та прийнятті рішень, автоматизацію експертного оцінювання. Такі структура і послідовність інформаційного подання результатів дослідження сприяють інтересу до монографії як теоретиків, так і практиків.

Автор висловлює подяку рецензентам: докторам технічних наук Циганку В.В., Зайцеву О.В. за зазначені зауваження та рекомендації; кандидату наук Старовойтенку О.О. за допомогу в оформленні графічного матеріалу та підготовку монографії до друку.

ВСТУП

Прийняття раціональних рішень — це основне завдання управлінця, незалежно від сфери діяльності. Він повинен уміти оперативно зробити правильний вибір, який буде відповідати поставленій меті.

На перший погляд може здатися, що прийняти рішення — не так уже й складно. Але насправді рішення має охоплювати всі чотири основні складові управління: планування, організація, мотивація та контроль. Тому особа, що приймає рішення (ОПР) перед тим, як узяти на себе відповідальність, повинна реалізувати його підготовку.

Підготовку управлінських рішень умовно можна назвати технологією розроблення і прийняття рішень, яка являє собою сукупність послідовно повторюваних дій, що складаються з окремих етапів, процедур, операцій [4]. Аналіз наукових джерел свідчить про різноманітність поглядів вітчизняних та зарубіжних учених щодо етапів процесу розроблення та прийняття управлінських рішень [5–9]. Узагальнюючи думки науковців щодо технології прийняття і реалізації управлінських рішень, доцільно виділити такі етапи розроблення та прийняття управлінських рішень:

- збирання повної інформації про проблему;
- постановка цілей і розстановка пріоритетів між ними;
- прогнозування ситуації і розроблення сценаріїв її розвитку;
- вибір системи оцінювання;
- відбір найкращого з альтернативних варіантів;
- складання плану дій;

- контроль за реалізацією плану;
- аналіз результатів.

Це загальний вигляд схеми прийняття рішень, на практиці ж він може видозмінюватися. Як такого єдиного, універсального підходу до прийняття управлінських рішень не існує. Вибирати підхід потрібно виходячи із ситуації, що склалася, та враховуючи доступні ресурси. І важливу роль у цьому процесі відіграють експертні технології, що являють собою способи отримання інформації за допомогою знань компетентних фахівців, які висловлюють свою думку щодо найважливіших проблем, можливих варіантів їхнього розв'язання з точки зору наявних ресурсів.

Процес отримання оцінки чого-небудь, на основі думки експертів, з метою подальшого прийняття рішення або вибору — це експертне оцінювання. Успішне застосування експертних оцінок у цьому процесі багато в чому обумовлюється досконалістю математичного апарату аналізу та обробки експертної інформації.

Монографія присвячена дослідженню експертних та інформаційних технологій в управлінні та прийнятті рішень, а її результати становлять науковий фундамент розроблення і створення АСЕО, що об'єднує різні методи аналізу та оброблення експертної інформації для підтримки прийняття рішень.

У першому розділі розглянуто основні поняття, терміни та визначення, що відносяться до досліджуваної предметної галузі, та методологічні аспекти експертного оцінювання; підготовця та організація проведення експертизи, методи індивідуального і групового експертного оцінювання, формалізація експертної інформації та визначення вагових коефіцієнтів важливості альтернатив і компетентності експертів.

У другому розділі наведено існуючі методи аналізу експертної інформації та запропоновано технологію аналізу експертних оцінок для прискорення визначення їх узгодженості та достовірності.

У третьому розділі проаналізовано основні методи обробки експертної інформації, їхні переваги та недоліки. Розроблено

МКЕО, який дає змогу мінімізувати ризик ухвалення нераціонального рішення при виборі альтернатив.

Четвертий розділі присвячено інтелектуальним інформаційним системам (ИС), експертним системам (ЕС) і системам підтримки прийняття рішень (СППР).

У п'ятому розділі досліджено проблема автоматизації експертного оцінювання. Описано структуру, склад і функціональне наповнення розробленої АСЕО та запропоновано технологію її застосування для проведення аналізу експертної інформації та оцінювання альтернатив для їх порівняння та вибору. Наведено опис АСЕО «Вибір» та технологію її застосування.

У висновку викладено основні результати дослідження.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

1.1. Основні поняття, терміни та визначення

Розглянемо основні поняття, терміни та визначення, що відносяться до предметної галузі, що досліджується в даній монографії.

Експерт — особа, яка володіє спеціальними знаннями, залучається для видачі кваліфікованого висновку або судження з питання, яке розглядається або вирішується іншими людьми, менш компетентними в цій галузі.

Експертне оцінювання — процедура отримання оцінки проблеми на основі думки експертів із метою подальшого ухвалення рішення.

Консультант (аналітик) — спеціаліст, який допомагає ОПР в організації експертного оцінювання.

ОПР — особа, яка наділена певними повноваженнями та несе відповідальність за наслідки прийнятого та реалізованого управлінського рішення.

Альтернатива — можливість вибору однієї з двох або більше можливостей, що виключають одна одну, а також кожна із цих можливостей.

Методологія — взаємопов'язана сукупність принципів та підходів організації дослідницької діяльності.

Принцип — постулат, твердження, на основі якого створюють наукові теорії та закони.

Підхід — сукупність прийомів, методів у вивченні чогось.

Спосіб — порядок, спосіб дій у досягненні будь-якої мети або у виконанні будь-якої роботи.

Засіб — прийом, спосіб дії для досягнення чогось.

Модель — це інформаційне, натурно-матеріальне чи описово-макетне уявлення об'єкта або явища, що є тотожною чи спрощеною версією модельованого об'єкта чи явища.

Метод — систематизована сукупність дій, які необхідні для вирішення певної задачі чи досягнення певної мети.

Технологія — сукупність методів та інструментів для досягнення бажаного результату.

Алгоритм — система послідовних операцій, певних правил для вирішення будь-якої задачі.

Система — упорядкована безліч структурно та функціонально взаємопов'язаних елементів.

Інформаційна система (ІС) — система для зберігання, пошуку та обробки інформації та відповідні організаційні ресурси (людські, технічні, фінансові та інші), які забезпечують та поширюють інформацію.

Інтелектуальна інформаційна система (ІІС) — система, яка заснована на знаннях та являє собою комплекс програмних, лінгвістичних і логіко-математичних засобів для реалізації основного завдання — здійснення підтримки діяльності людини та пошуку інформації в режимі розширеного діалогу на природній мові.

Експертна система — система штучного інтелекту (ШІ), що використовує накопичені знання для забезпечення високоефективного розв'язання задач у вузькій предметній галузі.

Система підтримки рішень – комп'ютеризована система, яка через збирання та аналіз великого обсягу інформації може впливати на процес ухвалення управлінських рішень.

Автоматизована система експертного оцінювання (АСЕО) — організаційно-технічна система, що забезпечує вироблення рішень із застосуванням експертних технологій на основі автоматизації інформаційних процесів управлінської діяльності.

1.2. Системний підхід до експертного оцінювання

Системний підхід, як відомо, — універсальна методологія, яка має три складові: цілеорієнтація, систематизація та формалізація [10, 11].

Із цих позицій система експертних оцінок є сукупністю принципів і формальних процедур, необхідних для побудови такої системи та спрямованих на досягнення визначених планом цілей [12].

Основними засадами системного підходу, у яких будується система експертних оцінок, є:

- вирівнювання інформаційної неоднорідності, властивій експертній групі, на етапі формування моделі аналізованого явища;
- забезпечення незалежності експертів при формуванні їхніх суджень, збереження анонімності експертних висновків, взаємне обговорення аргументів в експертній групі, при обґрунтуванні суджень;
- обмеження різноманітності суджень експертів шляхом застосування інтерактивного уточнення колективної думки групи експертів на основі надходження нової інформації із зовнішнього середовища;
- забезпечення обміну інформацією в експертній групі без перекручень за рахунок створення умов, що дозволяють виявити індивідуальні можливості кожного експерта;
- вимірюваність набору ознак оцінюваних альтернатив, яким можуть бути поставлені у відповідність деякі числа у встановлених шкалах вимірювання.

Розглянуті процеси та етапи експертного оцінювання як методологічну основу використовують системний підхід та системний аналіз [13—16].

Системний підхід до отримання експертних оцінок включає таку послідовність етапів робіт [17]:

- формування мети роботи та набору альтернативних варіантів оцінювання;
- формування експертної групи згідно з метою роботи;
- формування правил роботи експертної групи відповідно до роботи;
- формування правил роботи експертної групи відповідно до сформульованих принципів;
- формування правил вироблення колективного судження групи;

- формування оцінки компетентності експертів;
- проведення експертного опитування та корекції колективного судження групи.

Сукупність цих етапів, пов'язаних у єдине ціле, утворює систему експертних оцінок.

1.3. Методологічні аспекти експертного оцінювання

Важлива роль у процесах прийняття рішень належить експертам. Експертне оцінювання використовують для аналізу об'єктів і проблем, розвиток яких цілком або частково не підлягає математичній формалізації, тобто для яких важко розробити адекватну модель. Це обумовлено:

- невизначеністю та складністю прогнозованих явищ;
- необхідністю кількісно оцінити події, для характеристики яких бракує необхідної інформації й чіткого знання тенденцій розвитку ситуації;
- необхідністю враховувати не тільки об'єктивні тенденції розвитку ситуації, а й реакцію учасників подій на рішення, що приймається.

Типовими проблемами, які потребують проведення експертного оцінювання, є, зокрема, такі: визначення мети розвитку об'єкта управління; прогнозування; розроблення сценаріїв; генерування альтернативних варіантів розв'язків; розроблення системи кількісних оцінок; визначення рейтингів тощо.

У всіх цих випадках доводиться звертатися до думки експертів, чиї оцінки та судження з приводу об'єкта експертизи враховують під час прийняття рішення. Прогнозоване експертне оцінювання відбиває індивідуальні погляди фахівців стосовно перспектив розвитку об'єкта й ґрунтується на мобілізації фахового досвіду та інтуїції [18].

Експертне оцінювання має три складові:

1. Інтуїтивно-логічний аналіз завдання. Будується на логічному мисленні та інтуїції експертів, заснований на їх знанні і досвіді. Цим пояснюється високий рівень вимог, що пред'являються до експертів.

2. *Рішення і видача кількісних або якісних оцінок.* Ця процедура являє собою завершальну частину роботи експерта. Експертом формується рішення по розглянутій проблемі і дається оцінка очікуваних результатів.

3. *Обробка результатів рішення.* Отримані від експертів оцінки повинні бути оброблені з метою одержання підсумкової оцінки проблеми. Залежно від поставленого завдання змінюється кількість виконуваних на цьому етапі розрахункових і логічних процедур. Для забезпечення оперативності і мінімізації помилок на даному етапі доцільним є використання обчислювальної техніки.

Експертні методи поділяються на два підкласи:

- 1) прямі експертні оцінки;
- 2) експертні оцінки зі зворотним зв'язком.

Прямі експертні оцінки будуються за принципом одержання й обробки незалежної узагальненої думки колективу експертів (чи одного з них) за відсутності впливу на кожного експерта думок іншого експерта і всього колективу.

Експертні оцінки зі зворотним зв'язком у тому чи іншому вигляді реалізують принцип зворотного зв'язку на основі впливу на оцінку експертної групи (одного експерта) думок, що отримані раніше від цієї групи.

Експертні методи в прогнозуванні застосовуються в таких випадках:

- за відсутності доволі представницької і достовірної статистичної характеристики об'єкта;
- за великої невизначеності середовища функціонування об'єкта для тих галузей промисловості, що зазнали сильного впливу нових відкриттів;
- за дефіциту часу;
- в екстремальних ситуаціях.

Широке застосування експертні оцінки знаходять під час прогнозування основних напрямків науково-технічного прогресу, економічного розвитку, суспільної і політичної сфер діяльності.

1.4. Підготовка та етапи проведення експертизи

Великий вплив на результати експертизи мають зміщення, що вносяться самою процедурою збирання та аналізу думок експертів, тобто похибок моделі.

Слід зазначити, що специфіка і різноманітність завдань, які вирішуються із залученням експертів, істотно обмежують можливості створення єдиних «універсальних» правил і моделей експертизи. Однак, оскільки експертизу досить широко застосовують під час підготовки та прийняття рішень, необхідно прагнути до того, щоб зробити цю процедуру більш «формалізованою».

Для проведення якісної експертизи необхідні такі умови:

- наявність експертної комісії, яка складається з фахівців, знайомих з об'єктом експертизи, котрі мають досвід експертної роботи;
- існування аналітичної групи, яка професійно володіє технологією організації та проведення експертиз, методами отримання й аналізу експертної інформації;
- отримання надійної експертної інформації;
- коректне оброблення й аналіз експертної інформації.

Відокремлюють такі основні етапи експертизи [19]:

1. Формулювання мети експертизи.
2. Формування аналітичної групи фахівців — організаторів експертизи.
3. Відбір експертів та формування експертної групи залежно від напрямку дослідження.
4. Визначення процедури експертного оцінювання та способу подання експертних оцінок.
5. Методичне забезпечення експертизи та її проведення.
6. Оброблення й аналіз інформації, отриманої від експертів.
7. Формування варіантів рекомендацій для прийняття рішень.

На стадії передпрогнозної орієнтації, що передуює вибору та формулюванню завдання колективної експертної оцінки, здійснюється глибокий і всебічний аналіз стану та тенденції розвитку прогнозованого процесу (явища, об'єкта).

Методичне забезпечення включає насамперед розроблення прогнозних анкет, складання інструкцій щодо їх заповнення, сукупність моделей та методик, необхідних для розрахунку системи показників, що використовуються в експертних оцінках.

В анкетах мають бути сформульовані запитання, що відображають сутність проблеми та на які повинні надати відповіді експерти. Форма і зміст запитань визначаються специфікою об'єкта дослідження. Усю сукупність питань залежно від їх постановки можна поділити на відкриті та закриті, прямі та непрямі.

Дуже суттєве значення під час проведення експертизи має число запитань, що містяться в анкеті. Існує верхня межа кількості запитань, яким члени експертної групи зможуть належним чином приділити належну увагу. Це число становить 7 ± 2 (число Інгве-Міллера) [20].

Обробка опитувальних анкет включає обчислення цілого ряду показників, що дозволяють в підсумку зробити остаточні узагальнюючі висновки. Серед організаторів експертизи повинні бути спеціалісти, що досконало володіють методикою обробки даних, які містяться в опитувальних анкетах. Організація будь-якого дослідження передбачає створення добре розвинутої інформаційної бази, що складається з нормативно-довідкової та перемінної інформації.

Нормативно-довідкова інформація — це словники, коди, класифікатори, різні інструктивні матеріали щодо формування, оформлення, заповнення та обробки анкет.

Перемінна інформація — це в першу чергу дані, що містяться в заповнених анкетах.

Реалізація експертного оцінювання неможлива без відповідного програмного забезпечення (ПЗ) та технічних засобів.

1.5. Методи індивідуального і групового експертного оцінювання

До складу індивідуальних експертних оцінок входять [21]:

- метод «інтерв'ю», при якому здійснюється безпосередній контакт експерта з фахівцем за схемою «запитання — відповідь»;

- аналітичний метод, при якому здійснюється логічний аналіз будь-якої прогнозованої ситуації, складаються аналітичні доповідні записки;

- метод написання сценарію, що заснований на визначенні логіки процесу чи явища в часі за різних умов.

Метод інтерв'ю здійснюється шляхом розповсюдження поштових листівок, телефонних дзвінків або особистих інтерв'ю, він передбачає бесіду прогнозиста з експертом, під час якої прогнозист відповідно до заздалегідь розробленої програми ставить експерту запитання стосовно об'єкта дослідження.

Головний недолік методу — залежність одержаних даних від суб'єктивізму й відповідальності респондентів, які можуть надавати недостатньо продумані відповіді, особливо коли гарантовано анонімність, і респондент не зазнає збитків унаслідок неправильного прогнозу. Часто виникають проблеми ідентифікації респондентів, недвозначного формулювання запитань та одержання достатньої кількості відповідей. Метод ґрунтується на припущенні, що об'єкти опитування сформулювали свої плани на майбутнє, і не трапиться нічого, що могло б змінити ці плани.

Аналітичні експертні оцінки передбачають тривалу й ретельну самостійну роботу експерта над аналізом тенденції, оцінювання стану та шляхів розвитку прогнозованого об'єкта. Цей метод дає можливість експерту використати всю потрібну йому інформацію про об'єкт прогнозу. Свої думки експерт оформлює у вигляді доповідної записки.

Побудова сценаріїв. Сценарій можна визначити як «виклад альтернативних варіантів майбутнього» або «передбачувану послідовність подій за допустимих умов». Він виглядає як хронологія майбутніх змін, зокрема містить деталі зовнішнього середовища, стратегії конкурентів, нові відкриття та дії уряду. Сценарії формують як реалістичні можливості, часто із використанням переконливої мови та багатой уяви. Метод аналізу сценаріїв полягає в розгляді кількох різних сценаріїв, які характеризують імовірні шляхи розвитку ситуації. Намір переконати ОПР передбачає зваження на чинник невизначеності й розроб-

лення стратегії, придатної за будь-яких обставин. Під час розгляду цілого набору можливостей зменшується ймовірність непередбаченої ситуації. Крім того, експерт усвідомлює внутрішню невизначеність процесу прогнозування, тому остаточно не впевнений у доцільності жодного з варіантів.

Головними перевагами розглянутих методів є можливість максимального використання індивідуальних здібностей експертів і незначний психологічний тиск на окремого виконавця. Однак ці методи майже не придатні для прогнозування найзагальніших стратегій через обмеженість знань одного фахівця/експерта про розвиток суміжних галузей науки.

Методи колективних експертних оцінок містять [21]:

- метод «комісій»;
- метод колективної генерації ідей («мозковий штурм»);
- метод «Дельфі»;
- матричний метод.

Ця група методів заснована на тому, що при колективному мисленні, по-перше, більш висока точність результату і, по-друге, при обробці індивідуальних незалежних оцінок, що виносяться експертами, можуть виникнути продуктивні ідеї.

У наш час значного поширення набули експертні методи, засновані на роботі спеціальних *комісій*, коли групи експертів за «круглим столом» обговорюють конкретну проблему, щоб узгодити думки й виробити спільне судження. Недолік цього методу полягає в тому, що група експертів у своїх узагальненнях здебільшого керується логікою компромісу.

Метод колективної генерації ідей («мозковий штурм»). Завдання прогнозування, які вирішують із використанням методів експертних оцінок, містять два формально не пов'язані між собою елементи: визначення можливих варіантів розвитку об'єкта прогнозування та їхню оцінку. Застосування «мозкових штурмів» у визначенні можливих варіантів розвитку дає змогу швидко одержати продуктивні результати і залучити всіх експертів до активного творчого процесу.

Методи «мозкових штурмів» можна класифікувати за ознакою існування або відсутності зворотного зв'язку між керівни-

ком та учасниками «мозкового штурму» в процесі розв’язання певної проблемної ситуації. Наявність зворотного зв’язку дає змогу учасникам концентрувати увагу суто на варіантах, корисних за тим чи іншим критерієм для розв’язання проблемної ситуації. Однак штучне введення обмежень унеможливорює бачення всього багатоманіття підходів, тож зрештою можна пропустити оригінальні думки, які мають потенційну, але поки не усвідомлену цінність. Відсутність зворотного зв’язку, тобто максимальна стимуляція висловлювань, передбачає складну й більшу за обсягом роботу на етапі оцінювання їх.

Один із варіантів методу «мозкового штурму» — *деструктивна відносна оцінка* — забезпечує якісне й досить швидке оцінювання варіантів, не обмежуючись при цьому їхньою кількістю. Сутність цього методу полягає в актуалізації творчого потенціалу фахівців під час «мозкового штурму» проблемної ситуації, що реалізує спочатку генерацію ідей і подальше спростування або критику з формулюванням контрідей.

Дельфійський метод певною мірою вможливорює організацію статистичного оброблення думок експертів-фахівців і досягнення ними більш або менш узгодженої думки. Цей метод розроблено американською дослідницькою корпорацією RAND. Свою назву він отримав від грецького міста Дельфи, відомого завдяки розташуванню тут храму, жерці якого передбачали майбутнє.

Дельфійський метод побудований за принципом, згідно з яким у гуманітарних науках думки експертів та суб’єктивні судження мають замінити точні закони причинності природознавчих наук.

Підґрунтя цього методу становить багатоетапне узгодження думок групи експертів. Спочатку з’ясовують індивідуальні думки кожного члена групи стосовно ймовірності настання деякої події. Експерти можуть працювати разом або бути незалежними. Результати опитування збирають і обговорюють провідні фахівці. Авторам найнижчого та найвищого рівнів прогнозу пропонують переглянути свої думки. Після дискусії здійснюють друге опитування з подальшим обговоренням. Про-

цес може повторюватися доти, доки не з'явиться узгоджений прогноз, прийнятний для всіх експертів. В альтернативній версії експерти ніколи не зустрічаються, а їхні думки надсилають поштою (зокрема й електронною) разом зі стислим викладом аргументів. Експертам пропонують переглянути свої прогнози з урахуванням точки зору інших, аж поки не буде досягнуто консенсусу, що може статися лише після кількох раундів.

Дельфійський метод характеризується трьома особливостями, які вирізняють його серед звичайних методів групової взаємодії експертів, а саме:

1. *Анонімність експертів*, яка полягає в тому, що в процесі процедури експертного оцінювання прогнозованого явища учасники експертної групи не знають один одного. При цьому взаємодія членів групи під час заповнення анкет цілком виключається. У такому разі автор відповіді може змінити свою думку, не оголошуючи про це.

2. *Використання результатів попереднього туру опитування*. Це дає можливість групі фахівців зосередитися на початкових завданнях, а не вигадувати щоразу щось нове. Оскільки групова взаємодія здійснюється безпосередньо шляхом відповіді на анкету, фахівець або організація, які проводять дослідження за дельфійським методом, дістають з анкет лише ту інформацію, яка стосується цієї проблеми. Фахівець-прогнозист враховує «за» та «проти» експертів стосовно кожної точки зору. Головний результат функціонування цієї системи полягає в тому, щоб запобігти досягненню групою власних мети й завдань.

3. *Статистична характеристика групової відповіді* полягає в тому, що група фахівців складає прогноз, який містить точку зору більшості експертів. При цьому використовують статистичні характеристики відповіді, яка відображає думку всієї групи. Групова відповідь може бути подана у вигляді медіани та двох квартилів, тобто таким числом, яке перевищує оцінки однієї половини групи та менше за оцінки другої.

Члени журі змінюють свої оцінки за умови переконливих доказів їхніх колег, у протилежному разі вони дотримуються власних точок зору.

Метод має кілька недоліків.

1. На кінцевий результат впливають особисті риси експертів, зокрема наполегливість в обстоюванні своїх думок.

2. Застосування методу може вимагати значних коштів, а кінцевий результат не завжди задовольняє всіх експертів.

3. Немає згоди щодо того, чи варто використовувати саме фахівців. Як розуміти термін «експерт» (чи має журі складатися з фахівців різних спеціальностей) або яким обсягом інформації треба обмінюватися на першому етапі (медіани можуть зумовити зсув до центру розподілу).

Сутність методу колективної експертної оцінки для розроблення прогнозів полягає в досягненні погодженості думок експертів із перспективних напрямків розвитку об'єкта прогнозування, що сформульовані були раніше окремими фахівцями, а також в оцінці аспектів розвитку об'єкта, яка не може бути визначена іншими методами (наприклад, аналітичним розрахунком, експериментом і т. д.).

Зміст методу колективної експертної оцінки полягає в наступному.

По-перше, для організації проведення експертних оцінок створюються робочі групи, до функцій яких входить проведення опитування, обробка матеріалів й аналіз результатів колективної експертної оцінки. Робоча група призначає експертів, які дають відповіді на поставлені запитання, що стосуються перспектив розвитку даної галузі. Кількість експертів, залучених до розроблення прогнозу, може коливатися від 10 до 30 чоловік, залежно від складності об'єкта.

По-друге, перед тим, як організувати опитування експертів, необхідно уточнити основні напрямки розвитку об'єкта, а також скласти матрицю, яка відбиває генеральну мету, підцілі і засоби їх досягнення.

Наступний етап колективної експертної оцінки складається з розроблення запитань, що будуть запропоновані експертам.

По-третє, під час проведення опитування експертів необхідно забезпечити однозначність розуміння окремих запитань, а також незалежність суджень експертів.

По-четверте, ведеться обробка матеріалів колективної експертної оцінки, що характеризують узагальнену думку і ступінь погодженості індивідуальних оцінок експертів. Обробка даних оцінок експертів служить вихідним матеріалом для синтезу прогнозних гіпотез і варіантів розвитку галузі.

Остаточна оцінка визначається або як середнє судження, або як середнє арифметичне значення оцінок усіх експертів, або як середнє нормалізоване зважене значення оцінки.

Методика статистичної обробки матеріалів колективної експертної оцінки для розроблення науково-технічних прогнозів являє собою сукупність оцінок відносної важливості, призначених експертами кожному з оцінюваних напрямків наукових досліджень

1.6. Формалізація експертної інформації

Ефективне використання інформації, одержуваної від експертів, можливе за умови її перетворення на форму, зручну для подальшого аналізу та обробки, спрямованих на підготовку та прийняття рішень. У зв'язку із цим, перш ніж перейти до опису методів аналізу та обробки експертної інформації, необхідно розглянути можливості та обмеження її формалізації.

Можливості формалізації експертної інформації залежать від особливостей досліджуваного об'єкта, надійності та повноти наявних даних, рівня прийняття рішення. Форма подання експертної інформації залежить і від прийнятого критерію, на вибір якого, у свою чергу, впливає специфіка досліджуваної проблеми.

Формалізація інформації, отриманої від експертів, має бути спрямована на підготовку розв'язання таких задач, які не можна повною мірою описати математично, оскільки вони є «слабкоструктурованими», тобто містять невизначеності, пов'язані не тільки з вимірюванням, а й із самим характером досліджуваних цілей, засобів їхнього досягнення і зовнішніх умов [22].

Під час аналізу необхідно не тільки представити у вигляді непрямих оцінок частину інформації, що не піддається виміру, і не тільки висловити за допомогою таких оцінок кількісно вимірювану інформацію, про яку на момент підготовки рішення не-

має достатньо достовірних даних. Найважливіше — формалізувати цю інформацію таким чином, щоб допомогти ОПР вибрати з безлічі альтернатив одну, найкращу щодо деякого критерію.

Якщо експерт у змозі порівняти й оцінити можливі альтернативи, приписавши кожній із них певне число, вважатимемо, що він має певну систему переваг.

Залежно від того, за якою шкалою можуть бути задані ці уподобання, експертні оцінки містять більший або менший обсяг інформації і мають різну здатність до математичної формалізації [21, 23].

Шкала — це інструмент (прийнята система правил) оцінки (вимірювання) будь-яких об'єктів або явищ. Розрізняють чотири типи шкал:

1. *Номінальна шкала.* Реалізує найпростіший тип вимірювання. У цьому випадку проводиться порівняння властивостей об'єкта (явища) з яким-небудь еталоном. Результатом є впорядкування по двоелементній шкалі, де кожному з об'єктів (явищ) присвоюється бал, рівний нулю або одиниці.

Прикладом вимірювання за номінальною шкалою може служити проведення заліку. У цьому випадку експерт-викладач оцінює рівень знань студентів і виносить рішення: наприклад, залік (об'єкту-студенту присвоюється бал, рівний одиниці) або незалік (об'єкту-студенту присвоюється бал, рівний нулю).

2. *Порядкова шкала.* Мета полягає в упорядкуванні об'єктів (явищ), а точніше, у виявленні за допомогою експертів прихованої упорядкованості, яка, за припущенням, властива множині об'єктів. Результатом оцінки є рішення про те, що який-небудь об'єкт (явище) кращий від іншого по відношенню до деякого критерію.

Прикладом може служити визначення журі переможців та призерів якогось конкурсу. Тут експерти повинні вирішити, що учасник, який посів перше місце, виявився кращим (з точки зору цілей конкурсу) за учасника, що посів друге місце. Учасник, що посів друге місце, у свою чергу, визнається кращим по відношенню до третього і т. д.

3. *Інтервальна шкала.* Оцінка за даною шкалою дозволяє не тільки визначити, що один об'єкт (явище) кращий від іншого,

але також визначити, наскільки він є кращим. Нульова точка й одиниця виміру вибираються при цьому довільно. Прикладом оцінювання за інтервальною шкалою є проведення іспиту. Тут експерт-викладач, оцінюючи рівень знань слухачів, повинен не тільки вирішити, що один слухач знає матеріал краще від іншого, але й сказати, наскільки краще. Вимірювання фактично проводиться за шкалою із чотирьох балів («незадовільно», «задовільно», «добре», «відмінно»). При цьому рівень знань, що відповідає нульовому балу (нульова точка), невідомий.

Вимірювання за інтервальною шкалою використовується під час виставлення експертами-суддями оцінок у таких видах спорту, як фігурне катання, стрибки у воду, художня та спортивна гімнастика тощо.

4. *Шкала відношення.* У даному випадку передбачається, що відомо абсолютне значення властивостей об'єкта, тобто відома істинна нульова точка. Шкала використовується для тих чинників, які можуть бути представлені кількісно. Наприклад, за допомогою такої шкали експерти мають змогу оцінити розмір прибутку, який може бути отриманий у результаті реалізації якого-небудь проекту.

Отже, залежно від сутності досліджуваних об'єктів для їхньої оцінки можуть бути використані різні шкали.

1.7. Визначення вагових коефіцієнтів

Дослідженню та аналізу методів визначення структури переваг на множині об'єктів присвячено значну кількість робіт у вітчизняній та зарубіжній літературі. У деяких роботах [24, 25] відзначається складність отримання безпосередньої несуперечливої інформації від експерта про числові значення вагових коефіцієнтів об'єктів. На основі проведених досліджень [29] доводиться, що експерт може адекватно визначити вагові коефіцієнти у випадках, якщо кількість параметрів, що характеризують об'єкти, не перевищує трьох. У випадках, коли об'єкти характеризуються більшою кількістю параметрів, можливе застосування непрямих методів, у яких структура переваг від-

новлюється на основі попередньо прийнятих експертних рішень. У даній монографії об'єктами є альтернативи, а параметрами — характеристики цих альтернатив.

Постановки завдань визначення ваги альтернатив, важливості характеристик та компетентності експертів у більшості випадків схожі і відрізняються лише інтерпретацією [2]. Тому будемо розглядати визначення вагових коефіцієнтів взагалі, маючи на увазі те, що ця задача може інтерпретуватися в будь-якому з трьох зазначених аспектів. При цьому використовуватимемо позначення для вагових коефіцієнтів w_i , $i \in I$ і вживатимемо термін «альтернативи», пам'ятаючи, що залежно від інтерпретації це може бути визначення вагових коефіцієнтів і характеристик та компетентності експертів. Якщо розв'язується задача визначення вагових коефіцієнтів власне характеристик, то будемо використовувати позначення x_j , $j \in I$. Коли визначаються саме коефіцієнти відносної компетентності експертів, будемо використовувати позначення e_k , $k \in K$.

Найбільш поширеними способами представлення значень вагових коефіцієнтів є:

— довільні дійсні чи натуральні числа

$$-\infty < w_i < \infty, \quad i \in I;$$

— дійсні числа з урахуванням односторонніх чи двосторонніх обмежень

$$w_i > 0, \quad i \in I; \quad -5 \leq w_i \leq 5, \quad i \in I;$$

— дійсні числа з урахуванням умови центрованості

$$\sum_{i \in I} w_i = 0, \quad -\infty < w_i < \infty, \quad i \in I;$$

— дійсні числа з урахуванням умови нормованості

$$\sum_{i \in I} w_i = 1, \tag{1.1}$$

$$w_i > 0, \quad i \in I \tag{1.2}$$

— інтервальна форма — гіперпаралелепіпед вагових коефіцієнтів

$$w \in \Gamma = [w_i^H, w_i^B], \quad i \in I \tag{1.3}$$

$$0 < w_i^H \leq w_i^B < 1, i \in I \quad (1.4)$$

Щодо видів експертизи задання вагових коефіцієнтів відомо [26], що метод приписування балів дає вагові коефіцієнти з найбільшим середнім відхиленням і найменшою амплітудою — небажаними характеристиками. Водночас бальна шкала є зручнішою для експертів, ефективною за трудомісткістю проведення експертизи [27]. Ніяких інших загальних тенденцій під час використання різних форм експертного визначення вагових коефіцієнтів дослідниками не виявлено [26], і підстав для надання переваги якій-небудь із шкал вимірювання не існує [27].

Як зазначалося раніше, усі елементи гіперпаралелепіпеда вагових коефіцієнтів описуються множиною характеристик, що мають різний вплив на якість альтернативи. При цьому одні з них є найбільш важливими, інші — менш важливими. У такому випадку необхідним є визначення важливості тієї чи іншої характеристики (альтернативи) за відповідним критерієм, тобто необхідним є визначення ваги кожної характеристики (альтернативи). Один із методів визначення ваги полягає в такому.

Нехай: x_{ij} — оцінка i -ї характеристики, дана j -м експертом,

$$i = \overline{1, n}, i = \overline{1, m},$$

де: n — кількість альтернатив, що порівнюються; m — кількість експертів.

Тоді вага i -ї альтернативи, що розрахована за оцінками всіх експертів (w_i), дорівнює:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij}}{m}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.5)$$

де: w_i — вага i -ї альтернативи, розрахована за оцінками всіх експертів; w_{ij} — вага i -ї альтернативи, розрахована за оцінками j -го експерта відповідно до виразу (1.6); i — порядковий номер альтернативи, що розглядається; m — кількість експертів;

n — кількість альтернатив, що порівнюються;

$$w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m} \quad (1.6)$$

де: w_{ij} — вага i -ї альтернативи, розрахована за оцінками j -го експерта; x_{ij} — оцінка характеристики i , дана j -м експертом; m — кількість експертів; n — кількість альтернатив, що порівнюються.

Досить повний перелік процедур виявлення переваг на множини об'єктів наведено в [2, 24, 26–28]. Сюди слід віднести «ваги» в деякій, найчастіше — у сто процентній шкалі, приписування балів, ранжування характеристик тощо. На останньому етапі одержана від експертів інформація приводиться до бажаного виду — експертні оцінки відповідним чином обробляються, центруються, нормуються тощо з метою їхнього агрегування та надання інформативного вигляду [2].

Висновки до розділу 1

Розглянуто основні поняття, терміни та визначення, що відносяться до досліджуваної предметної галузі. Системний підхід до експертного оцінювання як універсальна методологія, що має три складові: цілеорієнтація, систематизація та формалізація. Методологічні аспекти експертного оцінювання, які охоплюють інтуїтивно-логічний аналіз завдання, рішення і видача кількісних або якісних оцінок, обробку результатів рішення. Підклади експертних методів: прямі експертні оцінки та експертні оцінки зі зворотним зв'язком. А також: підготовку та етапи проведення експертизи; індивідуальні методи експертних оцінок (метод «інтерв'ю», аналітичний метод, метод написання сценарію); методи колективних експертних оцінок (метод «комісій», метод колективної генерації ідей або «мозковий штурм», метод «Дельфі»; матричний метод); формалізацію експертної інформації за допомогою шкал (номінальної шкали; порядкової шкали; інтервальної шкали; шкали відношення); визначення вагових коефіцієнтів важливості альтернатив, характеристик та компетентності експертів.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Аналіз узгодженості думок експертів призначений для перевірки достовірності експертних оцінок і виявлення причин їхньої неоднорідності за допомогою математичного опрацювання інформації, отриманої від експертів [29].

2.1. Перевірка узгодженості та достовірності експертних оцінок

2.1.1. Статистичні характеристики

Отримані від експертів оцінки можуть розглядатися як випадкова змінна. Тому для аналізу розкиду та узгодженості оцінок застосовуються узагальнені статистичні характеристики [23]:

а) середнє значення оцінок (точкова оцінка для даної групи експертів), яке характеризує узагальнену думку експертів щодо альтернатив. Для альтернативи S

$$\hat{y}_E = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_i; \quad (2.1)$$

б) середнє квадратичне відхилення, що характеризує розкид думки окремих експертів щодо середнього значення $\hat{y}_E$. Для альтернативи S

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{D}(y)}; \quad (2.2)$$

в) коефіцієнт варіації, що характеризує варіабельність, яку розраховують у вигляді відношення середнього квадратичного

відхилення до середньої арифметичної. Для альтернативи S

$$V = \frac{\hat{\sigma}}{\hat{y}_E}. \quad (2.3)$$

Аналогічно обчислюються результати за іншими альтернативами.

2.1.2. Суперечливість думок експертів

З точки зору математичної статистики вихідні оцінки, що далеко відстоять від середнього значення $\hat{y}_E$, можуть вважатися випадковими [23]. Уведемо поняття суперечливості думки експерта k узагальненій думці всіх експертів. Припустимо, що думка y_k експерта k є крайньою серед думок m експертів. Аналіз суперечливості думки k експерта здійснюється з використанням оцінки аномальності результатів за невідомої генеральної дисперсії, суть якого полягає в такому. Спочатку обчислюється ймовірність того, що величина

$$t = \frac{(y_k - \hat{y}_E)}{\sqrt{\hat{D}(y)}}, \quad (2.4)$$

перевершить деякий заданий максимум β :

$$\alpha = P\left\{y_k - \hat{y}_E < \beta\sqrt{\hat{D}(y)}\right\}, \quad (2.5)$$

Якщо ця ймовірність досить велика (наприклад, більша за 0,05—0,10), то гіпотезу про аномальність y_k можна відкинути, інакше — прийняти. У зв'язку із цим «суперечливою» вважаємо думку експерта y_k , за якої виконується нерівність

$$y_k - \hat{y}_E < \beta\sqrt{\hat{D}(y)} \quad (2.6)$$

з імовірністю, меншою за деяку межу α' . Зазвичай за α' приймають величину порядку 0,05 і менше. Якщо нерівність не виконується, отже, думка експерта не є суперечливою.

2.1.3. Коефіцієнти асоціації

Використовуються для оцінювання міри подібності думок кожної пари експертів. За допомогою коефіцієнтів асоціації враховується лише кількість відповідей, що збігаються або не збігаються, і не враховується їхня послідовність [23].

Інформаційну міру близькості відповідей двох експертів, запропоновану В. Л. Устюжаніновим, обчислюють за такою формулою:

$$S_{ij} = \frac{2m_{ij}}{t_i \log_2 \left(1 + \frac{t_j}{t_i} \right) + t_j \log_2 \left(1 + \frac{t_i}{t_j} \right)}, \quad (2.7)$$

де m_{ij} — кількість ознак, однаково оцінених i -м і j -м експертами; t_i — кількість ознак, оцінених i -м експертом; t_j — кількість ознак, оцінених j -м експертом.

Величина S_{ij} змінюється в межах від 1 до 0, причому $S_{ij} = 1$ вказує на повний збіг думок опитуваних, а $S_{ij} = 0$ — на повну відмінність думок.

2.1.4. Коефіцієнти рангової кореляції

Коефіцієнт рангової кореляції Кендалла. Одна з вибірових мір залежності двох випадкових величин (ознак) X і Y , що ґрунтується на ранжируванні елементів вибірки $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$. Коефіцієнт рангової кореляції Кендалла [30] належить, таким чином, до рангових статистик і визначається формулою

$$k = \frac{2S(r_1, \dots, r_n)}{n(n-1)}, \quad (2.8)$$

де r_i — ранг Y , що належить тій парі (X, Y) , для якої ранг X дорівнює i , $S = \frac{2N - n(n-1)}{2}$, N — число елементів вибірки, для яких $j < i$ і $r_j < r_i$. Завжди $-1 \leq k \leq 1$.

Коефіцієнт рангової кореляції Кендалла застосовується для перевірки гіпотези незалежності випадкових величин.

Якщо гіпотеза незалежності правильна, то

$$E_k = 0 \text{ і } D_k = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}. \quad (2.9)$$

За невеликого обсягу вибірки ($4 \leq n \leq 10$) перевірку статистичної гіпотези незалежності здійснюють за допомогою спеціальних таблиць. При $n > 10$ користуються нормальним наближенням для розподілу k .

Коефіцієнт рангової кореляції Кендалла, як і будь-яку рангову статистику, можна використовувати для виявлення залежності двох якісних ознак, якщо тільки елементи вибірки можна впорядкувати щодо цих ознак.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена. Міра залежності двох випадкових величин (ознак) X і Y , що ґрунтується на ранжуванні незалежних результатів спостережень $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$. Якщо ранги значень X розташовані в природному порядку $i = 1, \dots, n$, а R_i – ранг Y , що відповідає тій парі (X, Y) , для якої ранг X дорівнює i , то коефіцієнт рангової кореляції Спірмена [31] визначається формулою

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.10)$$

де d — різниця між рангами X_i и Y_j . Значення ρ_s змінюється від -1 до $+1$, причому $\rho_s = +1$, коли послідовності рангів повністю збігаються, тобто $i = R_i$, $i = 1, \dots, n$. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, як і будь-яка інша рангова статистика, застосовується для перевірки гіпотези незалежності двох ознак.

Якщо ознаки незалежні, то $E_{\rho_s} = 0$, $D_{\rho_s} = \frac{1}{n} - 1$. Таким чином, за величиною відхилення від нуля можна зробити висновок про залежність або незалежність ознак.

2.1.5. Коефіцієнт конкордації

Під час аналізу оцінок, отриманих від експертів, часто виникає необхідність виявити узгодженість їхніх думок щодо кількох альтернатив, які впливають на один кінцевий результат. У цьому разі узгодженість думок експертів оцінюють за допомогою коефіцієнта конкордації, тобто загального коефіцієнта рангової кореляції для групи, що складається з експертів [23].

Ранжовані оцінки. Коефіцієнт конкордації визначають за формулою

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j)} \quad (2.11)$$

де S — сума квадратів різниць/відхилень;

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m X_{ij} - \bar{S} \right)^2; \quad \bar{S} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{n}; \quad S_i = \sum_{j=1}^m X_{ij}; \quad (2.12)$$

де n — кількість альтернатив; m — кількість експертів; X_{ij} — ранг i -ї альтернативи, присвоєний їй j -м експертом; t_j — число однакових рангів, які присвоює різним альтернативам j -й експерт.

Таким чином, для того щоб оцінити значущість коефіцієнта конкордації, користуються критерієм χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j)} \quad (2.13)$$

або

$$\chi^2 = (n-1) \cdot m \cdot W \quad (2.14)$$

Знайдене значення має бути більшим за табличне χ^2 , що визначається числом ступеня її свободи та рівнем довірчої ймовірності. Це підтверджує значущість коефіцієнта конкордації.

Парні порівняння. Для визначення коефіцієнта конкордації складають матрицю уподобань, у якій числа P_{ij} показують, скільки разів альтернатива i була кращою за альтернативу j на думку m експертів. У результаті проведення Cn^2 таких порівнянь віддається перевага якимось $1/2 \cdot Cn^2$ альтернативам порівняно з іншими $\frac{1}{2}Cn^2$ альтернативами. Очевидно, що за повної згоди m експертів Cn^2 клітинок матриці міститимуть число $q = m$, а в інших комірках будуть нулі. За мінімальної згоди кожна комірка міститиме $q = \frac{1}{2}m$, якщо число експертів парне, і $q = \frac{1}{2}(m + 1)$, якщо воно непарне. Виходячи із цього, коефіцієнт згоди при парному порівнянні визначається за формулою

$$V = \frac{4}{m(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{C^2 P_{ij}}{n(n-1)}. \quad (2.15)$$

Таким чином, для того щоб оцінити значущість коефіцієнта конкордації, користуються критерієм χ^2 :

$$\chi^2 = (n-1) \cdot m \cdot V. \quad (2.16)$$

Знайдене значення має бути більшим за табличне χ^2 , що визначається числом ступенів свободи та рівнем довірчої ймовірності. Це підтверджує значущість коефіцієнта конкордації.

2.2. Технологія аналізу експертних оцінок шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів

Для прискорення визначення узгодженості та достовірності експертних оцінок пропонується технологія аналізу експертних оцінок шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів (рис. 2.1). Сутність технології полягає в такому [32].

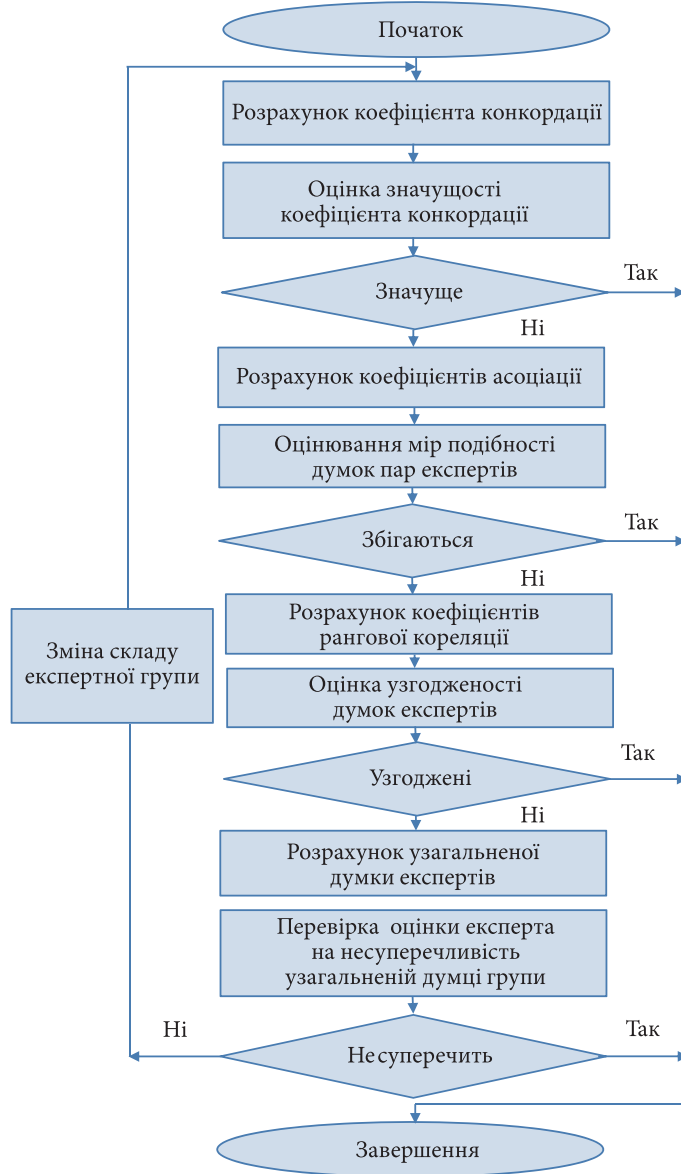


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритму технології аналізу експертних оцінок шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів

Насамперед необхідно оцінити узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації. Якщо коефіцієнт конкордації значущий, то думки групи експертів узгоджені й подальший аналіз можна не проводити.

Якщо думки експертів виявляться неузгодженими, то для оцінки міри подібності думок кожної пари експертів треба розрахувати коефіцієнти асоціації за Устюжаніновим.

Для точнішої перевірки узгодженості думок експертів необхідно використовувати метод рангової кореляції Спірмена, за допомогою якого коефіцієнт обчислюється простіше і швидше, ніж коефіцієнт рангової кореляції Кендалла. За наявності неузгодженості думок експертів необхідно продовжити аналіз для виявлення причин їхньої неоднорідності та провести перевірку на суперечливість думок, під час якої виявляють експертів, думки яких суттєво відрізняються від узагальненої думки групи.

Запропонована технологія аналізу експертних висновків шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів може бути алгоритмізована. Цей алгоритм міститиме такі кроки:

Крок 1. Розрахунок коефіцієнта конкордації.

Крок 2. Оцінка значущості коефіцієнта конкордації.

Крок 3. Розрахунок коефіцієнтів асоціації.

Крок 4. Оцінка мір подібності думок пар експертів.

Крок 5. Розрахунок коефіцієнтів рангової кореляції.

Крок 6. Оцінка узгодженості думок експертів.

Крок 7. Розрахунок узагальненої думки групи експертів.

Крок 8. Перевірка думки експерта на суперечливість узагальненій думці групи.

Таким чином, запропонована технологія аналізу експертних оцінок із використанням послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів дає змогу прискорити визначення їхньої узгодженості та достовірності.

Висновки до розділу 2

Розглянуто методи аналізу експертної інформації за допомогою: розрахунку статистичних характеристик (середнє значення оцінок, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації); перевірки суперечливості думок експертів; визначення коефіцієнтів асоціації за Устюжаніновим, коефіцієнтів рангової кореляції Кендалла і Спірмена, коефіцієнта конкордації (загального коефіцієнта рангової кореляції для групи експертів). Розроблено технологію аналізу експертних оцінок шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів для прискорення визначення їхньої узгодженості та достовірності.

Отже, аналіз узгодженості думок експертів призначений для перевірки достовірності експертних оцінок і виявлення причин їхньої неоднорідності за допомогою математико-статистичної обробки інформації, отриманої від експертів.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Існує досить велика кількість практичних завдань, коли оцінювання, впорядкування та вибір не можуть бути виконані на основі точних кількісних оцінок систем, оскільки їхня повна математична формалізація часто нездійсненна [19, 21, 34—38].

У таких випадках використовують якісні оцінки експертів, які необхідно формалізувати. Можливості формалізації інформації залежать від специфічних особливостей порівнюваних альтернатив, надійності та повноти наявних даних, рівня прийняття рішення.

Для перетворення формалізованої інформації у форму, зручну для ухвалення рішень, використовують математико-статистичні методи експертних оцінок [19].

3.1. Метод безпосередньої оцінки

Діапазон зміни будь-якої якісної змінної розбивається на кілька інтервалів, кожному з яких присвоюється певна оцінка (бал), наприклад, від 1 до 10. Завдання експерта полягає в поміщенні кожної з розглянутих альтернатив у певний оціночний інтервал відповідно до ступеня володіння тією чи іншою властивістю, або відповідно до припущень експерта щодо їхньої значущості. Зауважимо, що кількість інтервалів, на які розбивається весь діапазон зміни якості, не обов'язково має бути однаковою для кожного експерта. Крім того, кожному експерту дозволяється давати одну й ту саму оцінку двом (або кільком) якісно різним альтернативам. Складається матриця «експерти-альтернативи», в якій проставляються отримані від кожного

експерта оцінки альтернатив за шкалою від 1 до 10. Розраховується відносна значущість усіх альтернатив окремо для кожного експерта [19]. Із цією метою оцінки, отримані від кожного експерта, за всіма альтернативами підсумовуються, а потім кожна з них ділиться на цю суму. Обчислюють усереднену (зважену) оцінку, дану всіма експертами за кожною альтернативою. Для цього зважені оцінки кожної альтернативи підсумовуються, а потім отримана сума ділиться на кількість експертів. Таким чином розраховується середньозважена арифметична оцінка для кожної альтернативи за формулою

$$V_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \left(\frac{Q_{ij}}{\sum_{i=1}^m Q_{ij}} \right), \quad (3.1)$$

де Q_{ij} — оцінка i -ї альтернативи, надана j -м експертом; m — кількість альтернатив; n — кількість експертів.

Критерій вибору кращої системи: порівняльний — більше значення оцінки відповідає кращій альтернативі. Формально дані являють собою матрицю $m \times n$ (альтернативи на оцінки експертів), а елементами цієї матриці є дійсні числа. Змістовно елементи матриці — це оцінки експертів, що відображають їхню думку про значущість певної альтернативи.

3.2. Метод ранжування

Сутність процедури ранжування полягає в тому, що експерт розташовує всі m альтернатив у порядку, який видається йому найбільш раціональним, і приписує кожній із них числа натурального ряду — ранги [19]. При цьому ранг 1 отримує найбільш бажана альтернатива, а ранг M — найменш бажана, $R = 1, 2, \dots, m$.

Отже, порядкова шкала, одержувана в результаті ранжування, має задовольняти умову рівності числа рангів M числу ранжированих альтернатив m .

Експерт може присвоювати один і той самий ранг кільком альтернативам, і в результаті число рангів M виявляється не рів-

ним числу ранжованих альтернатив m . У таких випадках альтернативам приписують «стандартизовані» ранги. Із цією метою загальне число стандартизованих рангів вважають рівним m , а альтернативам, що мають однакові ранги, присвоюють стандартизований ранг, значення якого є середньою сумою суми місць альтернатив з однаковими рангами. Обчислюють усереднену рангову оцінку, дану всіма експертами за кожною альтернативою. Для цього зважені рангові оцінки кожної альтернативи підсумовують, а потім отриману суму ділять на кількість експертів. Найкращою буде альтернатива, ся середня арифметична оцінка для кожної альтернативи за формулою

$$V_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \left(\frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} \right), \quad (3.2)$$

де R_{ij} — ранг i -ї альтернативи, присвоєний j -м експертом; m — кількість альтернатив; n — кількість експертів.

Критерій вибору кращої системи: порівняльний — менше чисельне значення оцінки (рангу) відповідає кращій альтернативі. Формально дані являють собою матрицю $m \times n$ (альтернативи на оцінки експертів), а елементами цієї матриці є натуральні числа (ранги). Порядкова шкала (рядок матриці) повинна задовольняти умові рівності числа рангів M числу ранжованих альтернатив. Змістовно елементи матриці — це оцінки експертів, що відображають їхню думку про значущість певних альтернатив.

3.3. Метод парних порівнянь

У методі парних порівнянь альтернативи порівнюються попарно експертом (експертами), а потім обирається з них одна найважливіша [19]. У цьому разі експерт віддає перевагу цій альтернативі, хоча вибір не обов'язково виражатиме його перевагу. Основний елементарний акт — порівняння двох альтернатив i і j одним експертом — можна поширити на випадок, коли кілька експертів розглядають більш ніж дві альтернативи.

Результати цієї процедури можна представити у вигляді матриці $\|X_{ij}\|$ уподобань з елементами X_{ij} , рівними числу випадків, коли i -та альтернатива краща, ніж j -та. На основі цієї матриці будується матриця $\|P_{ij}\|$, що показує співвідношення випадків, коли i -та альтернатива є кращою, ніж j -та альтернатива. Елементи отриманої матриці мають ту властивість, що $P_{ij} = X_{ij}/n$, де n — кількість експертів, а також $P_{ij} + P_{ji} = 1$. Різниці між шкальними оцінками двох альтернатив можна виразити за допомогою моделі шкали:

$$S_i - S_j = Z_{ij\sigma ij}, \quad (3.3)$$

де S_i, S_j — шкальні оцінки альтернатив; $Z_{ij\sigma ij}$ — нормоване відхилення, що відповідає j (для випадків надання переваги альтернативі i альтернативі j);

Потім за таблицями нормованого нормального розподілу визначається значення Z_{ij} для величин $P'_{ij} = P_{ij} - 0,500$, і складається матриця Z основного перетворення. Конструюється така матриця, значення оцінок якої знаходяться шляхом віднімання кожного елемента j -го ряду матриці Z_{ij} з отриманої оцінки S_i . Середня величина ряду в цій матриці — це шкальна оцінка відповідної ознаки.

Критерій вибору альтернативи: порівняльний — більше чисельне значення оцінки відповідає кращій альтернативі. Формально дані являють собою матрицю $m \times n$ (альтернативи на оцінки експертів), а елементами цієї матриці є дійсні числа. Змістовно елементи матриці — це оцінки експертів, що відображають переваги кожного з n експертів за парами порівнюваних альтернатив. У загальному випадку експерт може встановити рівність альтернатив або зафіксувати свої переваги на деякій шкалі.

3.4. Метод комплексної експертної оцінки

Як видно з проведеного аналізу, існує три найчастіше використовувані на практиці методи експертних оцінок, що зумовлює невизначеність у виборі методу рішення, а отже, існує ризик ухвалення нераціонального рішення під час вибору альтернатив.

Для розв'язання завдання цієї задачі необхідно розв'язати невизначеність у виборі методу розв'язання з розглянутої сукупності, зняти суперечливість між результатами розв'язань різними методами і забезпечити тим самим стійкість отриманого рішення. Отримання оцінки за результатами розв'язання задачі вибору всіма можливими методами з розглянутих, буде більш стійким, ніж результат розв'язання кожного конкретного методу.

Тому найдоцільнішим для розв'язання цієї задачі є підхід, який полягає в такому:

- проводиться оцінка альтернатив усіма методами з розглянутих і за її результатами формується матриця «альтернативи на оцінки методами»;
- вважаючи результати розв'язків задачі оцінювання всіма методами думками висококваліфікованих експертів, для її опрацювання застосовують один із методів експертних оцінок.

Цю задачу легко можна було б розв'язати, якби був відомий найпридатніший метод експертного оцінювання для кожного випадку (кожної матриці «альтернативи на оцінювання методами») або універсальний метод, який можна застосувати в усіх випадках.

Розглянемо коротко переваги і недоліки основних методів експертних оцінок [19].

Метод безпосередньої оцінки застосовується у випадках, коли об'єкти експертизи (альтернативи) піддаються безпосередньому порівнянню, оскільки мають однакову природу, тобто у них є загальний еталон порівняння. Метод безпосередньої оцінки дає змогу врахувати ступінь переваги якоїсь однієї альтернативи стосовно інших, але під час визначення узагальненого показника ефективності помилкова оцінка експертом менш значної альтернативи за умови правильного визначення її взаємного розташування стосовно інших альтернатив може призвести до значного спотворення кінцевого результату.

Метод ранжування та його різновиди можуть застосовуватися в таких випадках:

- коли необхідно впорядкувати будь-які альтернативи в часі або просторі. Ця ситуація виникає, коли необхідно визначити

не ступінь вираженості будь-якої їхньої якості, а лише взаємне просторове або тимчасове розташування цих альтернатив;

- за необхідності впорядкувати альтернативи відповідно до якої-небудь якості, але при цьому не потрібно проводити її точне вимірювання;

- якщо якусь якість, у принципі, можна виміряти, проте зараз не можна виміряти з причин практичного або теоретичного характеру.

Під час використання методу ранжування на отримання кінцевого результату впливає правильний вибір його різновиду для конкретної ситуації. Точність і надійність процедури ранжування значною мірою залежить від кількості альтернатив. Тож, чим таких альтернатив більше, тим нижча їхня «розрізнюваність» з погляду експерта, а отже, тим менш надійно можна встановити коректний ранг альтернативи, що є суттєвим недоліком методу.

До основних недоліків методу ранжування можна також зарахувати втрату інформації про оцінювані альтернативи внаслідок упорядкування їх лише за взаємним розташуванням без урахування ступеня вираженості будь-якої їхньої якості. Тому метод ранжування рідко використовують у «чистому вигляді». Найчастіше він поєднується з іншими методами, що забезпечують чіткішу відмінність між альтернативами. Одним із них є метод безпосередньої оцінки і деякі його різновиди (ранжування за порівнянною шкалою).

Метод парних порівнянь застосовують у випадках виявлення переваг для великої кількості альтернатив та у випадках, коли відмінності між альтернативами настільки малі, що безпосереднє оцінювання або ранжування не забезпечують їхнього розумного впорядкування. Метод парного порівняння без додаткового опрацювання та низки обмежень не дає повного впорядкування альтернатив, що є його суттєвим недоліком.

Розглянуті вище три методи розв'язання (безпосередньої оцінки, ранжування і парного порівняння) мають різні якості, але приводять до близьких результатів.

Тому вибір методу «вторинного» опрацювання (ранжування або парні порівняння) пропонується здійснювати, виходячи

з таких умов [39, 40]: за числом оцінюваних альтернатив і малою відмінністю між ними. Оскільки поняття «мала відмінність» не є чіткою фізичною величиною, а її визначення потребує додаткових досліджень, то за критерій вибору передбачається брати «число оцінюваних альтернатив» (k).

Якщо кількість ранжованих альтернатив $n < k$ — метод ранжування, а за умови $n > k$ — метод парних порівнянь. Дотримуючись рекомендацій [19], k не має бути більшим за 20, а найнадійніша ця процедура, коли $k < 10$.

Експериментальна порівняльна оцінка застосування цих методів у процесі досліджень для різної кількості альтернатив підтвердила це твердження. З огляду на вищевикладене очевидно, що підвищити стійкість результату можливо за рахунок отримання комплексної оцінки за результатами розв'язання задачі вибору всіма представленими методами, якби був відомий алгоритм опрацювання таких результатів. Як такий алгоритм і пропонується використовувати розроблений МКЕО, що забезпечує ефективне розв'язання за рахунок отримання стійкого результату за сукупністю методів [41]. Сутність пропонованого методу полягає в такому [42]. Опис порівнюваних альтернатив, кожна з яких представлена вектором оцінок експертів, задається вихідною матрицею A ($m \times n$), де m — кількість порівнюваних альтернатив (рядків матриці A), n — кількість експертів (стовпців матриці A). Кожен елемент матриці A є значення оцінки альтернативи X_{ji} $j=1, m$, $i=1, n$, тобто X_{ji} — значення i -ї оцінки j -ї альтернативи. Задається деяке відображення множини оцінок альтернатив $\{X\}$:

$$\{X_{ij}\} \xrightarrow{F} \{K_{ij}\} \quad (i=1, n; j=1, m), \quad (3.4)$$

де X_{ij} — i -та оцінка j -ї альтернативи; K_{ij} — оцінка j -ї альтернативи i -м експертом.

Результатом такого відображення F є матриця $A'(m \times n)$, де m — кількість порівнюваних альтернатив (рядків матриці A'), n — кількість оцінок різними методами (стовпців матриці A'). Кожен елемент матриці A' є значення оцінки альтернативи K_{ji} ,

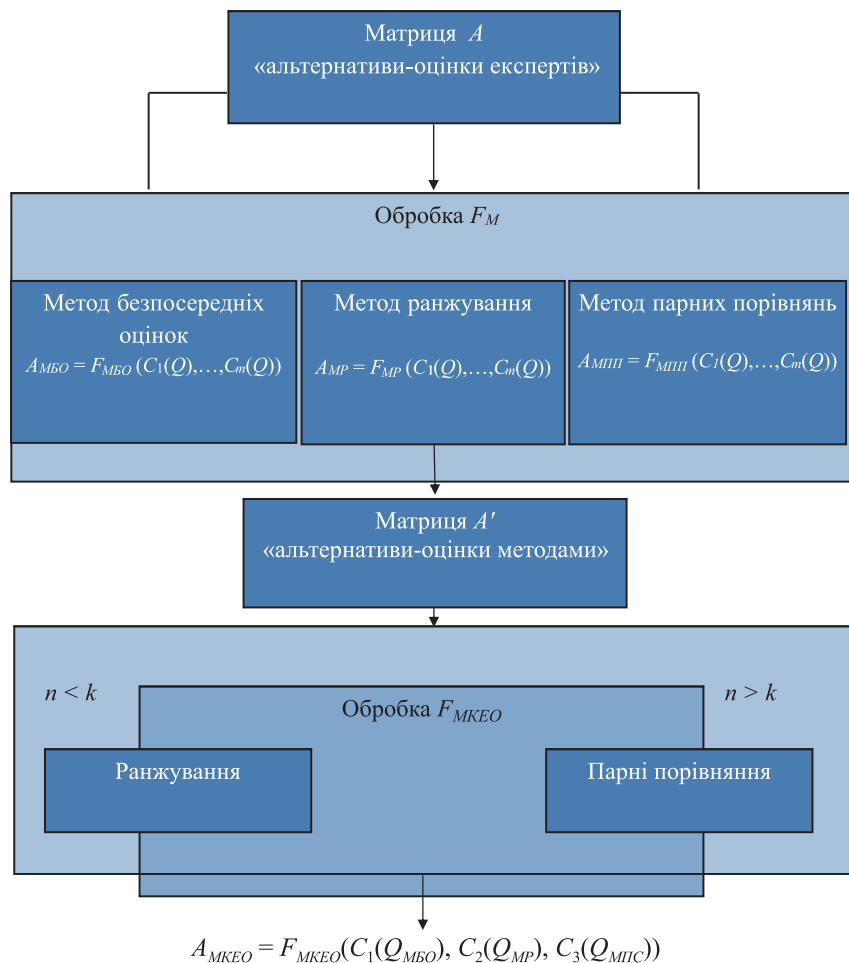


Рис. 3.1. Блок-схема методу комплексної експертної оцінки

$j = 1, m, i = 1, n$, тобто K_{ji} є значення i -ї оцінки методом j -ї альтернативи.

Для m рядків матриці A' під час розв'язання задачі вибору кожним із розглянутих методів визначається вектор дійсних невід'ємних чисел $(KO_{j1}, KO_{j2}, \dots, KO_{ji}, \dots, KO_{js})$, які складають комплексну оцінку відповідних альтернатив, $j=1, m$, де m — кількість альтернатив.

Далі, вважаючи, що оцінки кожним із методів є оцінками кваліфікованих «експертів», проводимо обробку отриманих результатів або методом ранжування, або парних порівнянь, використовуючи як критерій вибору методу «кількість альтернатив» (k): $n < k$ — метод ранжування; $n > k$ — метод парних порівнянь, де $k = 10$, знаходимо комплексну оцінку:

$$A_{\text{МКЕО}} = F_{\text{МКЕО}}(C_1(Q_{\text{МБО}}), C_2(Q_{\text{МР}}), C_3(Q_{\text{МПС}})) \quad (3.5)$$

Наведену послідовність дій представлено блок-схемою МКЕО (рис. 3.1).

Висновки до розділу 3

Проведено аналіз методів експертних оцінок, що найчастіше використовуються на практиці, їхніх переваг і недоліків з метою формування передумов для розроблення нового методу, шляхом комплексування. Розроблено МКЕО, застосування якого дає змогу знизити ризик вибору не найкращої альтернативи за рахунок комплексного використання методів експертних оцінок. Надано практичні рекомендації щодо застосування МКЕО при порівняльному аналізі альтернатив для вибору найкращої.

РОЗДІЛ 4

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ ТА ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ

Інформація завжди була необхідною для ефективного управління. Донедавна вважалося, що чим більше ми маємо інформації про об'єкт управління, тим ефективніше можна ним керувати. Згодом виявилось, що це справедливо не завжди. Дуже часто нагромадження інформації призводило до дезорієнтації управлінського персоналу, адже він не міг правильно розпорядитись цією інформацією. Тому сьогодні перед інформаційними системами (ІС) ставиться завдання їх інтелектуалізації, тобто не тільки видавати ОПР необхідну інформацію, а й здійснювати її «глибинну» переробку з тим, щоб ОПР отримував підказку від ІС, як доцільно діяти в тій чи іншій ситуації, щоб отримати найкращі результати.

Комп'ютерні системи повинні вміти більше, ніж обробляти інформацію. Вони повинні мати інтелект, щоб кваліфіковано зберігати й використовувати великі обсяги інформації й ефективно допомагати ОПР знаходити нові ефективні шляхи розв'язку проблем [43].

4.1. Інтелектуальні інформаційні системи

Інтелектуальна діяльність — це дії та розумові висновки людей у нестандартних ситуаціях, коли схема, алгоритм задачі, яка постала перед спеціалістом, апіорі невідомі.

Інтелектуальна інформаційна система (ІІС) — це система, яка заснована на знаннях та являє собою комплекс програмних, лінгвістичних і логіко-математичних засобів для реалізації основного завдання — здійснення підтримки діяльності людини

та пошуку інформації в режимі розширеного діалогу на природній мові [44].

ПС також являє собою комп'ютерну модель інтелектуальних можливостей людини в цілеспрямованому пошуку, аналізі й синтезі поточної інформації про навколишню реальність для одержання про неї нових знань і розв'язання на цій основі різних життєво важливих задач.

ПС, що засновані на базах знань і повинні вирішувати завдання, отримали назву «інтелектуальних».

Розвиток ПС на сучасному етапі йде відповідно трьома напрямками досліджень, метою яких є моделювання можливостей людини у розв'язанні інтелектуальних задач.

Перший напрям об'єктом досліджень розглядає структуру і механізми роботи мозку людини, а кінцевою метою є розкриття таємниць мислення. Необхідними етапами досліджень у цьому напрямі є побудова моделей на основі психофізіологічних даних, проведення експериментів з ними, висування нових гіпотез щодо механізмів інтелектуальної діяльності, вдосконалення раніше створених моделей тощо.

Другий напрям як об'єкт дослідження розглядає штучну інтелектуальну систему. Тут ідеться про моделювання інтелектуальної діяльності за допомогою обчислювальних машин або автоматів іншого принципу дії. Метою робіт у цьому напрямі є створення алгоритмічного й програмного забезпечення обчислювальних машин, яке дозволяє розв'язувати певні види інтелектуальних задач так само, як їх розв'язувала б людина.

Третій напрям орієнтований на створення людино-машинних, або інтерактивних, інтелектуальних систем, що являють собою симбіоз можливостей природного і штучного інтелекту. Найважливішими проблемами в цих дослідженнях є оптимальне поєднання можливостей людини і штучної системи, що моделює інтелектуальні можливості людини, та організація семантично бездоганного діалогу між людиною і такою системою [45].

У рамках кожного з напрямів існують різні підходи до побудови ПС. Ці підходи не є еволюційними етапами, вони з'явили-

ся майже одночасно (в історичному плані) і самотійно існують та розвиваються сьогодні. Більше того, ніколи не було достатніх підстав, щоб беззастережно віддати перевагу одному з них.

Практично кожна ПС, що ґрунтується на логічному підході, являє собою машину для розв'язання задач логічних висновків і доведення теорем. При цьому вихідні дані зберігаються в базі знань у вигляді аксіом і правил побудови логічного висновку як відносини між цими даними. Крім того, кожна така машина має блок генерації цілі (формулювання завдання або теореми), а система виведення (універсальний вирішувач) повинна розв'язувати дану задачу. Якщо сформульована мета досягнута, то послідовність застосованих правил утворює ланцюжок дій, які дозволяють розв'язувати будь-які задачі подібного типу.

Потужність такої системи визначається можливостями генератора цілей і можливостями універсального вирішувача. Задача може вимагати повного перебору всіх можливих варіантів рішень. Тому цей підхід потребує ефективної реалізації обчислювального процесу.

Фізичний підхід об'єднує методи моделювання інтелектуальних можливостей людини за допомогою комп'ютера і різноманітних фізичних пристроїв. Однією з перших таких спроб став перцептрон. Структурною одиницею перцептрона є комп'ютерна модель нейрона — нервової клітини. Перцептрон — математична та комп'ютерна модель сприйняття інформації мозком (кібернетична модель мозку), запропонована Френком Розенблатом у 1957 р. і реалізована у вигляді електронної машини «Марк-1» [46]. У 1960 р. перцептрон став однією із перших моделей нейромереж, а «Марк-1» — першим у світі нейрокомп'ютером. Незважаючи на свою відносну простоту, перцептрон здатний навчатися і розв'язувати досить складні задачі.

Пізніше виникли моделі, які набули популярності під терміном «нейронні мережі» [47]. Ці моделі стали основою ІІІ.

Значного поширення в останні роки набуло еволюційне моделювання. Принцип, що лежить в основі цього методу, запозичений у природи — у живих організмів і систем. У бага-

трьох літературних джерелах він визначається як відтворення процесу природної еволюції за допомогою спеціальних алгоритмів і програм.

Ще одним широко використовуваним методом цього підходу до побудови ІС є імітаційне моделювання [48–52]. Воно пов'язане з класичним для кібернетики базовим поняттям — «чорним ящиком» [53, 54]. Так називають пристрій, інформація про внутрішню структуру і зміст якого відсутні повністю, але відома матриця обов'язкової відповідності сигналів на вході в нього і сигналів на його виході. Об'єкт, поведінка якого імітується моделлю, якраз і являє собою такий «чорний ящик». У цьому випадку не важливо, що знаходиться всередині «чорного ящика» і як він функціонує, головне, щоб модель в аналогічних ситуаціях поводитися ідентично. Так можна моделювати важливу властивість людини — здатність копіювати те, що роблять інші, не замислюючись, навіщо це потрібно. Найчастіше ця здатність економить їй безліч часу, особливо на ранніх етапах його життя. Основним недоліком імітаційного підходу є низька інформаційність про спонукальні мотиви поведінки моделей, побудованих за його допомогою.

Інтелектуальний аналіз даних — напрям у галузі ІС, орієнтований на розв'язання задач підтримки прийняття рішень на основі кількісних і якісних досліджень величезних масивів різномірних даних, зокрема ретроспективних.

Системи ІІІ — це системи, здатні виконувати операції, що імітують інтелектуальні функції людини. Створення систем ІІІ — це багатоаспектне дослідження, яке потребує вирішення трьох груп проблем.

Перша група проблем пов'язана з імітацією творчої розумової діяльності людини. Сутність цього напряму полягає в розробленні комп'ютерних програм, які здатні до відтворення процедур, пов'язаних із творчими розумовими процесами.

До таких процедур можна зарахувати гру в шахи, математичні задачі тощо. Частка робіт, пов'язаних з імітацією творчих процесів у загальному обсязі робіт, що мають на меті створення систем зі ІІІ, є невеликою. Ці дослідження насамперед

цікаві з погляду психологів, а також для вироблення фундаментальних положень теорії ІІІ.

Друга група проблем пов'язана з інтелектуалізацією комп'ютерів. Інтелектуалізація комп'ютерів полягає в тому, що разом з обчислювальними операціями значна увага приділяється вмінню комп'ютерів виконувати логічні операції і розумові висновки з орієнтацією на користувачів-непрофесіоналів.

Третя група проблем присвячена створенню інтелектуальних роботів, здатних до цілеспрямованого поводження, які сприймають інформацію про зовнішнє середовище і залежно від цього виконують певні дії.

4.1.1. Класифікація інтелектуальних інформаційних систем

Залежно від своєї природи знання бувають фактуальні та операційні. Фактуальні знання — осмислені дані. Операційні знання — загальні залежності між фактами, які дозволяють інтерпретувати дані або витягати з них нову інформацію.

До головних недоліків традиційної ІС належать:

- слабка адаптованість до інформаційних потреб користувача;
- неможливість розв'язувати погано формалізовані задачі.

Перелічені недоліки усуваються в ІІС, які мають такі характерні ознаки:

- розвинені комунікативні здатності;
- вміння розв'язувати складні, погано формалізовані задачі;
- здатність до розвитку і самонавчання.

І клас: системи з інтелектуальним інтерфейсом (комунікативні здатності):

- інтелектуальні БД;
- природно-мовний інтерфейс;
- гіпертекстові системи;
- контекстні системи;
- когнітивна графіка.

Інтелектуальні БД відрізняються від звичайних можливістю вибірки за запитом інформації, яка може явно не зберігатися, а виводитися з наявної БД [55—70].

Природно-мовний інтерфейс передбачає трансляцію природно-мовних конструкцій на машинний рівень подання знань. При цьому здійснюються розпізнавання і перевірка написаних слів за словниками і синтаксичними правилами. Цей інтерфейс полегшує звернення до інтелектуальних БД, а також голосове введення команд у системи управління.

Гіпертекстові системи призначені для пошуку текстової інформації за ключовими словами в базах.

Системи контекстної допомоги — окремий випадок гіпертекстових і природно-мовних систем.

Системи когнітивної графіки дозволяють здійснювати взаємодію користувача ІС за допомогою графічних образів.

II клас: експертні системи (розв'язання складних задач):

- класифікуючі системи;
- довізнавальні системи;
- трансформуючі системи;
- багатоагентні системи.

Експертні системи (ЕС) — це ІС, призначені для розв'язання слабоформалізованих задач на основі накопиченого в базі знань досвіду роботи експертів у предметній галузі. Вона включає базу знань із набором правил і механізмом виведення й дозволяє на підставі наданих користувачем фактів розпізнати ситуацію, поставити діагноз, сформулювати рішення або дати рекомендацію для вибору дії.

Класифікуючі системи — це ЕС, які за набором заданих функцій виявляють сутність певної ситуації, залежно від якої виявляється послідовність дій відповідно до вихідних умов. Серед альтернативних рішень визначається одне рішення, яке найкращим чином задовольняє поставлені цілі й обмеження. Системи, що розв'язують задачі розпізнавання ситуацій, визначають належність ситуації, що аналізується, певному класу. Для формування розв'язків використовується метод логічного дедуктивного висновку від загального до часткового, коли шляхом підстановки вихідних даних у певну сукупність взаємозалежних загальних тверджень утворюється частковий висновок.

Довизначальні системи — це ЕС, які розв’язують задачі на основі невизначених вихідних даних і знань. У цьому випадку експертна система повинна довизначити знання, яких бракує, а у просторі рішень може виявитися декілька можливих рішень із різною ймовірністю або впевненістю в необхідності їх виконання. Як метод роботи з невизначеністю можуть використовуватися ймовірнісний підхід і нечітка логіка. Для формування рішення вони можуть використовувати декілька джерел знань. У цьому випадку використовуються різні евристичні прийоми вибору одиниці знань та їх набору, наприклад на основі використання пріоритетів.

Для аналітичних задач систем, що класифікують і довизначають характерні проблемні області:

- інтерпретація даних — вибір рішення з фіксованої множини альтернатив на базі введеної інформації про поточну ситуацію. Основне значення — визначення сутності ситуації, що аналізується, вибір гіпотез, виходячи з фактів;
- діагностика — виявлення причин, які призвели до виникнення ситуації. Потрібна попередня інтерпретація ситуації з наступною перевіркою додаткових факторів;
- корекція — діагностика, доповнена можливістю оцінки та реалізації дій.

Трансформуючі системи — це ЕС, які передбачають повторюване перетворення знань у процесі розв’язання задач, що пов’язано з характеристикою результату, яку не можна заздалегідь визначити, а також динамічністю самої проблемної області. Як методи розв’язання задач трансформуючої системи використовуються системи гіпотетичного виводу:

- генерація, тестування — коли з вихідних даних здійснюється генерація гіпотез, а потім перевірка сформованих гіпотез на підтвердження фактів, що надходять;
- припущення й умовчання — коли за вихідними даними підбираються знання на аналогічних класах, які в подальшому адаптуються до конкретної ситуації;
- використання загальних закономірностей у випадку невідомих ситуацій, які дозволяють генерувати відсутні знання.

Багатоагентні системи — це ЕС, для яких характерна інтеграція в базі знань декількох різнорідних джерел знань, що обмінюються між собою отриманими результатами на динамічній основі, наприклад, через дошку оголошень.

III клас: системи, що самонавчаються (здатність до самонавчання):

- індуктивні системи;
- нейронні мережі;
- системи, засновані на прецедентах.

Системи, що самонавчаються, — це ЕС, в основі яких лежать методи автоматичної класифікації.

Індуктивні системи — це ЕС, у яких відбувається узагальнення прикладів за принципом від часткового до загального, що зводиться до виявлення підмножин, які відносяться до одних і тих самих підкласів, і визначення для них значущих ознак. Процес класифікації здійснюється за алгоритмом:

- 1) обирається ознака класифікації;
- 2) за значенням обраної ознаки множина розбивається на підмножини;
- 3) виконується перевірка (чи належить підмножина до одного класу);
- 4) здійснюється перевірка;
- 5) для підмножини прикладів із незбігом класоутворювальної ознаки процес класифікації продовжується з п. 1.

Нейронні мережі — це ЕС, які здатні розв'язувати слабко-структуровані й погано формалізовані задачі. Ця здатність заснована на застосуванні різних методів моделювання міркувань для обробки символічної інформації. Традиційним підходом, механізмом міркування є використання дедуктивного логічного висновку на правилах, які застосовуються в системах продукційного і логічного типів. При такому підході необхідно заздалегідь сформулювати весь набір закономірностей, які описують предметну область. Альтернативний підхід ґрунтується на концепції навчання за прикладами (CBR — *cased based reasoning*). У цьому випадку не потрібно знати про всі закономірності даної системи. Проте необхідно володіти достатньою кіль-

кістю прикладів для налаштування розроблювальної адаптивної системи, яка після навчання буде здатна одержувати потрібні результати з певним ступенем достовірності. Як адаптивні системи застосовуються нейронні мережі.

Системи, засновані на прецедентах. У цих системах база знань містить не описи узагальнених ситуацій, а власне самі ситуації (прецеденти). Пошук розв'язуваної проблеми зводиться до пошуку за аналогією — абдуктивний висновок від часткового до часткового:

- одержання докладної інформації про поточну проблему;
- зіставлення отриманої інформації зі значеннями ознак прецедентів із бази знань;
- вибір прецедента з бази знань, який найбільш наближений до розглядуваної проблеми;
- у випадку необхідності виконується адаптація обраного прецедента до поточної проблеми;
- перевірка коректності кожного отриманого рішення;
- фіксування інформації про отримане рішення в базі знань.

4.1.2. Властивості інтелектуальних інформаційних систем

Основним призначенням ІС є роль «підсилювача» інтелекту людини, що дає можливість розв'язання проблеми, яка вимагає таких знань, досвіду і способу мислення, яких людина не зуміла, не вважала за потрібне або не могла придбати до того, як перед ним виникла ця проблема.

Щоб ІС типологічної категорії відповідала повною мірою таким призначенням, необхідно, щоб вона володіла такими властивостями ідеального помічника ОПР, як:

- комунікативність — різноманіття доступних способів спілкування із системою всіх категорій користувачів;
- універсальність по відношенню до множини завдань, що складають проблемну область, у межах завдань якої повинна функціонувати система;
- «вміння» навчатися на основі набутих досвіду і знань, пристосовуючись до зміни умов вирішення проблеми;

- «вміння» перебудуватися в разі зміни принципових положень (концепцій) предметної (а отже, і проблемної) області.

Комунікативні якості ІС визначаються наявністю в її структурі апаратно-програмних засобів, що забезпечують можливість будь-якому користувачеві системи спілкуватися з нею природним для нього способом. Це означає, що користувач системи не повинен «обирати вислови», звертаючись до неї з тим чи іншим завданням, а робити це у звичній і зручній для себе манері. А система повинна абсолютно точно розпізнати суть завдання і приступити до його виконання.

Якщо завдання виконано, то система повинна повідомити користувача, як було отримано рішення і чому саме воно є таким. Комунікативні функції реалізуються у вигляді уточнюючого діалогу. Для того щоб діалог був можливий під час вибору користувачем того чи іншого способу спілкування із системою (мовне звернення, запит у вигляді тексту, графічний образ), у її складі повинні бути відповідні апаратні і програмні засоби.

Апаратні засоби перетворюють аналогові сигнали в машинні цифрові коди (при введенні запиту) і цифрові коди — в аналоговий сигнал (при виведенні відповіді).

Програмні засоби здійснюють необхідну обробку інформації, представленої в запиті до системи. Обробка запиту, викладеного на природній мові (ПМ-запиту), передбачає його лінгвістичний аналіз (розпізнавання синтаксичної структури та морфології тексту запиту), семантичний аналіз ПМ-запиту (розпізнання його суті), лінгвістичну та семантичну інтерпретацію запиту в поняттях і термінах внутрішньосистемної мови опису знань і опису будь-яких відносин між поняттями. Після такого «перекладу» запиту на «свою» мову система розв'язує поставлене в запиті завдання. Цю функцію виконує комплекс програм, який реалізує алгоритми процедур і правил, що становлять процедурну компоненту ІС. Вирішивши Розв'язавши поставлену користувачем задачу, система повинна подати результати в тому вигляді, як це було зазначено в запиті на її розв'язання: у вигляді мовного повідомлення, тексту, схеми, анімації або тривимірного зображення. Для цього необхідно

перетворити результати розв'язання задачі з подання на внутрішньосистемній мові в подання на природній мові, мові графіки або анімації. Такі перетворення здійснюються спочатку програмами семантичної інтерпретації результатів рішення в поняттях і термінах природної мови, мови графіки або мови анімації, а потім програмами лінгвістичного синтезу результатів рішення (відповіді системи на запит) на природній мові користувача або мові графіки або анімації.

Універсальність системи («вміння» розв'язувати інтелектуальні задачі класу, що визначається проблемною областю) забезпечується наявністю у структурі її бази знань відповідної інформації. Як відомо, база знань системи складається з декларативних і процедурних знань. Перша компонента представлена інформаційною моделлю предметної області, до якої належить клас задач, а друга — набором логічних процедур і правил, необхідних і достатніх для розв'язання задач даного проблемного класу. Ці два компоненти, інформаційно узгоджені і сумісні, повинні забезпечувати розв'язання будь-якої типової задачі цього класу. Якщо умови певної задачі будуть вимагати знань або процедур, яких немає в базі системи, то факти (знання) й алгоритми аналізу та синтезу, які в ній є, повинні дозволити отримати їх і розв'язати задачу.

Здатність системи до навчання і самонавчання забезпечується засобами аналізу й узагальнення наявних знань і синтезу на цій основі нових знань. Такі засоби можуть бути комплексними, тобто програмно-апаратними. Програмна компонента ІС, заснована на правилах, розв'язує задачі аналізу та синтезу знань за допомогою логічних та обчислювальних алгоритмів, що реалізують методи правдоподібного виведення, або із застосуванням відомих правил розв'язання стереотипних задач.

Діалогові засоби забезпечують взаємодію користувачів із системою та організовують роботу інших блоків. Функції діалогових засобів забезпечуються базою знань, у якій міститься інформація про користувачів ІС, а також засобами лінгвістичного аналізу, лінгвістичного синтезу та засобами семантичної інтерпретації.

4.1.3. Поняття знань та відмінності їх від даних

Інформаційним об'єктом для комп'ютерної обробки в ПС є знання.

Знання — набір фактів (класів об'єктів і зв'язків між ними), що характеризують певну предметну область, процедур та правил маніпулювання фактами, а також інформацію про те, коли і як потрібно використовувати ті чи інші процедури.

Специфічними особливостями знань, які дають змогу відрізнити їх від даних, є такі:

1. Внутрішня інтерпретація. Дані, що зберігаються в базі даних (БД), одержують семантичну інтерпретацію лише після обробки їх відповідними програмами. Знання, на відміну від даних, завжди несуть у собі змістовну інформацію.

2. Наявність ситуативних зв'язків. Знання пов'язані не лише структурно. Вони відбивають закономірності щодо фактів, процесів, явищ і причинно-наслідкових відношень між ними. Ситуаційні зв'язки допомагають будувати процедури аналізу знань на сумісність, суперечливість, одночасність тощо.

3. Активність знань. Це принципова відмінність знань від даних. Знання завжди активні. Наприклад, суперечливість у знаннях є стимулом до появи нових знань. Таким самим стимулом активності є неповнота знань, яка й зумовлює необхідність їх поповнення.

4. Знання відрізняються від даних формою подання. Дані відбивають кількісні характеристики і здебільшого подаються в цифровому вигляді. Знання — це переважно якісні характеристики, які набувають вигляду текстової інформації.

Незважаючи на відмінності знань від даних, не завжди можна їх чітко розмежувати.

Якщо БД є джерелом фактографічних кількісних характеристик про певну предметну область, то база знань містить знання, які відбивають закономірності розвитку цієї предметної області і дають змогу прогнозувати й виводити за допомогою міркувань нові факти, які не належать до БД.

Знання бувають двох типів: декларативні і процедурні. Поділ знань на декларативні та процедурні суто умовний.

Декларативні (предметні) знання — це факти, тобто класи об'єктів і зв'язки між ними. Декларативні знання не містять у явному вигляді опису процедур перетворення знань. Декларативні знання — це певна множина тверджень, які не залежать від того, де і коли вони використовуються. Моделювання предметної області в такій формі потребує повного опису всіх можливих її станів. Розв'язання задачі в такій базі знань ґрунтується на пошуку, що відбувається у множині можливих станів предметної області.

Процедурні знання чи правила — набір певних процедур перетворення знань як даних. При процедурному поданні знань немає потреби зберігати інформацію про всі можливі стани предметної області, достатньо мати опис початкового стану та процедур, що генерують необхідні стани на базі початкового.

Центральним питанням при створенні бази знань ПЗ є вибір моделі подання знань про властивості сутностей ПЗ і відносини (зв'язки) між ними. Ця модель повинна визначати не тільки структуру інформації різних рівнів, а й забезпечити їх максимальну адекватність (відповідність) структурі внутрішніх операцій комп'ютера і структурі мов програмування, що використовуються для реалізації моделі. При цьому не можна залишати без уваги і таку важливу умову, як максимальну відповідність моделі ПЗ характеру (класу) задач, для розв'язання яких створюється система.

Більшість сучасних засобів (мов) опису абстрактних і конкретних знань і мов маніпулювання такими знаннями орієнтовані на створення вироблюваних конструкцій (процедур), реалізованих на комп'ютерах фон-неймановської архітектури у вигляді послідовностей елементарних операцій арифметики, алгебри числення предикатів та логіки.

Вибір способу побудови таких вироблюваних конструкцій визначає тип моделі подання знань. Подання знань у такій моделі повинно бути зрозумілим і однорідним (однаковим для будь-якої категорії відображуваних знань) у конкретному ПЗ.

Однорідність подання знань робить більш технологічним управління логічним виведенням при аналізі і синтезі інформації та управлінні знаннями (набутті знань та їх оцінці). Вимоги зрозумілості та однорідності подання знань можуть у певних випадках виявитися суперечливими. І вихід із такої ситуації може бути різним під час розв'язання простих або ускладнених задач.

У простих випадках (відносна однорідність об'єктів ПЗ і типів зв'язків між ними або відносно вузький клас розв'язуваних задач) прийнятним може виявитися нестроге (слабке) структурування знань. У складних випадках (різнорідність об'єктів, різноманіття зв'язків між ними, широкий клас розв'язуваних задач) необхідно обрати спосіб подання знань, який забезпечує їх строгу (сильну) структуризацію і, якщо вдасться, — модульну організацію моделі подання знань.

У сучасних ПС застосовуються чотири типи моделей подання знань:

- продукційна модель, або модель, що ґрунтується на правилах, дозволяє представити знання у вигляді речень виду «якщо (умова), то (дія)»;
- формально-логічна модель — інформація, необхідна для розв'язання прикладних задач, розглядається як сукупність фактів і тверджень, які подаються формулами в певній логіці. Знання відображаються сукупністю таких формул, а набуття нових знань зводиться до реалізації процедур логічного висновку;
- фреймова модель, тобто форма подання знань, в основу яких покладені фрейми, кожен з яких складається зі слотів. Фреймова форма подання знань визначається рекурсивно;
- семантико-мережева модель, у вершинах якої містяться інформаційні одиниці, а дуги характеризують відношення і зв'язки між ними.

4.2. Експертні системи

В основі будь-якої інтелектуальної діяльності перебувають процеси сприйняття, адаптації, перетворення і взаємодії з фізичним світом. Щоб зрозуміти ці процеси, вчені розробили

певну ієрархію теоретичних побудов. На нижньому рівні цієї ієрархії — теорія нейронних мереж та різноманітні алгоритми еволюціонізуючих обчислень. Тут вивчаються та вдосконалюються класичні схеми дедукції, індукції, перевірки істинності та інші шаблони логічних і математичних побудов. На більш високому рівні абстракції розробники ЕС та систем усвідомлення природної мови намагаються врахувати вплив соціальних факторів на створення, передання та підтвердження знань, адже інтелект продукується в суспільстві і виникає через взаємодію елементів суспільства (культур, особистостей).

Теорія ІІІ — це продовження традицій класичної емпіричної науки, частина загального шляху до розуміння понять знання та інтелекту. Під ІІІ найчастіше розуміють той напрям розвитку комп'ютерної науки, який займається автоматизацією розумної поведінки. Теоретичні та прикладні принципи, на які в першу чергу спирається теорія ІІІ, зводяться до:

- створення структур даних, що використовуються для подання знань;
- побудови алгоритмів застосування цих знань;
- застосування мов та методик програмування, що використовуються під час реалізації алгоритмів.

Розробників систем ІІІ найбільше хвилюють дві проблеми — представлення (чи подання) знань і пошук, тобто систематичний перегляд простору станів задачі або, іншими словами, альтернативних стадій розв'язування задачі. Принагідно зауважимо, що порівняння та оцінювання альтернатив є одним із найбільш типових завдань, що постає в діяльності експертних груп. Тому й не дивно, що розроблення та впровадження ЕС є важливою та практично значущою ділянкою застосування теорій ІІІ.

Експертне знання — це поєднання теоретичного розуміння проблеми і набору евристичних правил для її вирішення. Як показує практика, універсальних евристичних правил не існує. Вироблені на основі знань, специфічних для певної предметної галузі, ці правила є, зазвичай, ефективними у відповідних практичних галузях.

У наш час ЕС розв'язують задачі в таких галузях, як медицина, освіта, бізнес, дизайн, наукові дослідження та ін. Багато методик експертних систем, що використовуються сьогодні, тією чи іншою мірою були розроблені в рамках проекту MYCIN [71].

Програма MYCIN була розроблена у Стенфорді в середині 1970-х рр. Розробники програми одними з перших звернулися до проблеми прийняття рішень на основі ненадійної або недостатньої інформації. За допомогою специфічної для предметної сфери структури логіки управління і критеріїв для оцінки надійності своєї роботи програма ясно і логічно пояснює свої висновки.

Найчастіше ЕС призначаються для здійснення таких функцій:

- інтерпретація — формування високорівневих висновків із набору первинних даних;
- прогнозування — передбачення можливих наслідків поточної ситуації;
- діагностика — визначення причин на основі наявних симптомів;
- проектування — визначення конфігурації системи, що відповідає поставленій меті та всім проектним обмеженням;
- планування — визначення послідовності дій для досягнення мети за заданих початкових умов та часових обмежень;
- моніторинг — порівняння спостережуваної поведінки системи з очікуваною;
- управління поведінкою складного середовища.

Важливо відзначити, що більшість ЕС були створені для вирішення тих завдань, для яких чітко визначено ефективність стратегії прийняття рішень. Завдання, що характеризуються нечіткою основою «здорового глузду», засобами експертних технологій розв'язати набагато важче.

Основними проблемами, які при цьому виникають, є такі:

- нездатність надавати осмислені пояснення;
- труднощі під час тестування;
- неможливість самовдосконалення та самонавчання;
- недостатні гнучкість та адаптивність до змін.

Створення ефективної ЕС вимагає суттєвих грошових інвестицій та людських ресурсів. Тому перед ухваленням рішення про доцільність побудови ЕС для вирішення поставлених завдань потрібно керуватися такими критеріями [72]:

- наявність у галузі застосування великого потенціалу для економії фінансів, часу та захисту здоров'я й життя людей;
- відсутність людського досвіду в ситуаціях, у яких він є обов'язковим;
- проблему можна формалізувати хоча б до рівня використання символічних міркувань;
- проблемна область є добре структурована і не вимагає роздумів на основі «здорового глузду»;
- проблему не можна розв'язати традиційними кількісними методами;
- можливість залучення експертів, які здатні чітко передати свої знання і взаємодіяти з розробниками ЕС;
- проблема має прийнятні розміри і межі застосування.

До розроблення ЕС залучають фахівців, що подають знання, експертів у цій предметній сфері і користувачів. Фахівець має бути експертом з мови ШІ і подання знань за допомогою символічних представлень. Його головне завдання — вибрати програмні та апаратні інструменти, допомогти експерту чітко сформулювати потрібну інформацію, а також реалізувати її в конкретній базі знань.

Експертами потрібно запрошувати людей, які працювали в галузі розроблення ЕС, розуміють основні принципи виконання типових завдань, знають відповідні методи, можуть забезпечити управління неточними даними та оцінити часткові випадки. Експерт відповідає за те, щоб якомога повніше й точніше передати свої знання і навички фахівцю.

У більшості випадків основні вимоги до ЕС та проєктні обмеження визначає кінцевий користувач (ОПР). Розроблення системи продовжують до того часу, поки вимоги користувача не будуть виконані. Навички та потреби користувача враховуються впродовж усього циклу розроблення. Зокрема, постійно відстежуються такі основні питання:

1. Чи дозволяє програма полегшити роботу користувача, зробити її зручнішою та продуктивнішою?
2. Який рівень пояснень від ЕС потрібен користувачу?
3. Чи може користувач у процесі роботи ЕС постійно надавати їй коректну інформацію?
4. Чи відповідає середовище, у якому працює ЕС, обмеженням на застосування програми?
5. Чи є зручним та адекватним інтерфейс користувача?

Зауважимо, що кількість фахівців, експертів, користувачів, які залучаються до створення ЕС, залежить від таких основних факторів:

- широта предметної галузі;
- масштаб поставлених завдань;
- часові обмеження на створення;
- вимоги до надійності;
- обсяги фінансування;

ЕС, як і більшість розробок із використанням ШІ, потребують нетрадиційного циклу розроблення, що характеризується швидким створенням прототипів та їх постійними модифікаціями і вдосконаленням. Робота зі створення ЕС розпочинається з опису фахівцем процесів, що відбуваються в досліджуваній предметній галузі. Цьому допомагає взаємодія з експертом у цій галузі. Вони мають вибрати способи подання знань (наприклад, правила), визначити стратегії пошуку оптимальних варіантів рішень, розробити користувацький інтерфейс. Виконання цих обов'язкових дій дозволяє створити прототип ЕС.

Після створення прототипу фахівці та експерти здійснюють випробування, уточнюють базу знань та програмні кроки шляхом розв'язування конкретних задач та усунення недоліків і дефектів. Якщо рішення, що були закладені під час створення прототипу, виявляються коректними, прототип можна поступово розширювати, поки він не перетвориться у повноцінну ЕС.

ЕС будуються за допомогою методів послідовних наближень до деякого «ідеального» варіанта. Знайдені помилки спонукають до коригування програми та нарощування бази знань,

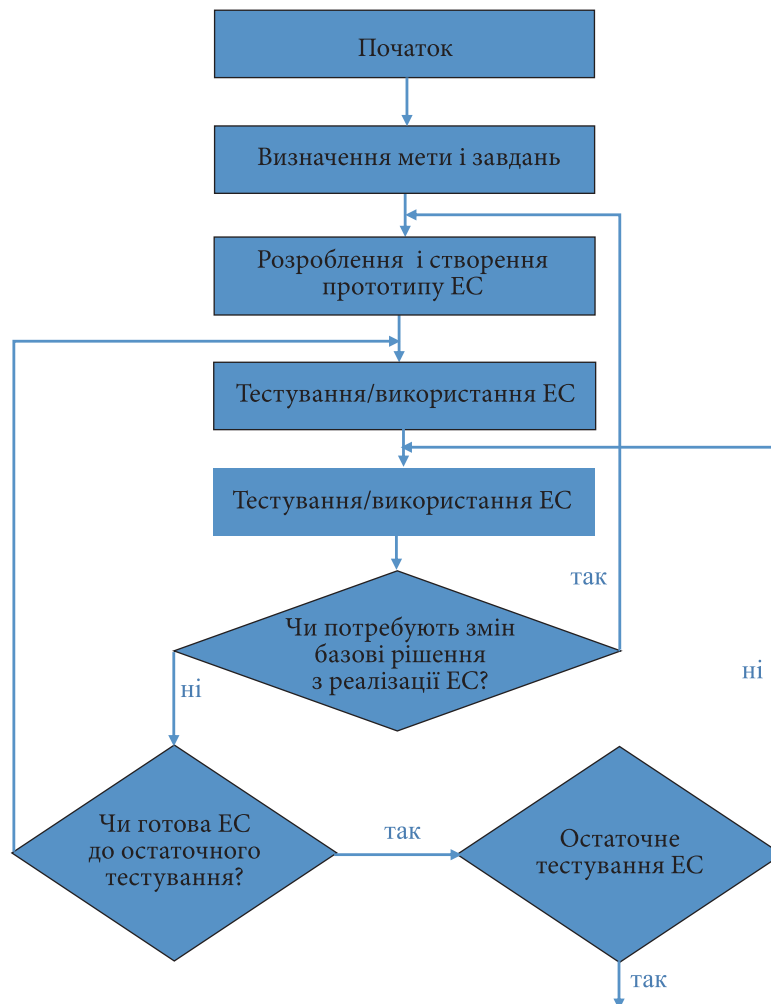


Рис. 4.1. Блок-схема алгоритму розроблення ЕС

що закладена в основу ЕС. На рисунку 4.1 наведено блок-схему алгоритму створення ЕС.

Важливою особливістю ЕС є те, що вони ніколи не мають розглядатись як завершені. Евристична база знань завжди буде мати обмежені можливості. Динамічність розглянутої моделі дозволяє додавати нові правила або коригувати поточні алгоритми.

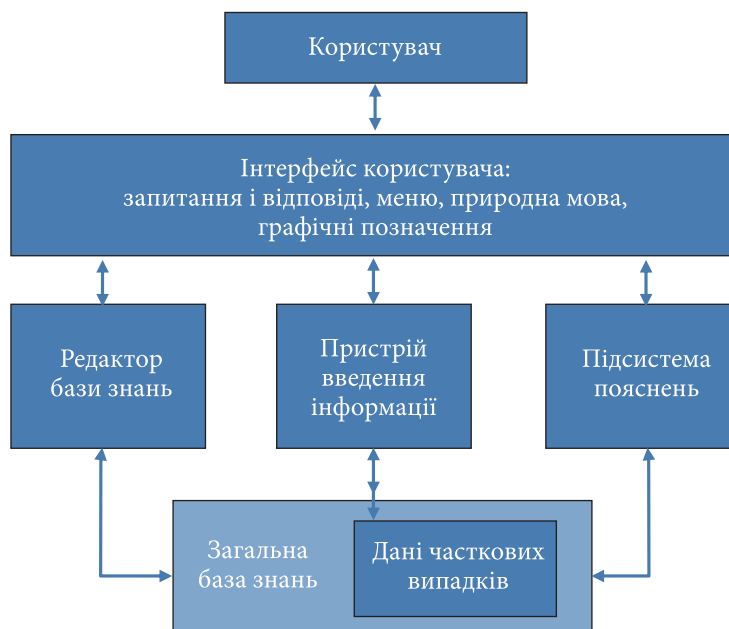


Рис. 4.2. Архітектура типової ЕС

Застосування описаної вище технології має привести до створення такої ЕС (рис. 4.2), яка:

- 1) відстежує свої «процеси міркувань», виводить проміжні результати і відповідає на ключові запитання, що стосуються процесу виконання завдання;
- 2) ефективно використовує евристичні побудови;
- 3) дозволяє модифікувати базу знань (додавати та видаляти основну інформацію).

4.3. Системи підтримки прийняття рішень

Теоретичні дослідження у сфері розроблення систем підтримки прийняття рішень (СППР) почалися в технологічному інституті Карнегі наприкінці 50-х — на початку 60-х рр. XX ст. Концепція СППР виникла разом з ідеєю розподіленого комп'ютерного обчислення. Об'єднати теорію з практикою вдалося фахівцям Массачусетського технологічного інституту [73].

Використовувати термін DSS (Decision Support Systems) запропонували Гаррі (G. Anthony Gerry) і Мортон (Michael S. Scott Morton) — професори Массачусетського технологічного інституту. Вони займалися створенням комп'ютерних додатків для підтримки управлінських рішень і розробили класифікаційну таблицю, яка називається сіткою Гаррі та Мортон [73].

Сітка має дві частини — верхню і нижню і таким чином розділяє завдання, які можна було на той час успішно розв'язувати за допомогою комп'ютера, і завдання, для розв'язання яких комп'ютерної підтримки ще не було. Верхню частину назвали «структуровані системи рішень» (Structured Decision Systems — SDS), а нижню частину — «системи підтримки прийняття рішень» (DSS).

Сітка Гаррі та Мортон базується як на принципах американського вченого в галузі соціальних, політичних та економічних наук Г. Саймона [74] щодо програмованих і непрограмованих рішень, так і на принципах рівнів управління теоретика в галузі управління Антоні (Roberi N. Anthony) [75]. Згідно з цією класифікацією всі завдання ухвалення рішень в організаційному управлінні поділяються на три класи.

Перший клас становлять добре структуровані (повністю формалізовані, кількісно сформульовані) задачі, у яких суттєві залежності визначено настільки повно, що їх можна виразити в числах чи символах, а тому їх досить легко стандартизувати й програмувати.

Другий клас — це слабкоструктуровані задачі, які мають як кількісні, так і якісні елементи, причому маловідомі та невизначені акценти задач мають переважну тенденцію. Для таких задач характерною рисою є відсутність методів розв'язання на основі безпосередніх перетворень даних. Постановка задач вимагає прийняття рішень в умовах неповної інформації. До особливостей слабкоструктурованих завдань можна віднести такі:

- прийняті рішення стосуються майбутнього;
- має місце широкий діапазон альтернатив;
- рішення залежить від недостатньої повноти поточних технологічних досягнень;

- запропоновані рішення вимагають залучення великих ресурсів і пов'язані з елементами ризику;
- не повністю визначено вимоги щодо вартості та часу розв'язання задачі;
- задача складна внаслідок необхідності комбінувати різні ресурси для її розв'язання.

Найважливіша особливість слабкоструктурованих задач полягає в тому, що їх концептуальна модель може бути створена тільки на основі додаткової інформації, що надходить від особи, яка бере участь у розв'язанні задачі. Тому такі моделі не можуть бути об'єктивними, неупередженими. Ця обставина — причина невдалих застосувань «класичних» математичних моделей для дослідження слабкоструктурованих задач, а також стимул для розроблення інструментальних засобів підтримки прийняття рішень.

Третій клас становлять реструктуровані (неформалізовані, якісно виражені) задачі, для яких описано лише найважливіші ресурси, ознаки та характеристики, а кількісні залежності між ними невідомі. Розв'язання таких задач передбачає використання неформалізованих процедур, які ґрунтуються на неструктурованій, з високим рівнем невизначеності інформації. До числа таких задач можна віднести більшу частину задач прогнозування, перспективного планування, організаційного перетворення. Більшість неструктурованих задач розв'язують за допомогою евристичних методів, у яких немає впорядкованої логічної процедури пошуку розв'язання, а сам метод повністю залежить від особистісних характеристик ОПР (обізнаності, кваліфікації, таланту, інтуїції тощо).

Гаррі та Мортон описали типи рішень щодо структурованих, слабкоструктурованих і неструктурованих задач, а також у розрізі функцій управління: стратегічного планування, адміністративного управління та операційного контролю.

Нині не існує загальноприйнятого визначення СППР. Відштовхуючись від початкової концепції Гаррі і Мортон, можна дати таке визначення СППР:

СППР — комп'ютерна автоматизована інтерактивна система, метою якої є допомога ОПР у складних умовах розв'язання

слабкоструктурованих і неструктурованих задач для повного й об'єктивного аналізу предметної діяльності [77, 78].

Як уже згадувалося вище, СППР виникла в результаті злиття управлінських ІС і систем управління базою даних (СУБД) [79]. СППР призначена для підтримки багатокритеріальних рішень у складному інформаційному середовищі. При цьому під багатокритеріальністю розуміють той факт, що результати прийнятих рішень оцінюють не за одним, а за сукупністю багатьох показників (критеріїв), які розглядають одночасно. Інформаційна складність визначається необхідністю врахування великого обсягу даних, обробка яких без допомоги сучасної обчислювальної техніки практично нездійсненна. У цих умовах кількість можливих рішень, як правило, досить велика, і вибір найкращого з них без всебічного аналізу може призводити до серйозних помилок [80].

СППР вирішує два основні завдання:

- вибір найкращого рішення з безлічі можливих;
- упорядкування можливих рішень за перевагою.

В обох завданнях першим і найпринциповішим моментом є вибір сукупності критеріїв, на основі яких надалі оцінюватимуть і зіставлятимуть можливі рішення (називатимемо їх альтернативами). СППР допомагає користувачеві зробити такий вибір [81].

Для аналізу та вироблення пропозицій у СППР використовують різні методи [82]. Це можуть бути:

- інформаційний пошук;
- інтелектуальний аналіз даних;
- пошук знань у БД;
- міркування на основі прецедентів;
- імітаційне моделювання;
- еволюційні обчислення та генетичні алгоритми;
- нейронні мережі;
- ситуаційний аналіз;
- сценарний аналіз;
- когнітивне моделювання тощо.

Деякі із цих методів були розроблені в рамках ІІІ. Якщо в основі роботи СППР лежать методи ІІІ, то говорять про інтелектуальну СППР, або ІСППР [83].

Таким чином, СППР є комплексом програмно-апаратних інструментальних засобів для аналізу даних, моделювання, прогнозування та ухвалення управлінських рішень, який складається з власних розробок і програмних продуктів та апаратних засобів, що купуються.

4.3.1. Класифікації систем підтримки прийняття рішень

Для СППР відсутнє не тільки єдине загальноприйняте визначення, а й вичерпна класифікація. Різні автори пропонують різні класифікації [84].

За взаємодією з користувачем виділяють три види СППР:

- пасивні, які допомагають у процесі прийняття рішень, але не можуть висунути конкретної пропозиції;
- активні, які прямо беруть участь у розробленні правильного рішення;
- кооперативні, які передбачають взаємодію СППР із користувачем.

Висунуту системою пропозицію користувач може доопрацювати, удосконалити, а потім відправити назад у систему для перевірки. Після цього пропозицію знову представляють користувачеві, і так доти, доки він не схвалить рішення.

За способом підтримки розрізняють:

- модельно-орієнтовані СППР, які використовують у роботі доступ до статистичних, фінансових або інших моделей;
- СППР, засновані на комунікаціях, що підтримують роботу двох і більше користувачів, які займаються спільним завданням;
- СППР, орієнтовані на дані, мають доступ до часових рядів організації. Вони використовують у роботі не тільки внутрішні, а й зовнішні дані;
- СППР, орієнтовані на документи, маніпулюють неструктурованою інформацією, укладеною в різних електронних форматах;
- СППР, орієнтовані на знання, надають спеціалізовані рішення проблем, засновані на фактах.

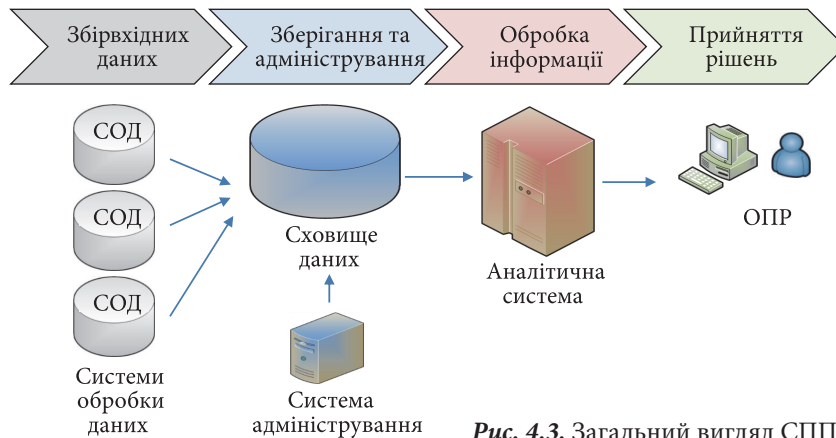


Рис. 4.3. Загальний вигляд СППР

За сферою використання виділяють:

- загальносистемні СППР;
- настільні СППР.

Загальносистемні працюють із великими системами зберігання даних і застосовуються багатьма користувачами. Настільні є невеликими системами і підходять для управління з персонального комп'ютера одного користувача. Архітектура СППР представляється різними авторами по-різному [85—88]. Наприклад, Marakas (1999) запропонував узагальнену архітектуру, що складається з п'яти різних частин [89]:

- 1) система управління даними (the data base management system — DBMS);
- 2) система управління моделями (the model base management system — MBMS);
- 3) машина знань (the knowledge engine — KE);
- 4) інтерфейс користувача (the user interface);
- 5) користувачі (the user(s)).

У загальному вигляді СППР можна представити таким чином (рис. 4.3):

4.3.2. Архітектури систем підтримки прийняття рішень

Дослідники та фахівці виділяють чотири основні види архітектур СППР.

Функціональні СППР. Є найпростішими з погляду архітектури. Вони поширені в організаціях, які не ставлять перед собою глобальних завдань і мають невисокий рівень розвитку інформаційних технологій. Відмінною особливістю функціональних СППР є те, що аналізу піддаються дані, що містяться в операційних системах. Перевагами таких СППР є компактність через використання однієї платформи та оперативність у зв'язку з відсутністю необхідності перевантажувати дані в спеціалізовану систему. З недоліків можна відзначити такі: звуження кола питань, розв'язуваних за допомогою системи; зниження якості даних через відсутність етапу їх очищення; збільшення навантаження на операційну систему з потенційною можливістю припинення її роботи.

СППР, що використовують незалежні вітрини даних. Застосовуються у великих організаціях, що мають кілька підрозділів, зокрема відділи інформаційних технологій. Кожна конкретна вітрина даних створюється для вирішення певних завдань й орієнтована на окреме коло користувачів. Це значно підвищує продуктивність системи. Впровадження подібних структур досить просте. З негативних моментів можна відзначити те, що дані багаторазово вводяться в різні вітрини, тому можуть дублюватися. Це підвищує витрати на зберігання інформації та ускладнює процедуру уніфікації. Наповнення вітрин даних досить складне у зв'язку з тим, що доводиться використовувати численні джерела. Відсутня єдина картина бізнесу організації внаслідок того, що немає остаточної консолідації даних.

СППР на основі дворівневого сховища даних. Використовується у великих компаніях, дані яких консолідовані в єдину систему. Визначення та способи обробки інформації в цьому разі уніфіковані. На забезпечення нормальної роботи подібної СППР потрібно виділити спеціалізовану команду, яка буде її обслуговувати. Така архітектура СППР позбавлена недоліків попе-

редньої архітектури, але в ній немає можливості структурувати дані для окремих груп користувачів, а також обмежувати доступ до інформації. Можуть виникнути труднощі з продуктивністю системи.

СППР на основі трирівневого сховища даних. Такі СППР застосовують сховище даних, з якого формуються вітрини даних, що використовуються групами користувачів, які розв'язують подібні задачі. Таким чином, забезпечується доступ як до конкретних структурованих даних, так і до єдиної консолідованої інформації. Наповнення вітрин даних спрощується завдяки використанню перевірених й очищених даних, що перебувають у єдиному джерелі. Є корпоративна модель даних. Такі СППР відрізняє гарантована продуктивність. Але існує надмірність даних, яка веде до зростання вимог щодо їхнього зберігання, та необхідність узгодження подібної архітектури з безліччю інших систем, що мають потенційно різні запити.

4.3.3. Складові систем підтримки прийняття рішень

СППР складається з двох основних частин: сховищ даних та аналітичних засобів. Сховище даних надає єдине середовище зберігання корпоративних даних, організованих у структурах, оптимізованих для виконання аналітичних операцій. Аналітичні засоби дають змогу кінцевому користувачеві, який не має спеціальних знань у сфері ІТ, здійснювати навігацію та представлення даних у термінах предметної області. Для користувачів різної кваліфікації СППР мають у своєму розпорядженні різні типи інтерфейсів доступу до своїх сервісів.

До складу СППР входять три основні компоненти:

- БД;
- база моделей (БМ);
- програмна підсистема, що складається із СУБД, системи управління базою моделей (СУБМ) і системи управління інтерфейсом між користувачем і комп'ютером.

БД відіграє в інформаційній технології підтримки прийняття рішень важливу роль. Часто використовують термін «схо-

вище даних», що являє собою банк даних певної структури, який містить інформацію про задачу, що потребує ухвалення рішення в історичному контексті. Головне призначення сховища — забезпечувати швидке виконання аналітичних запитів. На рисунку 4.4 наведено структуру СППР та її складові, що забезпечують основні технологічні операції [90,91].

Головні переваги використання сховищ даних:

1. *Єдине джерело інформації.* ОПР отримує вивірене єдине інформаційне середовище, на якому будуватимуться всі довідково-аналітичні додатки в тій предметній області, за якою побудовано сховище. Це середовище матиме єдиний інтерфейс, уніфіковані структури зберігання, загальні довідники та інші корпоративні стандарти, що полегшує створення і підтримку аналітичних систем. Також під час проектування інформаційного сховища даних особливу увагу приділяють достовірності інформації, яка потрапляє в сховище.

2. *Продуктивність.* Фізичні структури сховища даних спеціальним чином оптимізовані для виконання абсолютно довільних вибірок, що дає змогу будувати справді швидкі системи запитів.

3. *Швидкість розроблення.* Специфічна логічна організація сховища та наявне спеціалізоване ПЗ дають змогу створювати аналітичні системи з мінімальними витратами на програмування.

4. *Інтегрованість.* Інтеграцію даних із різних джерел уже зроблено, тому не треба щоразу здійснювати з'єднання даних для запитів, які потребують інформації з кількох джерел. Під інтеграцією розуміють не тільки спільне фізичне зберігання даних, а й їхнє предметне узгоджене об'єднання; очищення і вивіряння під час їхнього формування; дотримання технологічних особливостей тощо.

5. *Історичність і стабільність.* Системи опрацювання оперативних даних оперують з актуальними даними, термін застосування і зберігання яких зазвичай не перевищує величини поточного періоду (пів року — року), тоді як інформаційне сховище даних націлене на довготривале зберігання інформації протягом 10—15 років. Стабільність означає, що фактична ін-

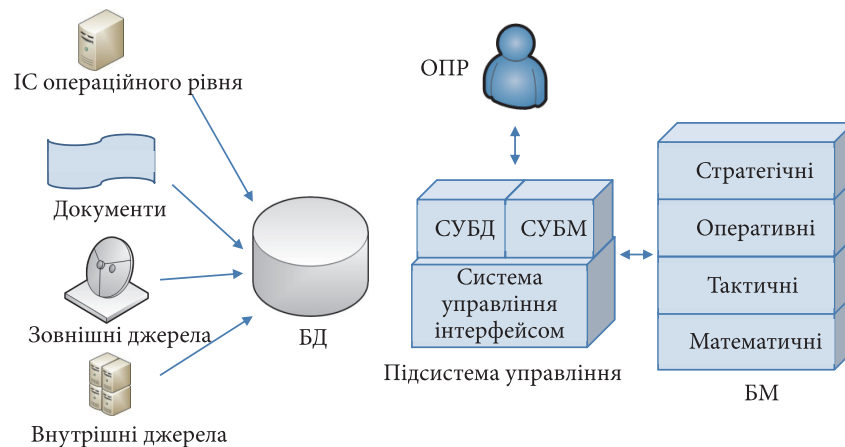


Рис. 4.4. Основні компоненти СППР

формація у сховищі даних не оновлюється і не видаляється, а лише спеціальним чином адаптується до змін атрибутів. Таким чином, з'являється можливість здійснювати історичний аналіз інформації.

6. *Незалежність*. Виокремленість інформаційного сховища істотно знижує навантаження на системи обробки оперативних даних із боку аналітичних додатків, тим самим продуктивність наявних систем не погіршується, а на практиці відбувається зменшення часу відгуку та поліпшення доступності систем.

Дані з БД можуть використовуватися безпосередньо користувачем для розрахунків за допомогою математичних моделей. Розглянемо джерела даних та їхні особливості.

1. Частина даних надходить від ІС операційного рівня. Щоб використовувати їх ефективно, ці дані мають бути попередньо оброблені. Для цього є дві можливості:

- використовувати для обробки дані про конкретні операції та зміни показників СУБД, що входить до складу СППР;
- зробити обробку за межами СППР, створивши для цього спеціальну БД. Цей варіант кращий для завдань, у яких потрібно обробляти велику кількість різномірних змін за короткі інтервали часу. Оброблені дані про операції утворюють файли,

які для підвищення надійності та швидкості доступу зберігаються за межами СППР.

2. Крім даних про зовнішні зміни для функціонування СППР потрібні й інші внутрішні дані про об'єкт управління.

3. Велике значення, особливо для підтримки ухвалення рішень на верхніх рівнях управління, мають дані із зовнішніх джерел вищого рівня. На відміну від внутрішніх даних зовнішні дані зазвичай купують в організацій, що спеціалізуються на їх збиранні.

4. Нині широко досліджується питання про включення в БД ще одного джерела даних — документів. Якщо зміст цих документів буде записано в пам'яті і потім оброблено за деякими ключовими характеристиками, то система отримає нове потужне джерело інформації.

СУБД повинна мати такі можливості:

- складання комбінацій даних, одержуваних із різних джерел за допомогою використання процедур агрегування та фільтрації;
- швидке додавання або виключення того чи іншого джерела даних;
- побудова логічної структури даних у термінах користувача;
- використання і маніпулювання неофіційними даними для експериментальної перевірки робочих альтернатив користувача;
- забезпечення повної логічної незалежності цієї БД від інших операційних БД, що функціонують у межах підприємства.

База моделей. Метою створення моделей є опис та оптимізація деякого об'єкта або процесу. Використання моделей забезпечує проведення аналізу в СППР. Моделі, базуючись на математичній інтерпретації проблеми, за допомогою певних алгоритмів сприяють знаходженню інформації, корисної для прийняття правильних рішень.

Існує безліч типів моделей і способів їхньої класифікації, наприклад, за метою використання, сферою можливих застосувань, способом оцінки змінних тощо. За метою використання моделі поділяють на оптимізаційні, пов'язані зі знаходженням точок мінімуму або максимуму деяких показників, і описові, що описують поведінку деякої системи і не призначені для цілей управління (оптимізації). За способом оцінки моделі класифіку-

ють на детерміністські, що використовують оцінку змінних одним числом за конкретних значень вихідних даних, і стохастичні, що оцінюють змінні кількома параметрами, оскільки вихідні дані задано ймовірнісними характеристиками.

Детерміністські моделі популярніші, ніж стохастичні, тому що вони менш дорогі, їх легше будувати і використовувати. До того ж часто з їхньою допомогою отримують цілком достатню інформацію для ухвалення рішення.

За галуззю можливих застосувань моделі підрозділяють на спеціалізовані, призначені для використання тільки однією системою, і універсальні — для використання кількома системами. Спеціалізовані моделі дорожчі, вони зазвичай застосовуються для опису унікальних систем і мають більшу точність.

У СППР БМ складається зі стратегічних, тактичних і оперативних моделей, а також математичних моделей у вигляді сукупності модельних блоків, модулів і процедур, які використовуються як елементи для їхньої побудови.

СУБМ має володіти такими можливостями: створювати нові моделі або змінювати наявні, підтримувати й оновлювати параметри моделей, маніпулювати моделями.

Система управління інтерфейсом. Ефективність і гнучкість інформаційної технології багато в чому залежать від характеристик інтерфейсу СППР. Інтерфейс визначає: мову користувача; мову повідомлень комп'ютера, що організовує діалог на екрані дисплея; знання користувача.

Мова користувача — це ті дії, які користувач виконує відносно системи шляхом використання можливостей клавіатури; електронних олівців, які пишуть на екрані; джойстика; «миші»; команд, що подаються голосом, тощо. Найпростішою формою мови користувача є створення форм вхідних і вихідних документів. Отримавши вхідну форму (документ), користувач заповнює його необхідними даними і вводить у комп'ютер. СППР проводить необхідний аналіз і видає результати у вигляді вихідного документа встановленої форми.

Значно зросла за останній час популярність візуального інтерфейсу. За допомогою маніпулятора «миша» користувач оби-

рає представлені йому на екрані у формі картинок об'єкти і команди, реалізуючи таким чином свої дії.

Керування комп'ютером за допомогою людського голосу — найпростіша і тому найбажаніша форма мови користувача. Вона ще недостатньо розроблена, тому малопопулярна. Наявні розробки вимагають від користувача серйозних обмежень: певного набору слів і виразів; спеціальної надбудови, що враховує особливості голосу користувача; управління у вигляді дискретних команд, а не у вигляді звичайної гладкої мови. Технологія цього підходу інтенсивно вдосконалюється. У найближчому майбутньому можна очікувати появи СППР, що використовують мовне введення інформації.

Мова повідомлень — це те, що користувач бачить на екрані дисплея (символи, графіка, колір), дані, отримані на принтері, звукові вихідні сигнали тощо. Важливим вимірником ефективності використовуваного інтерфейсу є обрана форма діалогу між користувачем і системою. Нині найпоширенішими є такі форми діалогу: режим запиту-відповіді, командний режим, режим меню, режим заповнення пропусків у виразах, пропонування комп'ютером. Кожна форма залежно від типу завдання, особливостей користувача і прийнятого рішення може мати свої переваги і недоліки.

Тривалий час єдиною реалізацією мови повідомлень був видрукуваний або виведений на екран дисплея звіт чи повідомлення. Тепер з'явилася нова можливість подання вихідних даних — машинна графіка. Вона дає можливість створювати на екрані та папері кольорові графічні зображення в тривимірному вигляді. Використання машинної графіки, що значно підвищує наочність та інтерпретованість вихідних даних, стає дедалі популярнішим в інформаційній технології підтримки прийняття рішень.

Знання користувача — це те, що користувач має знати, працюючи із системою. До них належать не тільки план дій, що міститься в голові в користувача, а й підручники, інструкції, довідкові дані, що видаються комп'ютером. Удосконалення інтерфейсу СППР визначається успіхами в розвитку кожного з трьох

зазначених компонентів. Інтерфейс має володіти такими можливостями:

- маніпулювати різними формами діалогу, змінюючи їх у процесі ухвалення рішення за вибором користувача;
- передавати дані системі різними способами;
- отримувати дані від різних пристроїв системи в різному форматі;
- гнучко підтримувати (уточнювати, підказувати) знання дослідника.

Висновки до розділу 4

Розділ присвячено ІС, що використовуються в управлінні та прийнятті рішень, зокрема ІС, ЕС і СППР. Викладено загальні аспекти розроблення ІС та наведено їх класифікацію. Описано властивості та можливості ІС, поняття знань і моделі їх подання, а також ЕС, їхні особливості та відмінності. Наведено алгоритм розроблення ЕС та архітектуру типової ЕС. Розглянуто ретроспективу виникнення СППР та їхні особливості. Наведено класифікацію СППР, описано архітектуру та структуру.

Застосування описаних у даному розділі ІС дає можливість автоматизувати процеси управління і прийняття рішень, а отже, підвищити їхню ефективність.

РОЗДІЛ 5

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

5.1. Автоматизовані системи експертного оцінювання

Проникнення комп'ютеризації у сферу вироблення та прийняття управлінських рішень різних рівнів дало змогу переосмислити методи і принципи організації інтелектуальної діяльності людини у сфері управління. Автоматизація процесів вироблення, прийняття, контролю за ходом реалізації управлінських рішень уможливила створення потужного інструментарію для підвищення якості прийняття рішень. Створюються системи, що дають змогу автоматизувати різні аспекти управлінської діяльності, зокрема ЕС та СППР, які ми вже розглядали досить докладно.

ЕС призначені переважно для використання фахівцями середнього професійного рівня. Досвід і знання висококваліфікованих спеціалістів та правила логічного виведення дають змогу виробляти для спеціалістів середнього професійного рівня добрі рекомендації, діагностувати ситуацію.

СППР орієнтовані на використання ОПР, які також не зобов'язані бути висококваліфікованими фахівцями в галузі, якою їм доводиться керувати, але вони повинні бути висококваліфікованими управлінцями. Хоча хороше знання управлінцем предметної області зайвим не буде.

Однак не автоматизованим залишається один з основних учасників вироблення управлінських рішень — висококваліфікований фахівець-експерт, діяльність якого також має бути систематизована, організована, інформаційно забезпечена. Адже саме експертні судження справляють значний вплив на якість прийнятих рішень.

Тому вельми актуальною є проблема розвитку третього напрямку автоматизації управлінської діяльності — створення АСЕО. АСЕО призначені для підвищення ефективності використання висококваліфікованих фахівців як експертів під час вироблення управлінських рішень.

Основне завдання, що стоїть перед АСЕО, — це розв’язання складних управлінських проблем на основі надійної, професійно отриманої та коректно обробленої експертної інформації.

Основні особливості АСЕО, що відрізняють її від експертних систем і СППР, такі:

1. АСЕО — складна багаторівнева система, що дає змогу організувати проведення експертизи, починаючи від формування цілей і конкретного змісту й закінчуючи визначенням результату експертизи та його аналізом. В АСЕО під час організації та проведення експертизи передбачається взаємодія експертів, аналітичної групи, операторів. Тому обов’язковим елементом АСЕО є технологічний граф організації та проведення експертизи, у якому визначається послідовність експертних процедур. У ньому також визначаються процедури інформаційного забезпечення, обробки та аналізу результатів експертизи, а також регламентована діяльність у процесі проведення експертизи експертів, аналітичної групи, операторів.

2. АСЕО дають змогу здійснювати досить повну різнобічну оцінку об’єктів експертизи за допомогою висококваліфікованих фахівців. Процес експертного оцінювання має бути інформаційно забезпечений. Тому АСЕО обов’язково мають бути забезпечені БД, у яких міститься вся необхідна експертам і організаторам експертизи інформація про об’єкти експертизи.

3. В АСЕО має бути передбачено оцінку якості експерта, як апріорну, так і апостеріорну, одержувану на підставі оцінки результатів участі експерта в проведених раніше експертизах.

Одним зі способів оцінювання якості експерта може бути розрахунок його рейтингу з використанням оціночних підсистем. Рейтинг експерта може як слугувати підставою для запрошення фахівця до складу експертної комісії, так і враховуватися під час визначення розмірів оплати його праці.

4. В АСЕО для кожного експерта передбачається оцінка ступеня його професійного знання кожного з об'єктів експертизи.

АСЕО дають змогу уникнути досить поширеної помилки, коли експерт змушений оцінювати не тільки об'єкти, з якими він знайомий фахово, а й об'єкти, з якими він із тих чи інших причин знайомий недостатньо. В АСЕО експерту надається можливість сформувати перелік об'єктів, які він спроможний професійно оцінити в процесі експертизи.

Під час формування переліку об'єктів для оцінювання кожним експертом можуть враховуватися й такі фактори, як недовідомість оцінювання експертом об'єктів, які належать організації, у якій він працює, або виконані за його безпосередньої участі, або в позитивній (негативній) оцінці яких він може бути зацікавлений.

5. АСЕО забезпечують можливість досить гнучкого оцінювання об'єктів експертизи. Наприклад, для оцінки ефективності діяльності організації загалом використовують одні критерії, для окремого її підрозділу — інші. Для оцінювання ефективності фахівців різних профілів — співробітників організації також потрібні різні оціночні підсистеми. Тому в АСЕО передбачається як обов'язковий елемент наявність розвиненої оціночної підсистеми з можливістю її налаштування під час оцінювання того чи іншого конкретного об'єкта експертизи. Оціночна система включає набір критеріїв, інформацію про їхню порівняльну вагомість, про шкали для оцінювання значень за кожним із критеріїв. До оціночної системи може включатися також інформація про порівняльність критеріїв, залежність критеріїв, про наявність ефекту домінування однієї групи критеріїв над іншою за важливістю. Оціночна підсистема може мати ієрархічну структуру критеріїв. В оціночних підсистемах АСЕО передбачено можливість формування індивідуальних оціночних підсистем експертів, якщо це необхідно відповідно до прийнятої процедури проведення експертизи.

6. У проведенні експертиз передбачається участь висококваліфікованих фахівців. Тому в АСЕО включаються автоматизовані робочі місця (АРМ) експертів, що дають змогу експер-

ту безпосередньо за комп'ютером в інтерактивному режимі здійснювати оцінку об'єктів експертизи. АРМ експерта дає змогу також здійснювати «налаштування» оціночної підсистеми, здійснювати оцінку ступеня знайомства експерта з об'єктами експертизи, формувати індивідуальний перелік об'єктів для оцінки їх кожним експертом.

7. Під час проведення багатьох експертиз потрібна не тільки оцінка одного окремо взятого експерта, а й оцінка колективу експертів, що представляють найкваліфікованіших фахівців у даній галузі, які, можливо, належать до різних шкіл. Тому в АСЕО передбачено можливість колективного оцінювання об'єктів експертизи за використання різних методів організації та проведення експертиз.

Після отримання індивідуальних експертних оцінок в АСЕО передбачено процедури обробки експертної інформації. Вони дають змогу отримувати результуючу експертну оцінку — колективну думку експертної комісії. Зокрема, в АСЕО містяться алгоритми отримання результуючих кількісних і якісних оцінок, результуючих ранжувань, класифікацій тощо.

8. В АСЕО передбачається аналіз результатів експертизи. Зокрема, передбачається оцінка узгодженості експертів за результатами оцінювання об'єктів експертизи з подальшою класифікацією експертів — виділенням груп одностумців, які дали об'єктам близькі оцінки. В АСЕО надається можливість визначення результуючої експертної оцінки окремо для кожної з груп експертів-одностумців із подальшим аналізом. У рамках АСЕО може бути надано можливість оцінювання несуперечливості експертних суджень, їхньої точності та надійності.

В АСЕО можуть бути передбачені етапи одержання попередньої експертної оцінки з метою виявлення і виключення свідомо неконкурентоспроможних об'єктів, які не відповідають вимогам, що пред'являються. Можуть бути передбачені також етапи визначення ступеня дублювання об'єктів експертизи з метою раціональнішого розподілу ресурсів, установлення відповідності запитуваних обсягів фінансування і матеріального забезпечення передбачуваному обсягу робіт тощо.

Виділимо основні етапи створення АСЕО:

1. Визначення загального характеру роботи. На першому етапі створення АСЕО визначається проблема, розв'язання якої необхідне, встановлюються цілі передбачуваної роботи, обговорюється її зміст. Це відображає наявне розуміння проблеми, очікуваних шляхів її розв'язання і, найголовніше, очікуваного результату роботи. Виклад проблеми постановником може бути недостатньо чітким, не зовсім логічним. Розробник АСЕО може пропонувати більш ефективні технології вирішення, показувати додаткові можливості. Доцільним є обговорення близьких і додаткових постановок задач, розв'язання яких може виявитися корисним. На цьому етапі може бути корисним знайомство з наявними публікаціями з обговорюваної проблеми, зі звітами, службовими матеріалами тощо. Така робота дасть змогу досить повно й різнобічно представити проблему і, можливо, зробити повнішим і різнобічнішим представлення проблеми замовником. Після обговорення проблеми та узгодження основних підходів до її розв'язання та очікуваних результатів розробляється технічне завдання.

2. Визначення сценарію вирішення проблеми. На цьому етапі передбачається більш детальне вивчення проблеми. Одним із результатів етапу є підготовка блок-схеми розв'язання проблеми, у якій знаходять відображення основні стадії її розв'язання. Блок-схему має бути запропоновано замовнику й обговорено з ним. Можливі його критичні зауваження і конструктивні пропозиції щодо коригування блок-схеми або навіть щодо принципової її зміни. У результаті однієї або декількох ітерацій виникає узгоджена із замовником блок-схема розв'язання проблеми.

Потім здійснюється деталізація структурних осередків блок-схеми і на її підставі будується технологічний граф розв'язання проблеми, у якому міститься весь перелік процедур, включно з інтерактивними, що підлягають реалізації при створенні АСЕО, перелік приватних завдань, алгоритми розв'язання яких мають бути реалізовані у вигляді програм, що включені в АСЕО. Вони є подіями технологічного графа.

Технологічний граф розв'язання проблеми можна розглядати і як деталізований сценарій розв'язання проблеми, у якому визначено роль і завдання кожної з основних груп, що беруть участь в організації та проведенні експертизи: експертів, аналітичної групи, операторів. Визначаються режими реалізації кожної події технологічного графа: автоматичний, інтерактивний (діалоговий), ручний (неавтоматичний).

3. *Визначення програми робіт.* Погоджений із замовником технологічний граф розв'язання проблеми слугує підставою для проведення робіт зі створення АСЕО. Визначається перелік теоретичних проблем, які мають бути вирішені під час розроблення системи. Визначають, де можуть бути використані відомі або навіть стандартні методи й алгоритми, а де готові методи й алгоритми відсутні й потрібне їх розроблення. Визначаються терміни підготовки методичної бази системи і конкретні виконавці, здатні забезпечити вирішення виниклих завдань на досить високому професійному рівні. На підставі технологічного графа визначається й узгоджена із замовником структура БД системи. Визначають і видають програмістам завдання на розроблення ПЗ, що реалізує передбачені в технологічному графі БД, процедури автоматичного оброблення даних і діалогові процедури. Визначають і видають завдання на програмування вхідних і вихідних форм, необхідних під час розв'язання проблеми, форм звітності та службових процедур. Складається єдиний календарний графік, у якому передбачено роботи як із підготовки методичної бази системи, так і її ПЗ.

4. *Виконання програми робіт.* Відповідно до програми робіт здійснюється розроблення системи. Розроблення ПЗ системи здійснюється під керівництвом досвідченого системного програміста, який визначає специфіку створюваного комплексу комп'ютерних програм, особливості їхнього написання, їхню взаємодію в процесі проведення експертиз з урахуванням необхідної інформаційної взаємодії (обміну інформацією, запам'ятовування та зберігання інформації, забезпечення зручного для експертів та аналітичної групи доступу до інформації).

Загальне керівництво зі створення системи, з розроблення необхідного методичного забезпечення здійснюється конструктором системи. Для організації чіткішого та ефективнішого виконання програми робіт доцільним є використання таких методів, як визначення пріоритетності та раціональної послідовності виконання робіт, оптимального розподілу ресурсів. Необхідний контроль якості виконання окремих робіт програми, оскільки система може ефективно працювати лише тоді, коли ефективно працюють усі її елементи.

5. *Розроблення тестів та апробація пілотного варіанта системи.* Для кожного програмованого алгоритму необхідно розробити контрольний приклад (тест), за яким може бути перевірена правильність роботи програми. Необхідний також контрольний приклад, що дає змогу перевірити роботу системи у всіх можливих режимах. Після перевірки правильності роботи програми або системи в цілому можлива побудова системи тестів для перевірки ефективності роботи алгоритму:

- точності одержуваного наближеного рішення;
- чутливості до зміни вихідних даних;
- оцінки ефективності роботи алгоритмів.

Після створення базового варіанта системи його тестують для визначення ступеня відповідності цілям і завданням. За результатами тестування вносяться необхідні уточнення і корективи. Розроблення спеціальних контрольних прикладів, що дають змогу тестувати систему й окремі її елементи, дає змогу точніше оцінити якість системи, виявити недостатньо ефективні елементи системи та коректно сформулювати завдання для їхнього вдосконалення.

Можуть окремо тестуватися основні модулі системи, такі як БД, блок попереднього аналізу, блок аналізу результатів експертиз тощо. Доопрацювання системи може потребувати розроблення додаткового методичного та програмного забезпечення, коригування запропонованих методів, алгоритмів, програм. Доведення системи може здійснюватися в кілька ітерацій.

6. *Підготовка звіту.* Після завершення роботи зі створення системи готується звіт, до якого включається:

- огляд наявних методів розв’язання проблеми або близьких проблем;
- методи й алгоритми, розроблені або використовувані для розв’язання проблеми;
- опис структури системи;
- вхідні та вихідні форми системи;
- інструкція для користувача;
- опис прикладу розв’язання проблеми за допомогою або з використанням системи.

5.2. Структура та склад АСЕО

Виходячи з результатів проведених досліджень, було визначено структуру АСЕО, що реалізує експертні технології, які використовують в управлінні та прийнятті рішень [92]. Додатковими факторами, що вплинули на структуру і склад АСЕО, стали обрані технічні засоби реалізації та мова програмування. Вибір технічних засобів реалізації зумовлений широким розповсюдженням персональних комп’ютерів на базі процесорів Intel і сумісних із ними, що працюють під керуванням операційної системи Windows. Під час розроблення було використано середовище програмування Borland C+. В основу покладено низку принципів, необхідних для забезпечення високої ефективності АСЕО:

- повнота класів науково-практичних задач, математичних методів і алгоритмів;
- можливість гнучкого завдання методики дослідження й автоматичного вибору методу аналізу, виходячи з наявної інформації про завдання;
- модульна структура, що забезпечує гнучкість і можливість модифікації АСЕО з метою подальшого розширення кола розв’язуваних задач або вдосконалення вже реалізованих методів і алгоритмів;
- підтримка можливостей візуалізації та інтерактивного діалогу з ОПР, що дає змогу забезпечити максимальну свободу в процесі проведення розрахунків та аналізу отриманих результатів;

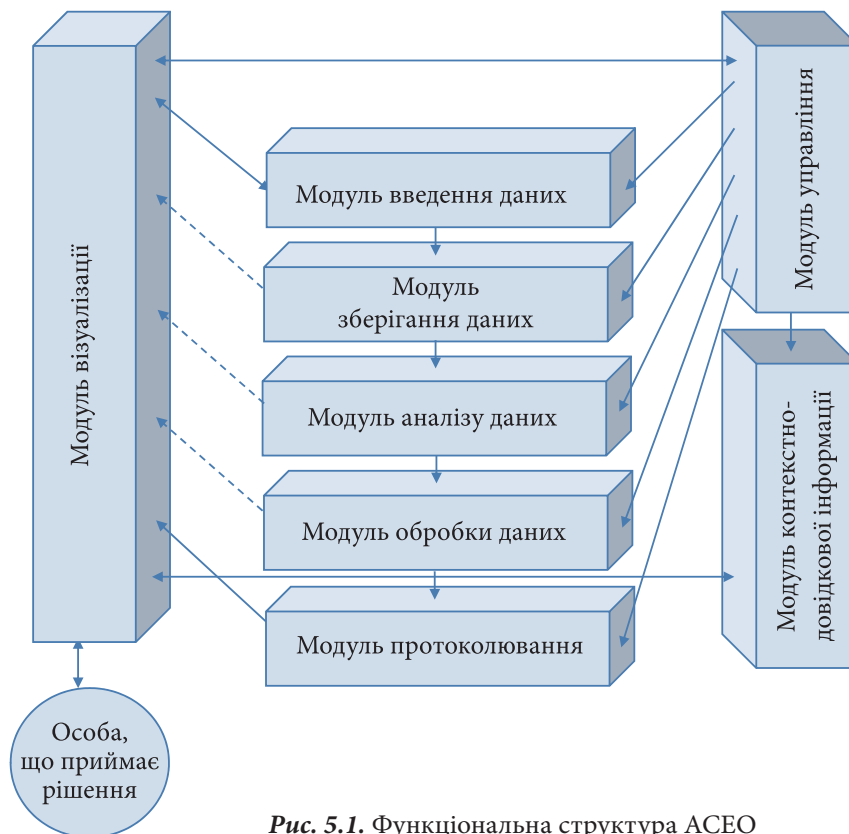


Рис. 5.1. Функціональна структура ACEO

- наявність зовнішніх інтерфейсів, що дають змогу проводити обмін даними з іншими додатками;

- підтримка сценаріїв протоколювання та генерації звітів.

Функціональну структуру ACEO подано на рисунку 5.1.

ACEO складається з 8 модулів: управління, візуалізації, контекстно-довідкової інформації, введення даних, зберігання даних, аналізу даних, обробки даних, протоколювання.

Модуль управління слугує для синхронізації роботи всіх модулів ACEO та організації взаємодії з ОПР. З його допомогою здійснюється проведення дослідження і вибір необхідних для цього методів і моделей.

Модуль контекстно-довідкової інформації призначений для інформування ОПР у процесі його роботи з АСЕО про можливі алгоритми дій і попередження про можливі помилки.

Модуль візуалізації слугує для графічного відображення досліджуваних альтернатив і результатів їхнього аналізу.

Модуль введення даних дає змогу готувати й коригувати вихідні дані, а також дає змогу ОПР вводити дані, підготовлені поза АСЕО, зберігати й відновлювати задану конфігурацію АСЕО для проведення дослідження й отримання результатів оброблення вихідних даних.

Модуль зберігання даних дає змогу зберігати дані, оптимізовані для виконання аналітичних операцій. Являє собою БД певної структури, яка забезпечує швидке виконання аналітичних запитів. Дані з БД можуть використовуватися безпосередньо ОПР для розрахунків.

Модуль аналізу даних здійснює їхнє опрацювання за допомогою статистичних методів і методів перевірки узгодженості та достовірності експертних оцінок.

Модуль обробки даних слугує для проведення оцінювання альтернатив математичними методами на підставі інформації, одержуваної від експертів. Він містить у собі блоки різних методів аналізу альтернатив: візуалізації, введення, зберігання, аналізу, обробки даних і протоколювання.

Модуль протоколювання надає можливість документувати вихідні дані, оброблені дані та результати аналізу за допомогою виведення інформації в текстові файли або на принтер.

В АСЕО реалізовано такі основні функції та процеси:

- підготовка даних результатів експертизи для їх подальшого опрацювання;
- завдання методики проведення дослідження;
- призначення коефіцієнтів важливості альтернативам;
- призначення коефіцієнтів компетентності експертам;
- математичні методи аналізу та обробки оцінок експертів;
- візуалізація результатів розрахунків.

Крім того, реалізовано сервісні процедури, що забезпечують досліднику зручність роботи з АСЕО.

Для програмної реалізації в АСЕО обрано такі математичні методи аналізу та обробки експертної інформації.

Зокрема, методи аналізу експертних оцінок для визначення їх узгодженості та достовірності:

- статистичні характеристики (середнє значення оцінок, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації);
- перевірка суперечливості думок експертів;
- коефіцієнти асоціації за Устюжаніновим;
- коефіцієнт рангової кореляції Кендалла;
- коефіцієнт рангової кореляції Спірмена;
- коефіцієнт конкордації.

Для розв'язання задачі оцінювання, упорядкування та вибору:

- метод безпосередньої оцінки;
- метод ранжування;
- метод парних порівнянь;
- метод комплексної експертної оцінки.

АСЕО являє собою інтерактивну систему, робота з якою ґрунтується на принципах завершеного циклу досліджень і вирізняється простотою та зручністю у використанні. Дослідник може в найкоротший термін навчитися володіти цим сучасним апаратом аналізу. Передбачено можливість гнучкого завдання методики проведення дослідження. Контекстна система допомоги і розвинена псевдоекспертна система попереджувальних повідомлень надають допомогу в її правильному виборі. Графічний віконний інтерфейс керується як клавіатурою, так і маніпулятором «миша», утримує в пам'яті введені опції роботи, автоматично налаштовується на будь-який графічний адаптер.

У цій роботі питання про повноту покриття предметної області розв'язано шляхом реалізації набору методів аналізу експертної інформації та методів опрацювання експертних оцінок, які найчастіше зустрічаються в практичних дослідженнях.

Крім того, ухвалені архітектурні рішення під час проектування АСЕО дають змогу спростити процедуру зміни та доповнення алгоритмів, що використовують набір методів аналізу та методів опрацювання експертних оцінок. Отже, набір алгорит-

мів і методів формується відповідно до досвіду практичної діяльності дослідника, зокрема досвіду, отриманого від використання розробленої АСЕО.

Таким чином, АСЕО, що реалізує розглянуті та розроблені методи й алгоритми, дає змогу ефективно розв'язувати задачі аналізу й опрацювання експертних оцінок, займає порівняно невеликий об'єм пам'яті, може працювати на різних персональних комп'ютерах і типах терміналів, є технологічною та зручною в практичному використанні.

5.3. Технологія застосування АСЕО

Відмітна особливість запропонованої технології — можливість її гнучкого застосування для створення різних комбінацій методів під час проведення аналізу та обробки експертної інформації. Інша важлива особливість технології полягає в можливості присвоєння вагових коефіцієнтів експертам.

В АСЕО реалізовано МКЕО, що дає змогу мінімізувати ризик ухвалення нераціонального рішення під час вибору найкращих альтернатив, і технологію аналізу узгодженості думок експертів для зменшення цього процесу та його об'єктивізації.

Технологія застосування АСЕО передбачає виконання низки етапів.

1. *Підготовка вихідних даних.* Дані готуються у вигляді матриці «альтернативи-оцінки» і являють собою таблицю, кожен рядок якої є вектором оцінок альтернативи. Підготовка даних може здійснюватися як поза автоматизованою системою, так і всередині неї. Реалізовано можливість коригування кількості аналізованих альтернатив і характеристик та/або оцінок експертів шляхом включення або виключення їх із розгляду під час проведення аналізу. Також передбачено можливість урахування «ваги» експертів шляхом введення його вагового коефіцієнта в діапазоні від 0 до 1.

2. *Аналіз вихідних даних.* Аналіз проводиться безпосередньо дослідником з метою визначення узгодженості та достовірності експертних оцінок [88]. Насамперед необхідно оцінити узгодже-

ність думок експертів. Узгодженість показує, чи є думки експертів «білим шумом», чи відображають деяку існуючу стійку закономірність. Для оцінки узгодженості застосовується коефіцієнт конкордації:

- коефіцієнт згоди при парному порівнянні;
- дисперсійний коефіцієнт для ранжованих рядів.

Якщо розрахункове значення критерію χ^2 для даного коефіцієнта конкордації більше від табличного, то думки експертів узгоджені.

У разі якщо думки виявилися узгодженими, то подальший аналіз можна й не проводити, якщо в дослідника немає на те особливих причин. За наявності неузгодженості думок експертів доцільно продовжити аналіз для виявлення причин їхньої неоднорідності.

Для оцінювання міри схожості думок кожної пари експертів можуть бути використані різні методи.

Найгрубіший підхід ґрунтується на розрахунку коефіцієнтів асоціації, за допомогою яких ураховується лише кількість відповідей, що збігаються і не збігаються, і не враховується їхня послідовність.

Точнішу перевірку узгодженості пар думок експертів можна провести, використовуючи методи рангової кореляції Кендалла і Спірмена [88]. Зазначимо, що метод розрахунку коефіцієнта рангової кореляції, запропонований Спірменом, обчислюється простіше і швидше.

У разі виявлення неузгодженості експертних оцінок проводять перевірку на несуперечливість думок, під час якої виявляють експертів, думки яких суттєво відрізняються від спільної думки групи.

Крім того, за потреби дослідник може оцінити експертні оцінки, використовуючи статистичні характеристики:

- математичне очікування;
- середнє квадратичне відхилення;
- коефіцієнт варіації.

3. *Оцінка альтернатив.* Оцінювання може здійснюватися одним із методів, реалізованих в АСЕО, відповідно до обраної

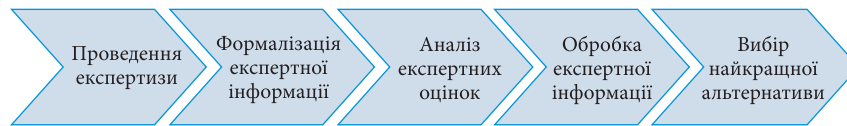


Рис. 5.2. Технологія застосування АСЕО під час прийняття управлінських рішень

методики дослідження. Вибір конкретного методу визначається умовами розв’язуваної задачі. Так, наприклад, під час оцінок експертів, що виражають ступінь відмінності альтернатив, застосовують метод безпосереднього оцінювання, а під час ранжування альтернатив — метод ранжування. Точність і надійність процедури ранжування значною мірою залежить від кількості оцінюваних альтернатив. Що менше альтернатив, то вищою є їхня «розрізняюваність» з погляду експерта, а отже, то коректніше можна встановити ранг альтернативи. Кількість ранжованих альтернатив не має бути більшою за 20, а найнадійнішою є, якщо кількість альтернатив менша за 10. Метод ранжування рідко використовують «у чистому вигляді»: частіше його поєднують з іншими методами, що забезпечують чіткішу відмінність між альтернативами.

Якщо кількість порівнюваних альтернатив більше десяти, то рекомендується використовувати метод парних порівнянь.

У разі якщо дослідник не може визначитися з вибором методу оцінки, то рекомендується застосовувати МКЕО, що забезпечує мінімальний ризик ухвалення нераціонального рішення під час вибору найкращої альтернативи завдяки комплексному використанню різних методів експертної оцінки.

Результатом рішення обраним методом буде вектор оцінок, присвоєний кожній альтернативі. Ця інформація є основою для ухвалення рішення про перевагу тієї чи іншої альтернативи з розглянутих.

Таким чином, описану вище технологію застосування АСЕО під час прийняття управлінських рішень можна представити так (рис. 5.2):

5.4. Автоматизована система експертного оцінювання «Вибір»

Практичним результатом проведених досліджень є розроблена АСЕО «Вибір» для проведення аналізу й опрацювання експертних оцінок, що дає змогу скоротити час, що витрачається на цей процес, та об'єктивізувати його. АСЕО розроблена на основі результатів досліджень, викладених у цій монографії, і призначена для розв'язання завдань аналізу, обробки експертних оцінок і вибору найкращої альтернативи.

Для досягнення цієї мети АСЕО забезпечує:

- підготовку, введення і коригування вихідних даних із використанням як вбудованого, так і під'єднуваного редактора;
- розв'язання задачі аналізу експертних оцінок за допомогою розрахунку статистичних характеристик (середнє значення оцінок, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, перевірка суперечливості думок експертів) і методами кореляцій (коефіцієнти асоціації за Устюжаніновим; коефіцієнти рангової кореляції Кендалла; коефіцієнти рангової кореляції Спірмена; коефіцієнт конкордації);
- обробку експертних оцінок методами: ранжування, безпосередньої оцінки, парних порівнянь; комплексної експертної оцінки;
- псевдоекспертну систему попереджувальних повідомлень і діагностику помилок вибору методики аналізу;
- графічний інтерфейс і контекстну систему допомоги;
- опціональне налаштування і створення зручної для роботи конфігурації;
- збереження і відновлення результатів аналізу, обробки та конфігурації;
- візуалізацію результатів аналізу та оцінювання;
- документування і збереження вихідних даних, результатів аналізу та оцінки на диску або зовнішньому носії для подальшої роботи.

АСЕО працює з дослідником у діалоговому режимі за допомогою меню. Управління реалізовано таким чином, що після

кожної дії можна перейти до будь-якої іншої допустимої дії з довільного меню.

Від дослідника не потрібні глибокі знання в галузі експертних оцінок і теорії ухвалення рішень. Зрозуміло, підготовлений дослідник зможе більш повно використовувати можливості АСЕО і краще інтерпретувати результати аналізу. Знання з інформатики, крім необхідних для роботи з персональним комп'ютером, не потрібні.

Послідовність і логіка роботи з АСЕО являють собою евристичний ітераційний процес, де дослідник після одержання результатів аналізу за необхідності може здійснювати коригування вихідних даних, змінювати методику проведення дослідження та аналізувати нові варіанти, аж до одержання необхідного йому результату.

5.4.1. Призначення та сервісні можливості

АСЕО є сучасним методичним апаратом, реалізованим на якісно новому рівні та призначеним для розв'язання завдань аналізу, оцінювання та вибору альтернатив на підставі експертних оцінок їхніх властивостей.

Відмітна особливість використовуваного методичного підходу — можливість гнучкого завдання різних методик аналізу під час проведення досліджень.

АСЕО дає змогу готувати та/або коригувати вихідні дані за допомогою вбудованого і зовнішнього редактора, який можна під'єднати, виключати з вихідних даних альтернативи, що не розглядаються, і оцінки експертів, а також задавати їм вагові коефіцієнти важливості.

Процедури аналізу вихідних даних оснащені зручним графічним інтерфейсом, що дає змогу візуалізувати результати розрахунків, зокрема:

- графічне відображення результатів аналізу у вигляді тривимірної графіки та результатів оцінки у вигляді двовимірної графіки. На діаграмах кольором виділяється найкраща альтернатива (альтернативи);
- табличне відображення вихідних даних і результатів розв'язання задачі аналізу та оцінки з можливістю їх перегляду.

- Допоміжні процедури забезпечують:
- документування вихідних даних і результатів аналізу та оцінки виведенням у текстові файли або на друк;
 - виведення на друк графічних відображень результатів аналізу та оцінки;
 - створення зручної конфігурації автоматизованої системи за допомогою опціонального налаштування;
 - збереження та відновлення створеної конфігурації та результатів аналізу й оцінки.

5.4.2. Управління автоматизованою системою експертного оцінювання

АСЕО реалізована для персональних комп'ютерів на базі процесорів Intel і сумісних із ними та працює під керуванням операційної системи Windows. Для роботи АСЕО необхідна мінімальна конфігурація технічних засобів: комп'ютер із клавіатурою, дисплей, принтер для друку результатів і маніпулятор «миша».

Керування АСЕО здійснюється за допомогою як клавіатури, так і маніпулятора «миша» (натискання правої клавіші «миші» відповідає натисканню клавіші <Esc>, а лівої — приводить до виконання обраної дії) та полягає у виборі режиму, процедури, субпроцедури опрацювання вихідних даних або результатів та безпосередньому управлінні роботою обраної процедури (субпроцедури). Вибір режиму і процедури здійснюється в тривірневому меню клавішами:

- <вліво>, <вправо>, <вгору>, <вниз> — для пересування покажчика (інверсного рядка) в обраному напрямку;
- <Enter> — для виконання обраної дії, входу в режим, процедуру, субпроцедуру;
- <Esc> — для повернення на більш верхній рівень меню.

Натискання клавіш <вліво>, <вправо>, <вгору>, <вниз> і <Enter> можна замінити натисканням клавіш ключових символів, що виділені іншим кольором і великим шрифтом, або клавіші <Alt> і ключового символу. У будь-якому місці роботи, крім випадків очікування необхідних відповідних дій користувача,

можна використовувати клавішу <F1> для отримання повної інформації (підказки) про поточний режим, процедуру. Документування результатів аналізу та оцінки здійснюється виведенням текстової інформації у файл або на принтер. Отримання графічного зображення результатів аналізу та оцінки здійснюється за допомогою клавіші <F5>. У процесі роботи необхідно стежити за рядком підказки в нижній частині екрана, де відображаються керуючі клавіші, і попереджувальними повідомленнями, що вимагають відповіді (натискання клавіш <Y>, <N>). У разі використання для керування маніпулятором «миша» необхідно підвести покажчик «миші» до прямокутної області, що обмежує індиковану клавішу, і натиснути ліву клавішу маніпулятора.

Якщо АСЕО перебуває в роботі, висвічується вбудований таймер, і натискання будь-якої клавіші не викличе жодної реакції. Для отримання допомоги (підказки) в процесі роботи з АСЕО необхідно натиснути клавішу <F1>. У результаті цього на екрані дисплея з'явиться вікно, в якому наведено короткий опис поточного режиму і варіантів можливих дій. Деякі слова в описі можуть бути виділені іншим кольором. Одне із цих слів, що є поточним, має відмінний від усього вікна колір фону. Використовуючи клавіші керування курсором, можна зробити поточним будь-яке з виділених слів. Натискання клавіші <Enter> дає змогу отримати докладніший опис режиму або процедури, що позначається виділенням словом. У деяких випадках опис поточного режиму займає більше одного вікна. У цьому разі в правому нижньому кутку рамки вікна відображаються назви клавіш <PgDn> і(або) <PgUp>. Натиснувши клавішу <PgDn>, можна перейти до наступного фрагмента опису поточного режиму, а за допомогою клавіші <PgUp> — повернутися назад. Натискання клавіші <Alt-F1> надає можливість повернення на попереднє вікно. Клавіша <F1>, натиснута в режимі підказки, дає змогу перейти до першого вікна опису всіх режимів. Для виходу з режиму ДОПОМОГА необхідно натиснути клавішу <Esc>.

5.4.3. Режими роботи

Під час запуску АСЕО з'являється головне меню, яке надає можливість роботи в таких режимах.

Файл. Можливість підготовки вихідних даних за допомогою вбудованого або під'єднуваного зовнішнього редактора, завантаження їх в АСЕО, збереження конфігурації налаштування пакета і її відновлення, вихід у Windows.

Налаштування. Дозволяє зробити внутрішнє налаштування АСЕО. Надається можливість вибору виду графічного відображення результатів дослідження, визначення переліку документованої документації, а також користувач може вказати, куди виводити результати досліджень.

Аналіз. Проведення аналізу експертних оцінок за допомогою розрахунку статистичних характеристик і методів рангової кореляції, візуалізація та/або виведення у вигляді ASCII-файлу результатів.

Вибір. Отримання результатів оцінювання альтернатив, використовуючи методи експертних оцінок-критик і візуалізація та/або виведення у вигляді ASCII-файлу результатів.

Опції. Надається можливість вибору типу графічного адаптера, формату вхідних даних, зовнішнього або вбудованого редактора.

Режим «Файл». У режимі «Файл» процедурами «Відкрити», «Редактор», «Перегляд», «Зберегти», «Відновити», «Вихід» здійснюється:

- підготовка вихідних даних у вигляді матриці «альтернативи-оцінки» за допомогою редактора;
- читання їх із файлу;
- перегляд вибірки;
- збереження конфігурації налаштування АСЕО та її відновлення;
- закінчення роботи з АСЕО і вихід у Windows.

Процедура «Відкрити» забезпечує відновлення з диска підготовлених вихідних даних. Читання вихідних даних із текстового файлу в АСЕО є необхідним. Після завантаження АСЕО

здатна працювати тільки із цими даними. Для роботи з іншими даними операцію завантаження слід повторити. При цьому колишні дані стираються з пам'яті. Коли курсор (інверсний рядок) перебуває на цьому елементі меню і під час натискання клавіші <Enter> з'являється вхідне вікно із запитом імені потрібного файлу, необхідно ввести шлях та ім'я файлу з вихідними даними. Наприклад: C: AQAS TEST.DAT.

При натисканні клавіші <Enter> відбудеться завантаження цих даних. Можливий набір імені файлу за стандартними шаблонами — * або ? Наприклад: C: AQAS *.DAT. У цьому разі з'явиться вікно, у якому будуть виведені всі наявні в цій піддиректорії файли з розширенням «DAT». Вибір потрібного файлу здійснюється за допомогою клавіш управління курсором <вліво>, <вправо>, <PgUp>, <PgDn>. При натисканні клавіші <Enter> відбудеться завантаження даних в ACEO. При цьому на екрані з'являється досліджувана вибірка, що свідчить про наявність даних в ACEO та її готовність до проведення аналізу й оцінки. За бажання дослідника переглянути вибірку, якщо вона перевищує розміри екрана, необхідно використовувати клавіші керування <вправо>, <вліво>, <PgUp>, <PgDn>. Для виходу з режиму перегляду вибірки необхідно натиснути клавішу <Esc>. При цьому відбудеться зміна кольору активної рамки, і можна буде перейти в будь-яке вікно меню для виконання необхідних дій. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал. За необхідності відмови від вибору файлу потрібно натиснути клавішу <Esc>.

Процедура «Редактор» надає можливість виклику вбудованого або зовнішнього текстового процесора для підготовки нових вихідних даних, а також коригування аналізованої вибірки в процесі всього дослідження. Під час входу в процедуру «Редактор» і натискання клавіші <Enter> з'являється вступне вікно з ім'ям поточного файлу аналізованої вибірки. У разі повторного натискання клавіші <Enter> викликається текстовий процесор, ім'я і шлях якого вказано в опціях.

Процедура «Зберегти» дає змогу здійснювати запис збережених результатів аналізу і створеної користувачем конфігура-

ції пакета у файл. При натисканні <Enter> з'являється вступне вікно із запитом імені файлу запису результатів і конфігурації. Тут необхідно ввести шлях та ім'я файлу. Якщо зазначений файл існує, то система вимагатиме підтвердження для перезапису файлу. У разі натискання клавіші <Y> файл буде перезаписано. Скасування рішення — натискання клавіші <N>. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал.

Якщо є необхідність переписати вже наявний файл, то припустиме використання шаблонів — * і ?. Під час натискання <Enter> здійснюється запис результатів і конфігурації системи у файл. Збережена інформація записується в спеціальному форматі програми, який не може бути прочитаний іншими засобами. У цьому пакеті ім'я бінарного файлу записується з розширенням «*.CNF». Натискання <Esc> скасовує запис результатів і конфігурації у файл.

Процедура «Відновити» дає змогу відновлювати збережені результати аналізу і створену дослідником конфігурацію АСЕО з файлу, записаного у спеціальному форматі програми. При натисканні <Enter> висвічується вступне вікно із запитом імені відновлюваного файлу. Тут необхідно ввести шлях та ім'я файлу. Після натискання <Enter> здійснюється читання даних дослідження і конфігурації системи з файлу. Натискання <Esc> скасовує відновлення даних і конфігурації.

Можливий також набір імені файлу за стандартними шаблонами Windows — * або ?. Наприклад, C: AQAS *.CNF. У цьому разі з'явиться вікно, у якому будуть виведені всі наявні в цій піддиректорії файли з розширенням «CNF». Вибір потрібного файлу здійснюється за допомогою клавіш керування курсором <вліво>, <вправо>, <PgUp>, <PgDn>. Після натискання <Enter> відбудеться відновлення результатів аналізу та конфігурації АСЕО.

Процедура «Вихід» служить для закінчення роботи з АСЕО. При натисканні клавіші <Enter> АСЕО запросить підтвердження вимоги закінчити роботу з ним. У разі натискання клавіші <Y> користувач одразу потрапляє у своє звичне середовище. Відмова від виходу — натискання клавіші <N>. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал.

У режимі «Налаштування» процедурами «Файл результату», «Форми», «Вид графіки» здійснюється внутрішнє налаштування АСЕО:

- зазначення пристрою для виведення результатів досліджень;
- визначення переліку документованої документації;
- вибір виду графічного відображення результатів аналізу.

Процедура «Файл результату» надає можливість вказати, куди виводити результати аналізу: у файл чи на принтер. При натисканні клавіші <Enter> з'являється вступне вікно, у якому вказується ім'я і шлях файлу, де будуть документуватися результати, або набирається «Принтер» («PRN») для роздруківки результатів на принтері. Відмова від введення — натискання клавіші <Esc>.

Процедура «Форми» дає змогу визначити перелік задокументованої інформації для виведення на принтер або запису у файл. Під час входу в процедуру «Форми» і натискання клавіші <Enter> з'явиться вікно з переліком задокументованої інформації (вихідна вибірка, модель якості, результати аналізу) і покажчиками порядку виведення інформації (рейтинг, усі характеристики). У вихідному стані ознаки включення інформації для виведення перебувають у положенні «Вкл». Під час натискання клавіші <Enter> здійснюється перевстановлення ознаки в положення «Викл.» і виключення цієї форми з переліку документованої інформації.

Процедура «Вид графіки» надає можливість вибору розташування графічного відображення результатів аналізу на екрані. При натисканні клавіші <Enter> з'являється вікно меню з можливими варіантами для вибору: горизонтальна, вертикальна, вертикальна прокрутка, автомат. Переміщенням курсору за допомогою клавіш <вниз>, <вгору> і повторним натисканням клавіші <Enter> здійснюється вибір необхідного варіанта.

Режим «Автомат» самостійно здійснить вибір найзручнішого варіанта графічної візуалізації, виходячи з кількості відображуваних альтернатив і розмірів їхніх імен.

Процедура «Альтернативи» дає змогу ввести імена альтернатив, а також скоригувати вихідну вибірку, виключивши з неї

альтернативи, які не розглядаються. Під час входу в процедуру «Альтернативи» і натискання клавіші <Enter> з'явиться вікно, у якому будуть виведені всі альтернативи вихідної вибірки і ознака її включення в аналізовану вибірку «Вкл.». Вибір необхідної альтернативи здійснюється за допомогою клавіш управління курсором <вниз>, <вгору>, <PgUp>, <PgDn>. При натисканні клавіші <Enter> з'явиться вікно для введення імені альтернативи. Відмова від введення — натискання клавіші <Esc>. Виключення альтернативи з моделі якості системи здійснюється перевстановленням ознаки в положення «Викл.» за допомогою керуючих клавіш <вліво>, <вправо>.

Процедура «Оцінки» дає змогу ввести імена експертів, які оцінюють досліджувані альтернативи, скоригувати вихідну вибірку, виключивши з неї невраховані оцінки, і задати коефіцієнти важливості альтернативам. У разі входу в процедуру «Оцінки» і натискання клавіші <Enter> з'явиться вікно, у якому будуть виведені всі оцінки досліджуваних альтернатив вихідної вибірки, ознака її включення до досліджуваної вибірки «Вкл.» і коефіцієнти компетентності для експертів. У вихідному положенні всі експерти припускаються рівнозначними, і коефіцієнти компетентності дорівнюють 1.0. Для зміни значення коефіцієнта необхідно натиснути клавішу <F3> і провести його коригування у вікні для редагування. Значення коефіцієнтів можуть задаватися у вигляді довільного позитивного числа. Вибір необхідної оцінки здійснюється за допомогою клавіш управління курсором <вниз>, <вгору>, <PgUp>, <PgDn>. При натисканні клавіші <Enter> з'явиться вікно для введення або зміни імені експерта. Відмова від введення — натискання клавіші <Esc>. Виключення оцінок із досліджуваної вибірки здійснюється перевстановленням ознаки в положення «Викл.» за допомогою керуючих клавіш <вліво>, <вправо>.

Процедура «Усереднення» дає змогу за наявності кількох альтернатив з однаковими іменами у вихідній вибірці завантажувати в АСЕО одну альтернативу, оцінки якої є результатом усереднення оцінок усієї множини однойменних альтернатив.

Процедура «Відобразити» дає можливість досліднику переглянути сформовану вибірку. Для цього необхідно перемістити курсор на цей елемент меню і натиснути клавішу <Enter>. При цьому на екрані з'явиться досліджувана вибірка, представлена в табличному вигляді. Якщо розміри таблиці перевищують розміри екрана, для її перегляду використовують клавіші управління <вправо>, <вліво>, <PgUp>, <PgDn>. Для закінчення перегляду необхідно натиснути клавішу <Esc>. При цьому відбудеться зміна кольору активної рамки і можна буде перейти в будь-яке вікно меню для виконання необхідних дій. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал.

Процедура «Виведення у файл» дає змогу вивести у файл або на принтер (вказується під час налаштування) вибірку, сформовану дослідником. При вході в процедуру і натисканні клавіші <Enter> здійснюється запис у файл. Якщо вказаний файл існує, то АСЕО вимагатиме підтвердження для перезапису файлу. У разі натискання клавіші <Y> файл буде перезаписано. Скасування рішення — натискання клавіші <N>. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал. Під час виведення на принтер система контролює його готовність до роботи.

Режим «Аналіз» призначений для визначення методу аналізу узгодженості та достовірності експертних оцінок.

Процедура «Метод». При натисканні клавіші <Enter> з'явиться меню для вибору методу аналізу експертних оцінок. Переміщенням курсору клавішами <вниз>, <вгору> і натисканням клавіші <Enter> можна вибрати необхідний метод зі списку:

- середнє значення оцінок;
- середнє квадратичне відхилення;
- коефіцієнт варіації;
- перевірка суперечливості думок експертів;
- асоціація за Устюжаніновим;
- рангова кореляція Кендалла;
- рангова кореляція Спірмена;
- коефіцієнт конкордації.

Процедура «Вибрати» дає змогу визначити найкращу (найкращі) альтернативу з тих, що розглядаються. При натисканні

клавіші <Enter> АСЕО виконує аналіз експертних оцінок обраним методом. Під час проведення аналізу в правому нижньому кутку екрана з'являється вбудований таймер. Натискання будь-якої клавіші до закінчення розрахунків не викличе жодної реакції. Після завершення аналізу на екрані з'явиться графічне і табличне відображення результатів. Якщо розміри таблиці перевищують розміри екрана, то за допомогою клавіш <вправо>, <вліво> або <вниз>, <вгору> (залежно від виду розташування графіки) можна «переглянути» всю таблицю. Вихід із режиму «Перегляд» — натискання клавіші <Esc>. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал. Для виведення графічного відображення результатів аналізу на друкувальний пристрій необхідно натиснути клавішу <F5>. У цьому разі АСЕО здійснює контроль готовності принтера до роботи і виведення графічного відображення на друкувальний пристрій. Якщо принтер не готовий до роботи, виведення блокується і з'являється попереджувальне повідомлення: «Принтер не готовий. Натисніть Esc». Для документування результатів аналізу необхідно натиснути клавішу <F4>. У цьому разі форми, зазначені в налаштуванні, будуть виведені в текстовий файл або на принтер (тип виведення також вказується в налаштуванні). Після завершення виведення результатів аналізу в текстовий файл з'явиться повідомлення. Виведення на принтер здійснюється аналогічно описаному вище при натисканні клавіші <F5>.

Режим «Вибір». Процедурою «Метод» здійснюється визначення методу оцінювання альтернатив, а процедурою «Обрати» — оцінювання та впорядкування альтернатив.

Процедура «Метод». У разі натискання клавіші <Enter> з'явиться меню для вибору функції згортання. Переміщенням курсору клавішами <вниз>, <вгору> і натисканням клавіші <Enter> можна вибрати необхідну згортку зі списку:

- метод безпосередньої оцінки;
- метод ранжування;
- метод парних порівнянь;
- метод комплексної експертної оцінки.

Процедура «Вибрати» дає змогу визначити найкращу (найкращі) альтернативу з розглядуваних. При натисканні клавіші <Enter> псевдоекспертна система вбудованого контролю здійснює перевірку допустимості призначення обраного методу для досліджуваної вибірки. Якщо обраний метод і досліджувана вибірка за своїми формальними властивостями становлять неприпустиму комбінацію, то виконання рішення блокується, і на екрані з'являється попереджувальне повідомлення. Після розблокування — натискання клавіші <Esc> — на екрані відображається досліджувана вибірка в табличному вигляді. Якщо розміри таблиці перевищують розміри екрана, то за допомогою клавіш <вправо>, <вліво> і <PgDn>, <PgUp> можна «переглянути» всю таблицю. Вихід із режиму «Перегляд» — натискання клавіші <Esc>. У разі якщо комбінація досліджуваної вибірки і методу допустима за формальними властивостями, але змістовно не має сенсу, то з'явиться попереджувальне повідомлення: «Метод застосовний формально. Розв'язувати? (Y/N)». За ствердної відповіді — натискання клавіші <Y> — розв'язання буде проведено. Натискання клавіші <N> — відмова від його проведення, і на екрані з'явиться таблична модель якості системи. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал. Під час проведення оцінювання в правому нижньому кутку екрана з'являється вбудований таймер. Натискання будь-якої клавіші до закінчення розрахунків не викличе жодної реакції. Після закінчення розв'язання задачі оцінювання на екрані з'явиться графічне (діаграма) і табличне (оцінки) відображення результатів розрахунку, де найкраща альтернатива буде виділена кольором. Якщо розміри таблиці перевищують розміри екрана, то за допомогою клавіш <вправо>, <вліво> або <вниз>, <вгору> (залежно від виду розташування графіки) можна «переглянути» всю таблицю. Вихід із режиму «Перегляд» — натискання клавіші <Esc>. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал. Для виведення графічного відображення результатів розв'язання задачі вибору на друкувальний пристрій необхідно натиснути клавішу <F5>. У цьому разі система здійснює контроль готовності принтера до роботи і виведення

графічного відображення на друкувальний пристрій. Якщо принтер не готовий до роботи, виведення блокується, і з'являється попереджувальне повідомлення: «Принтер не готовий. Натисніть Esc». Для документування результатів розв'язання задачі вибору необхідно натиснути клавішу <F4>. У цьому разі форми, зазначені в налаштуванні, будуть виведені в текстовий файл або на принтер (тип виведення також вказується в налаштуванні. Після завершення виведення результатів розв'язання задачі вибору в текстовий файл з'явиться повідомлення. Виведення на принтер здійснюється аналогічно описаному вище при натисканні клавіші <F5>.

Режим «Опції» дає змогу процедурами «Тип редактора», «Зовнішній редактор», «Автоматичне завантаження», «Формат», «Екран» здійснювати вибір вбудованого або зовнішнього редактора, формату вхідних даних, типу графічного адаптера для роботи та введення імені під'єднуваного редактора.

Процедура «Тип редактора» призначена для встановлення типу використовуваного редактора в автоматизованій системі: зовнішній або вбудований.

Процедура «Зовнішній редактор» дає змогу ввести ім'я зовнішнього текстового процесора, що підключається, для підготовки або коригування вихідної вибірки. Під час натискання клавіші <Enter> з'явиться ввідне вікно, у якому зазначаються ім'я і шлях редактора. Відмова від введення — натискання клавіші <Esc>.

Процедура «Автоматичне завантаження» при встановленні ознаки в положення «Вкл» після редагування буде здійснювати автоматичне завантаження даних в АСЕО. У вихідному положенні ознака автоматичного завантаження перебуває в положенні «Викл».

Процедура «Формат» надає можливість вибору необхідного для роботи формату вхідних даних. При знаходженні в даному елементі меню і натисканні клавіші <Enter> здійснюється перевстановлення імені формату в положення, що відповідає обраному типу вхідних даних. Вихід — натискання клавіші <Esc>. АСЕО підтримує два типи формату вхідних даних («Формат К»,

«Формат А»), що являють собою таблицю, кожен рядок якої є вектором характеристик системи в ASCII-кодах.

«Формат К» — формат для сполучення з іншими автоматизованими системами, записується в такому вигляді:

- 1) імена альтернатив;
- 2) оцінки експертів.

Усі числа записуються через довільну кількість пропусків у вигляді чисел із фіксованою крапкою до фізичного кінця рядка. Дробову частину дійсних чисел відокремлюють від цілої десятковою крапкою. Допускається запис дійсних чисел, що не мають дробової частини без десяткової крапки $25,0 = 25$. Рядки являють собою власні імена альтернатив і оцінки експертів за кожною з порівнюваних альтернатив. У кожному рядку записується один вектор. Максимальна довжина рядка — 512 байт. Усі рядки, що починаються із символу «/», розглядаються АСЕО як коментар. Допускається коментар також всередині рядка. У цій версії АСЕО ім'я текстового файлу записується із загальноприйнятим розширенням «*.DAT».

«Формат А» для автономної роботи АСЕО записується аналогічно «Формату К», за винятком:

- кінець рядка — символ «;», а не фізичний кінець рядка;
- вектор може записуватися на довільній кількості рядків;
- як ознака коментаря використовується символ «*», який не може зустрічатися всередині таблиці.

Процедура «Екран». АСЕО працює з різними типами графічних адаптерів. Забезпечено її сумісність як із найсучаснішими моделями, так і адаптерами попередніх поколінь. Під час запуску АСЕО сама визначить тип графічного адаптера комп'ютера й автоматично налаштується на нього.

Документування даних і результатів забезпечується виведенням у текстовий файл або на принтер вихідної вибірки, результатів аналізу та оцінювання, а також отриманням графічного відображення результатів аналізу або вибору. Перелік задокументованої інформації та напрямок виведення встановлюється під час внутрішнього налаштування АСЕО. Виведення в текстовий файл або на принтер здійснюється в разі натискання кла-

віші <F4> і наявності необхідних для документування результатів аналізу. При знаходженні в поточному вікні та натисканні клавіші <F4> отримана на даний момент інформація виводиться незалежно від встановленої ознаки. У разі успішного виведення документованої інформації в текстовий файл ACEO повідомленням підтвердить це. Роздрукувати збережені текстові файли можна буде тільки після закінчення роботи з ACEO, використовуючи системну програму PRINT.COM або інші спеціальні програми. Отримання графічного відображення результатів аналізу та вибору здійснюється натисканням клавіші <F5> при знаходженні у відповідному режимі. У цьому разі, як і під час виведення текстової інформації на принтер, з'явиться запит: «Ваш принтер готовий до роботи? (Y/N)». У разі натискання клавіші <Y> графічне відображення результатів аналізу або текстова інформація будуть виведені на принтер. Клавіша <N> — відмова від виведення. Реакцією на натискання інших клавіш буде звуковий сигнал.

В інсталяційний комплект ACEO входять: виконуваний файл, допоміжні файли, приклади, документація. Для інсталяції необхідно виконати такі дії:

1. Створити каталог для розміщення ACEO.
2. Встановити носій із комплектом ACEO в USB-порт.
3. Переписати вміст комплекту в створений каталог.
4. Запустити програму інсталяції INSTALL за допомогою мніпулятора «миша» або натисканням клавіші <Enter>.
5. Підтвердити початок роботи натисканням клавіші <Enter>.
6. Після закінчення інсталяції доцільно провести перезавантаження комп'ютера.

Вихід із режимів демонстрації в Windows відбувається натисканням клавіші <Esc>.

Висновки до розділу 5

Описано структуру, склад і функціональне наповнення розробленої ACEO. Питання про повноту покриття предметної області розв'язано шляхом реалізації набору методів аналізу та методів експертного оцінювання, які найчастіше зустрічаються

в практичних дослідженнях. Крім того, ухвалені архітектурні рішення під час побудови АСЕО дають змогу спростити процедуру зміни та доповнення використовуваного набору методів і алгоритмів. Таким чином, набір алгоритмів і методів формується відповідно до досвіду практичної діяльності дослідника, зокрема досвіду, отриманого в результаті застосування розробленої АСЕО. Запропоновано технологію застосування АСЕО під час прийняття управлінських рішень.

Наведено опис АСЕО «Вибір» для аналізу експертних оцінок і вибору найкращої альтернативи. Показано, що технічна та програмна реалізація методів і алгоритмів аналізу та оцінювання альтернатив на основі експертної інформації можлива й ефективна. Ці методи й алгоритми програмно реалізовано в АСЕО, що займає порівняно невеликий об'єм пам'яті, може працювати на різних типах комп'ютерів і терміналів, є технологічною і зручною в практичному використанні.

В АСЕО реалізовано статистичні та кореляційні методи аналізу експертної інформації, методи оцінки та вибору альтернатив на основі експертних оцінок, включно з розробленим методом комплексної експертної оцінки, які дають змогу розв'язувати досить широкий клас задач експертного оцінювання.

Очевидно, що в процесі практичного використання АСЕО виникне необхідність розширення його функціональних можливостей за рахунок додавання нових алгоритмів, методів і сервісних можливостей. Тому архітектура АСЕО побудована за модульним принципом, що забезпечує можливість швидкого розширення функціональних можливостей без істотної зміни її структури.

ної АСЕО. Запропоновано технологію застосування АСЕО під час прийняття управлінських рішень.

Наведено опис АСЕО «Вибір» для аналізу експертних оцінок і вибору найкращої альтернативи. Показано, що технічна та програмна реалізація методів і алгоритмів аналізу та оцінювання альтернатив на основі експертної інформації можлива й ефективна. Ці методи й алгоритми програмно реалізовано в АСЕО, що займає порівняно невеликий об'єм пам'яті, може

працювати на різних типах комп'ютерів і терміналів, є технологічною і зручною в практичному використанні.

В АСЕО реалізовано статистичні та кореляційні методи аналізу експертої інформації, методи оцінки та вибору альтернатив на основі експертних оцінок, включно з розробленим методом комплексної експертної оцінки, які дають змогу розв'язувати досить широкий клас задач експертного оцінювання.

Очевидно, що в процесі практичного використання АСЕО виникне необхідність розширення його функціональних можливостей за рахунок додавання нових алгоритмів, методів і сервісних можливостей. Тому архітектура АСЕО побудована за модульним принципом, що забезпечує можливість швидкого розширення функціональних можливостей без істотної зміни її структури.

ВИСНОВКИ

У монографії розглянуто та вирішено науково-прикладну проблему використання експертних та інформаційних технологій в управлінні та прийнятті рішень шляхом розроблення методів, алгоритмів та технологій для автоматизації цього процесу. У результаті виконаних досліджень отримано такі наукові та практичні результати:

- розглянуто основні поняття, терміни та визначення, що відносяться до досліджуваної предметної галузі, системний підхід до експертного оцінювання, методологічні аспекти експертного оцінювання;
- досліджено підготовку та етапи проведення експертизи, індивідуальні та колективні методи експертних оцінок, формалізацію експертної інформації за допомогою шкал, визначення вагових коефіцієнтів важливості характеристик/альтернатив та компетентності експертів;
- розглянуто методи аналізу експертної інформації за допомогою розрахунку статистичних характеристик, перевірки суперечливості думок експертів, визначення коефіцієнтів асоціації, рангової кореляції та коефіцієнта конкордації;
- розроблено технологію аналізу експертних оцінок шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності думок експертів для прискорення визначення їхньої узгодженості та достовірності;
- проведено аналіз методів експертних оцінок, що найчастіше використовуються на практиці, їхніх переваг і недоліків з метою формування передумов для розроблення нового методу шляхом комплексування;
- розроблено МКЕО, застосування якого дозволяє знизити ризик вибору нераціональної альтернативи за рахунок комплексно-

го використання методів експертних оцінок та практичні рекомендації щодо його застосування при порівняльному аналізі альтернатив для вибору найкращої;

- викладено загальні аспекти розроблення ІС та наведено їх класифікацію, описано властивості та можливості ІС, поняття знань і моделі їх подання, а також ЕС, їхні особливості та відмінності. Наведено алгоритм розроблення ЕС та архітектуру типової ЕС, ретроспективу виникнення СППР, їхні особливості, класифікацію, архітектуру та структуру;

- описано структуру, склад та функціональне наповнення АСЕО, запропоновано технологію її застосування під час прийняття управлінських рішень;

- розроблено АСЕО «Вибір» для аналізу та обробки експертної інформації, що дозволяє скоротити час, який витрачається на цей процес, та об'єктивізувати його;

- наведено опис АСЕО «Вибір» та показано, що технічна та програмна реалізація методів аналізу й оцінювання альтернатив на основі експертної інформації можлива та ефективна;

- запропоновано технологію використання розробленої АСЕО «Вибір» для проведення аналізу експертної інформації та оцінки, порівняння та вибору альтернатив.

Впровадження результатів дослідження в низці організацій та установ різних галузей економіки підтверджує ефективність розроблених методів, алгоритмів та технологій.

ПІСЛЯМОВА

За всієї проблематичності оцінок та вибору альтернатив для прийняття управлінських рішень із використанням експертних технологій вони є єдиним інструментарієм, що дозволяє розв'язувати задачі вибору в ситуаціях, коли обґрунтування й оцінка наслідків рішень не можуть бути виконані на основі точних математичних розрахунків, отже, дозволяють наблизитися до правильного рішення у складному процесі вибору. До цього висновку наводить досвід неодноразового застосування методів експертних оцінок у практичній діяльності.

Можливості експертних технологій як інструменту оцінки альтернатив для управління та прийняття рішень останнім часом розглядаються фахівцями дедалі пильніше. Таким чином, слід ще раз наголосити на актуальності досліджень у цій галузі, тим більше в частині розроблення зручного практичного інструментарію, реалізованого у вигляді автоматизованої системи на сучасній обчислювальній техніці.

У роботі досить докладно досліджено як питання розроблення АСЕО, так аспекти її побудови, до створення базової версії. При цьому одним з основних завдань, яке ставилося і вирішувалося на даному етапі, було завдання максимально широкого охоплення проблематики експертних та інформаційних технологій, а також розроблення реалізації методів аналізу та оцінювання в сучасній автоматизованій системі.

Подальші дослідження в цій галузі можуть бути здійснені в напрямку розширення сфери застосування експертних технологій для підвищення якості та ефективності вирішення практичних завдань.

Можливість та ефективність застосування методів, алгоритмів та технологій аналізу та обробки експертної інформації підтверджуються розв'язанням різномірних практичних задач, проведеним у ході цього дослідження, а також апробацією розробленої автоматизованої системи на підприємствах та в організаціях України для прийняття управлінських рішень на основі експертної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Моделі та методи прийняття рішень. Вид. 2-ге, перероб. та допов. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 336 с.
2. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: монографія. Київ : McLaut, 2008. 444 с.
3. Лисецкий Ю. М. Экспертные технологии в моделировании систем. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2018: Тринадцята міжнарод. наук.-практ. конф.* (Київ — Чернігів — Жукин, 25—29 червня 2018 р.). Київ — Жукин, 2018. С. 288—292.
4. Груб'як С. В. Сучасні аспекти розроблення і прийняття управлінських рішень. *Економіка і суспільство*. 2017. № 11. С. 201—204.
5. Виноградський М. Д., Виноградська А. М., Шканова О. М. Організація праці менеджера. Київ : Кондор, 2003. 414 с.
6. Гевко І. Б. Методи прийняття управлінських рішень. Київ : Кондор, 2009. 187 с.
7. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента (пер. с англ.). Москва : Дело, 1997. 492 с.
8. Мосов С., Рублюк О. Формирование и реализация управленческих решений: обоснование базовых принципов и структуры процесса. *Персонал*. 2004. № 8. С. 70—74.
9. Сопільник О. В. Технологія прийняття управлінських рішень. Дніпропетровськ : РВВДНУ, 2002. 108 с.
10. Тимченко А. А. Системний підхід до наукового дослідження (методико-технологічні аспекти). *Вісник ЧДТУ*. 2005. № 1. С. 191—197.
11. Лисецкий Ю. М. Дослідження підприємств за допомогою системного підходу. *Математичне моделювання в економіці*. 2014. № 1. С. 159—166.
12. Китаев Н. Н. Групповые экспертные оценки. М. : Экономика, 1975. С. 64.
13. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. М. : Высшая школа, 1989. 367 с.

14. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. Киев : Наукова думка, 2005. 743 с.
15. Згуровский М. З., Доброногов А. В., Померанцева Т. Н. Исследование социальных процессов на основе методологии системного анализа. Киев : Наукова думка, 1997. 221 с.
16. Тимченко А. А. Основы системного проектирования и системного анализа сложных объектов. Киев : Лыбидь, 2000. 272 с.
17. Горфман К. Л., Комков Н. И., Миндели Л. Э. Планирование и управление научными исследованиями. М. : Наука. 1971. 187 с.
18. Сапега В. Ю. Методологічні аспекти експертного оцінювання страхової діяльності в Україні. *МАГІСТЕРІУМ*. Вип. 44. Економічні студії. 2001. С. 71—74.
19. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки в принятии плановых решений. М. : Экономика, 1978. С. 133.
20. George A. Miller. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two. *The Psychological Review*, 1956, vol. 63, Issue 2, pp. 81—97.
21. Евланов Л. Г., Кутузов В. А. Экспертные оценки в управлении. М. : Экономика, 1978. С. 133.
22. Снитюк В. Е. Эволюционные технологии принятия решений в условиях неопределенности: монография. Киев : МП Леся, 2015. 347 с.
23. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М. : Статистика, 1980. 263 с.
24. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений. М. : Наука, 1979. 200 с.
25. Литвак Б. Г. Меры близости и результирующие ранжирования. *Кибернетика*. 1983. № 1. С. 57—63.
26. Экенроде Р. Т. Взвешенные многомерные критерии. *Статистические измерения качественных характеристик*. М. : Статистика, 1972. С. 139—154.
27. Шнейдерман М. В. Процедуры коллективного экспертного опроса и их экспериментальное исследование. *Автоматика и телемеханика*. 1988. № 5. С. 3—16.
28. Larchev O., Boichenko V., Moshkovich H., Sheptalova L. Modelling multiattribute information processing strategies in a binary decision task. *Organiz. Behav. and human perform.* 1980. v. 26. Pp. 278—291.
29. Литвак Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. М. : Радио и связь, 1984. 118 с.
30. Кендалл М. Ранговые корреляции. М. : Статистика, 1975. 174 с.
31. Spearman S. General intelligence objectwely determined and measured. *Amer. J. Psychob.* 1904. № 15. P. 201—293.
32. Лисецкий Ю. М. Технология анализа согласованности и достоверности экспертных оценок. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Технічні науки: зб. наук. праць*. 2017. Вип. 16. С. 72—79.

33. Лисецкий Ю. М. Технологии анализа данных при построении моделей экономических систем. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. № 1. С. 103—108.
34. Бёшелев С. Д., Карпова И. В. Выбор перспективной техники с помощью метода экспертных оценок. *Экономика и математические методы*. 1972. Т. VIII, Вып. 1. С. 45—52.
35. Уайдл Д. Оптимальное проектирование. Москва : Мир, 1981. 272 с.
36. Статников Р. Б., Матусов И. Б. Многокритериальное проектирование машин. М. : Наука, 1972. 48 с.
37. Аккоф Р. Планирование в больших экономических системах. М. : Сов. радио, 1972. 224 с.
38. Китаев Н. Н. Групповые экспертные оценки. М. : Экономика, 1976. 64 с.
39. Емельянов С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений. М. : Знание, 1985. 32 с.
40. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Статистика, 1977. 200 с.
41. Воронин А. Н., Михеев Ю. И. Синергетические методы комплексирования в задачах принятия решений. *Proc. XII-th Int. Conf. «KDS-2006»*. Varna, 2006. P. 180—185.
42. Лисецкий Ю. М. Метод комплексной экспертной оценки для проектирования сложных технических систем. *Математические машины и системы*. 2006. № 2. С. 141—146.
43. Лисецкий Ю. М. Інформаційні системи в управлінні економікою: колективна наукова монографія. *Проблеми та перспективи розвитку економічної кібернетики*. Київ, 2014. С. 65—80.
44. Лисецкий Ю. М. Інформаційні системи і технології в менеджменті: монографія. Київ : Логос, 2014. 417 с.
45. Лисецкий Ю. М. Інформаційні технології в управлінні та обробці інформації: монографія. Київ : ЛАТ&К, 2018. 268 с.
46. Rosenblatt Frank, The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Cornell Aeronautical Laboratory, Psychological Review*. 1958. v65, No. 6. pp. 386—408.
47. Лисецкий Ю. М., Калбазов Д. Й., Данченко О. І. Нейромережі. Розвиток та перспективи. *Математические машины и системы*. 2024. № 2. С. 24—32.
48. Ивахненко А. Г., Юрачковский Ю. П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. М. : Радио и связь, 1987. 120 с.
49. Томашевский В. М. Моделирование систем. Киев : Изд. БХВ, 2005. 352 с.
50. Лисецкий Ю. М. Некоторые подходы к построению моделей сложных систем. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2013: Восьма міжнар. наук.—практ. конф. (Київ — Жукин, 24—28 червня 2013 р.)*. Київ — Жукин, 2013. С. 326—330.

51. Болотовский Ю. И., Таназлы Г. И. ORCAD 9.x ORCAD 10.x. Практика моделирования. М. : СОЛОН-Пр., 2012. 208 с.
52. Лисецкий Ю. М. Математические модели и методы в технологии исследования сложных систем. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2014: Дев'ята міжнар. наук.—практ. конф. (Київ — Жукин, 23—27 червня 2014 р.).* Київ — Жукин, 2014. С. 255—259.
53. Глушков В. М. Кибернетика. Вопросы теории и практики: Развитие абстрактного мышления и запрет Геделя. М. : Наука, 1986. 488 с.
54. Теслер Г. С. Новая кибернетика. Киев : Логос, 2004. 404 с.
55. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / пер. с англ.: М. Л. Степановой. 8-е изд. М. : Вильямс, 2005. 1328 с.
56. Єрьоміна Н. В. Проектування баз даних: навч. посіб. Київ : КНЕУ, 1998. 208 с.
57. Christopher A., Chatwin S., Creary C. Introduction to Relational Databases and SQL Programming. London : McGraw-Hill Technology Education, 2004. 395 p.
58. Atzeni P., De Antonellis V. Relational Database Theory. Redwood City : Benjamin/Cummings, 1993. 377 p.
59. Hoffer J.A., Venkataraman R., Topi H. Modern Database Management. 12th Edition, London : Pearson Education, 2015. 600 p.
60. Abiteboul S., Hull R., Vianu V. Foundations of Databases: The Logical Level, 1st Edition. London : Pearson Education, 1994. 685 p.
61. Coronel C., Morris S. Database Systems: Design, Implementation, & Management. 12th Edition. London: Course Technology, 2016. 791 p.
62. Rivero L. C., Doorn J. H., Ferragaine V. E. Encyclopedia Of Database Technologies And Applications. London : Idea Group Publishing, 2005. 784 p.
63. Kroenke D. M. Database Processing Fundamentals, Design and Implementation. 14th Edition. London : Pearson Education, 2016. 540 p.
64. Connolly T. M., Begg C. E. Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation and Management. 5th Edition. London : Pearson Education, 2009. 1400 p.
65. Date C. J. An Introduction to Database Systems. London : Addison-Wesley Longman, 1999. 938 p.
66. Codd E. F. Recent Investigations in Relational Data Base Systems. San Jose : IBM Corporation, 1974. 42 p.
67. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных. М. : Финансы и статистика, 2002. 800 с.
68. Крэнке Д. Теория и практика построения баз данных. 8-е изд. П., 2003. 800 с.
69. Codd E. F. Further Normalization of the Data Base Relational Model. Data base systems, Englewood Cliffs. N.J. Prentice-Hall, 1972. P. 33—64.
70. Fagin R. A Normal Form for Relational Databases That Is Based on Domains and Keys. TODS. 1981. Vol. 6, № 3. P. 387—415.

71. B. G. Buchanan, E. H. Shortliffe. Rule-based expert systems: The mycin experiments of the stanford heuristic programming project. Addison-Wesley, Reading, MA. 1984. 702 p.
72. Новосад В. П., Селіверстов Р. Г., Артим І. І. Кількісні методи експертного оцінювання : наук.-метод. Розробка. Київ : НАДУ, 2009. 36 с.
73. Scott Morton M. S. Management Decision Systems: Computer-based Support for Decision Making. Boston: Harvard University, 1971. 515 p.
74. Kuznets S. Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread. — New Heaven, 1966. P. 9, 12.
75. Anthony, Robert Newton. Planning and control systems: a framework for analysis. 1965. 180 p.
76. Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. *Итоги науки и техники. Техническая кибернетика*. М. : ВИНТИ, 1987. Т. 21. С. 131—164.
77. Ситник В. Ф., Олексюк О. С., Гужва В. М. [та ін.]. Системи підтримки прийняття рішень. Київ : Техніка, 1995. 162 с.
78. Power D. J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach. California, 2000. 137 p.
79. Power D. J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources. COM, World Wide Web. 2003. May 31. Version 2.8. URL: <http://DSSResources.COM/history/dsshstory.html> (дата звернення 12.12.2024).
80. Системы поддержки принятия решений. URL: <http://bourabai.kz/tpoi/dss.htm> (дата звернення 12.12.2024).
81. Сараев А. Д., Щербина О. А. Системный анализ и современные информационные технологии. *Труды Крымской Академии наук*. Симферополь : СОНАТ, 2006. С. 47—59.
82. Терелянский П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография. В. : ВГТУ, 2009. 127 с.
83. Бояркина О. О., Шкаликова А. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 12. С. 17—16.
84. Класифікація СППР. URL: https://uchebnikonline.com/informatika/informatsiyni_sistemi_i_tehnologiyi_na_pidpriyemstvah__pleskach_vl/klasifikatsiya_sppr.htm.
85. Литвинец В.И., Василевский Я.И. Архитектура корпоративной информационной системы на основе базы знаний КВО, ERP и OLAP технологий. Сборник Научные труды БГЭУ, Минск, БГЭУ, выпуск 6, 2013. С. 212—218.
86. Селиванов А.И., Литвинец В.И. Архітектура систем підтримки прийняття управлінських рішень на основі технологій IV промислової революції. Науковий вісник Ужгородського національного університету.

- Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. Випуск 22, частина 3. 2018. С. 51—54.
87. Липкин Е. Индустрия 4.0: Умные технологии — ключевой элемент в промышленной конкуренции. М., 2017. 224 с.
88. Рот А. Внедрение и развитие Индустрии 4.0: Основы, моделирование и примеры из практики. М.: Техносфера, 2017. 293 с.
89. Архитектуры систем поддержки принятия решений. URL: <http://lissianski.narod.ru/dwarch/dwarch.html> (дата звернення 12.12.2024).
90. Структура и основные компоненты СППР. URL: <http://libraryno.ru/3-2-2-struktura-i-osnovnye-komponenty-sppr-itubzh/> (дата звернення 12.12.2024).
91. Лисецкий Ю. М. Система поддержки принятия решений для выбора элементного базиса корпоративной интегрированной информационной системы. *Математичні машини і системи*. 2017. № 3. С. 23—37.
92. Лисецкий Ю. М., Каревина Н. П. Об автоматизации экспертных оценок. *Математичні машини і системи*. 2008. № 1. С. 151—162.

Наукове видання

БОРИСЕНКО Валерій Євгенювич,
КОЛОТОВ Вячеслав Вікторович,
ЛИСЕЦЬКИЙ Юрій Михайлович,
ТКАЧ Іван Михайлович

**ЕКСПЕРТНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ
ТА ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ**

Монографія

За загальною редакцією
Лисецького Юрія Михайловича

Літературний редактор, коректор *А.В. Галушкіна*
Комп'ютерна верстка, макетування *Н.М. Коваленко*
Дизайн обкладинки *О.О. Старовойтенко*
Технічний редактор *В.Ю. Бихун*

Підп. до друку 20.05.2025. Формат 64×90/16.
Папір офсетний. Друк офсетний
Ум. друк. арк. 6,82 Тираж 500 прим. Зам. № 29/1

Видавець Бихун В.Ю.
Видавництво «ЛАТ&К»
вул. Леонтовича, 9, к. 18, м. Київ, 01054
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 5366 від 26.06.2017 р.
тел./факс: +38 044 235 000 9 моб.: +38 050 310 22 04
e-mail: lk@ukr.net