

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

На правах рукопису

АНДРІЙЧУК ОЛЕГ ВАЛЕНТИНОВИЧ



УДК 519.816, 681.518.2

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ
ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Спеціальність 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень

Дисертація

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник
Циганок Віталій Володимирович
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Київ – 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
<i>РОЗДІЛ 1</i> ОСОБЛИВОСТІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СЛАБКО СТРУКТУРОВАНИХ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЯХ	13
1.1 Застосування експертних систем підтримки прийняття рішень в слабко структурованих предметних областях	13
1.1.1 Ознаки слабко-структурованих предметних областей.....	15
1.1.2 Особливості моделей представлення знань у слабо структурованих предметних областях	19
1.1.3 Врахування особливостей знань в моделі подачі знань «граф ієрархії цілей».....	21
1.2 Визначення змістової подібності об'єктів баз знань в процесі підтримки прийняття рішень	24
1.2.1 Місце методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань в експертній системі підтримки прийняття рішень	26
1.2.2 Структура бази знань експертної системи підтримки прийняття рішень	29
1.3 Особливості задач, що вирішуються з застосуванням методу визначення змістової подібності	30
1.4 Аналіз наявних підходів, методів та моделей визначення змістової подібності	31
1.5 Висновки за розділом 1	32
<i>РОЗДІЛ 2</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	34
2.1 Сутність підходу визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень.....	34

2.2 Постановка задачі визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень.....	34
2.3 Сутність методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень.....	35
2.4 Інші можливі варіанти використання методу.....	41
2.5 Висновки за розділом 2.....	42
<i>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ</i>	
<i>ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ</i>	
<i>СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.....</i>	
3.1 Імітаційне моделювання експертних оцінок.....	44
3.1.1 Закони розподілу експертних оцінок, що моделюються.....	45
3.1.2 Моделювання ординальних експертних оцінок.....	49
3.1.3 Моделювання експертних оцінок, що задаються у вигляді матриць парних порівнянь у шкалі переваг Сааті.....	52
3.2 Моделювання експертних оцінок для перевірки достовірності методу визначення змістової подібності.....	55
3.2.1 Опис експерименту.....	56
3.2.2 Реалізація експериментальної перевірки адекватності методу.....	58
3.2.3 Статистична достовірність результатів дослідження.....	61
3.2.4 Результати експерименту.....	62
3.6 Висновки за розділом 3.....	63
<i>РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ</i>	
<i>ЗМІСОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ</i>	
<i>ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.....</i>	
4.1 Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень „Консенсус”.....	64
4.1.1 Реєстрація в системі „Консенсус”.....	65
4.1.2 Формування нової проблеми.....	67
4.1.3 Вибір методу експертного оцінювання.....	68
4.1.4 Інтерфейс організатора експертизи.....	69

4.1.5 Засоби комунікації в системі	70
4.1.6 Декомпозиція цілей ієрархії групою експертів.....	71
4.1.7 Визначення часткових коефіцієнтів впливу	81
4.2 Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь „Рівень”	84
4.2.1 Архітектура програмного інтерфейсу системи „Рівень”.....	86
4.2.2 Архітектура обчислювального ядра системи „Рівень”	88
4.2.3 Обмін даними	90
4.2.4 Особливості роботи експертів	90
4.3 Експериментальний аналіз технології експертного оцінювання.....	98
4.3.1 Запропонована технологія експертного оцінювання.....	99
4.3.2 Обґрунтування необхідності експерименту.....	100
4.3.3 Мета і сутність експерименту.....	101
4.3.4 Особливості та засоби забезпечення чистоти експерименту	103
4.3.5 Обробка та аналіз результатів експерименту.....	104
4.3.6 Поетапна процедура виконання експерименту екпертом	105
4.3.7 Чисельні результати експерименту	108
4.4 Підсистема визначення змістової подібності	109
4.4.1 Приклад поліпшення якості рекомендацій для особи, яка приймає рішення, завдяки підвищенню адекватності моделі предметної області.....	114
4.5 Застосування системи підтримки прийняття рішень для вибору конфігурації системи електронного документообігу.....	115
4.5.1 Опис підходу до розробки технічного завдання на основі експертних знань.....	116
4.5.2 Опис гіпотетичного прикладу.....	118
4.6 Застосування системи підтримки прийняття рішень для побудови Системи кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки	125

4.6.1 Проблема оцінки ефективності космічної діяльності у контексті космічної Програми на 2013-2017 роки та Плану Заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік	126
4.6.2 Аналіз наявних підходів до оцінювання ефективності та побудови стратегій у сфері космічної діяльності.....	129
4.6.3 Процедура побудови системи кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану Заходів	132
4.6.4 Сутність методики обчислення ефективності виконання Плану Заходів	139
4.7 Висновки за розділом 4	140
ВИСНОВКИ	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	146
ДОДАТКИ	158

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

БЗ	– база знань
БД	– база даних
ЕО	– експертні оцінки
КПЗЕО	– комплекс програмних засобів для експертного оцінювання
КС	– ключове слово
МОНМС	– Міністерство освіти і науки, молоді та спорту
МПП	– матриці парних порівнянь
МЦДОА	– методі цільового динамічного оцінювання альтернатив
НАН	– Національна академія наук
ОПР	– особа, яка приймає рішення
СЕД	– система електронного документообігу
СППР	– система підтримки прийняття рішень
СРЗОЕІ	– система розподіленого збору та обробки експертної інформації
СУБД	– система управління базою даних
ЧКВ	– частковий коефіцієнт впливу
ERMS	– electronic record management system
EDMS	– electronic document management system
MoReq	– Model Requirements

ВСТУП

Актуальність теми. На теперішній час, в умовах жорсткої конкуренції, стрімко зростає “ціна” помилки при прийнятті рішень. Задля забезпечення високого професійного рівня рішень застосовують системи підтримки прийняття рішень (СППР), результатом роботи яких є рекомендації особам, що приймають рішення (ОПР). Якість таких рекомендацій безпосередньо впливає на ефективність прийнятого рішення. Постійне підвищення складності моделей слабо структурованих предметних областей вимагає адекватного та детального відображення сукупності факторів та їх взаємозв'язків у базі знань (БЗ) СППР. Значний рівень деталізації БЗ призводить до надлишковості, неоднозначності, наявності протиріч у БЗ і, тим самим, до погіршення адекватності моделей слабо структурованих предметних областей.

Для побудови адекватних та детальних моделей слабо структурованих предметних областей, наряду з об'єктивною, необхідно використовувати інформацію, отриману від експертів. Властивості слабо структурованих предметних областей унеможливають формування якісної навчальної вибірки компактних експертних формулювань “мовою предметної області”, що в свою чергу не дозволяє на основі існуючих методів та моделей визначати змістову подібність для однозначної інтерпретації за змістом кожного об'єкта БЗ експертної СППР.

Тому, розробка методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР є актуальною задачею.

Сучасні розробки методів та моделей визначення змістової подібності належать ряду як вітчизняних (А.В. Анісімов, К.С. Ліман, А.А. Марченко, О.Г. Додонов, Д.В. Ланде), так і зарубіжних (Scott Deerwester, Susan T. Dumais, Richard Harshman, Thomas Hofman, David M. Blei, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan, Peter D. Turney, Kai-Wei Chang, Wen-tau Yih, Christopher

Meek, Kevin Lund, Curt Burgess, Magnus Sahlgren, Islam Beltagy, Katrin Erk, Raymond Mooney) вчених.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконувалося у відповідності до планів науково-дослідницьких робіт, у рамках виконання держбюджетних та госпрозрахункових тем Інституту проблем реєстрації інформації НАН України:

- ”Розробка наукових засад створення систем підтримки прийняття рішень ординального типу” (шифр “РАНГИ”; державний реєстраційний номер 0109U002106);
- ”Теоретико-методологічні засади створення корпоративних автоматизованих інформаційно-аналітичних систем підвищеної живучості” (шифр “KORPYS-2007”; державний реєстраційний номер 0107U002354);
- ”Розроблення системи кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної техніки на 2013 рік” (шифр “Програма-Н (ППІ)”; державний реєстраційний номер 0113U002766);
- ”Розроблення методики оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік” (шифр “Програма-Н (методика)”; державний реєстраційний номер 0113U007093);
- ”Дослідження та розробка адаптивних технологій організації обчислень і математичне моделювання вузлів глобальних архітектур для інформаційних систем державного управління” (шифр теми “НОРМА”; державний реєстраційний номер 0112U000667);
- ”Розробка методів та засобів комп’ютерного моделювання систем організаційного управління” (шифр „МОДУС – 2012”; державний реєстраційний номер 0112U002348);

- ”Теоретичні та технологічні засади експертної підтримки прийняття рішень при побудові стратегічних планів” (шифр “СТРАТЕГІЯ”; державний реєстраційний номер 0115U002075).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка методу визначення змістової подібності об’єктів БЗ експертних СППР, який підвищує адекватність моделей слабо структурованих предметних областей, завдяки чому досягається поліпшення якості рекомендацій для ОПР.

Досягнення поставленої мети потребує виконання наступних завдань:

- 1) Визначити особливості моделей слабо структурованих предметних областей, поданих у вигляді БЗ експертних СППР та визначити фактори, що впливають на якість рекомендацій для ОПР.
- 2) Провести аналіз існуючих методів визначення змістової подібності об’єктів предметних областей.
- 3) Розробити метод, який дозволяє в БЗ СППР визначати змістову подібність об’єктів, назви яких подані у вигляді коротких експертних формулювань.
- 4) Побудувати та реалізувати імітаційні моделі експертних оцінок з метою їх застосування при дослідженні достовірності розробленого методу.
- 5) Реалізувати розроблений метод визначення змістової подібності в рамках відповідного програмного інструментарію побудови БЗ експертних СППР.

Об’єкт дослідження — процес визначення змістової подібності об’єктів БЗ слабо структурованих предметних областей в експертних СППР.

Предмет дослідження — методи та моделі визначення змістової подібності об’єктів БЗ слабо структурованих предметних областей в експертних СППР.

Методи дослідження. У ході дослідження були використані: системна методологія, теорія нечітких топологічних просторів, методи математичної статистики, методи отримання та обробки експертних оцінок.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна, дисертаційної роботи полягає у наступному:

- 1) Вперше розроблено метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ слабо структурованих предметних областей в експертних СППР, який, на відміну від існуючих, не потребує наявності навчальної вибірки формулювань об'єктів та базується на використанні експертної інформації.
- 2) Вперше розроблено імітаційну модель експертних оцінок для перевірки достовірності розробленого методу та на її основі створено моделюючий комплекс, що забезпечує можливість тестувати методи експертної підтримки прийняття рішень без проведення високовартісних експертиз із залученням реальних експертів.
- 3) Удосконалено програмний інструментарій побудови БЗ експертної СППР шляхом розробки підсистеми визначення змістової подібності, що дало можливість підвищити якість рекомендацій для ОПР.

Практичне значення отриманих результатів.

- Розроблений у дисертаційній роботі метод реалізовано в вигляді макетів відповідних підсистем для СППР “Солон-3” [1] та “Консенсус” [102].
- Розроблено новий програмний інструментарій експертного оцінювання шляхом парних порівнянь у вигляді комплексу програмних засобів “Рівень” [101].
- Реалізовано технологію побудови БЗ СППР експертними групами у вигляді системи розподіленого збору та обробки експертної інформації “Консенсус”.

Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень – “Консенсус”, комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь “Рівень” та макет підсистеми визначення змістової подібності знайшли своє практичне застосування в інтеграції з СППР “Солон-3” при проведенні групового експертного оцінювання в рамках побудови системи кількісних та якісних показників для оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку

космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 р. в Інституті космічних досліджень НАН України та Державного космічного агентства України.

Окрім того, результати дисертаційного дослідження впроваджені ТОВ “Комп’ютерні інформаційні технології” при розробці інформаційно-телекомунікаційної системи “Єдиний веб-портал територіальної громади міста Києва”.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, виконаних у співавторстві, авторові належать: обґрунтування вибору законів розподілу випадкових величин для імітації індивідуальних експертних ранжирувань [84-85] та кардинальних експертних оцінок [85, 87]; конфігурація параметрів законів розподілу випадкових величин для імітації індивідуальних експертних оцінок [84-85, 87], реалізація відповідних експериментальних досліджень [84-87, 90]; інтерфейс програмного комплексу для проведення порівняльного дослідження різних технологій експертного оцінювання [86]; методика побудови БЗ СППР для вибору конфігурації сховищ даних [88]; ідея та проведення експериментальної перевірки методу визначення змістової подібності об’єктів БЗ СППР [90].

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідались та обговорювались на наступних наукових заходах:

- Низка семінарів “Системні дослідження та інформаційні технології” (Учбово-науковий комплекс “Інститут прикладного системного аналізу” при НТУУ “КПІ”, 2014-15 рр.);
- Щорічні підсумкові наукові конференції Інституту проблем реєстрації інформації НАН України (м. Київ, 2010-15 рр.);
- Сьома та восьма конференції з міжнародною участю “Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика” СППР – 2011-2012 (Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, 2011-12 рр.);

- Міжнародний форум “Проблеми розвитку інформаційного суспільства” (м. Львів, 2009 р.);
- XI та XIII Міжнародні симпозиуми з методу аналізу ієрархій, ISAHP 2011 (м. Сорренто, Італія, 2011 р.) та ISAHP 2014 (м. Вашингтон, США, 2014 р.);
- Восьма міжнародна конференція “Якісні та кількісні методи в бібліотеках” QQML-2012 – (м. Лімерик, Ірландія, 2012 р.).

Публікації. Результати дисертації викладені в 19 публікаціях, у тому числі, в 7 статтях у провідних фахових наукових виданнях (з них 2 в іноземних виданнях та 1 у виданні України, що включене до міжнародної науко-метричної бази Scopus) [84-90], тезах 10 доповідей наукових конференцій [91-100] та 2 свідоцтвах про реєстрацію авторського права на твір [101-102].

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 102 найменувань, додатків. Обсяг основної частини – 133 сторінки. Робота містить 10 таблиць і 76 рисунків.

РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СЛАБКО СТРУКТУРОВАНИХ ПРЕДМЕТНИХ ОБЛАСТЯХ

1.1 Застосування експертних систем підтримки прийняття рішень в слабко структурованих предметних областях

Діяльність будь-якого керівника повсякденно пов'язана з необхідністю прийняття рішень. Прийняття рішення є особливий вид діяльності, який полягає у формуванні варіантів рішення (альтернатив) з наступною оцінкою їх відносної ефективності і розподілом згідно з цим ресурсів між варіантами. Більш простими типами рішень є прийняття чи відхилення альтернативи, вибір найкращої альтернативи, ранжування альтернатив.

Для прийняття комплексних рішень часто треба враховувати численні (десятки і сотні) взаємопов'язані фактори, які складним чином взаємодіють між собою. Задля забезпечення високого професійного рівня рішень, необхідна інтеграція знань багатьох спеціалістів-експертів. Але людина, через психофізіологічні обмеження, спроможна одночасно оперувати максимум 7-9 об'єктами [2]. Для подолання цього обмеження застосовують СППР (рис. 1.1) [89].



Рис. 1.1 Функціональна схема СППР

При вирішенні задач в слабо структурованих предметних областях, де на теперішній час все ширше використовують СППР, все більш актуальною стає задача підвищення адекватності моделі предметної області для підвищення достовірності рекомендацій, що виробляються за допомогою СППР. Невід'ємною складовою СППР є інформація, отримана від експертів у вигляді найменувань об'єктів сформульованих природною мовою, тому дуже важливо для адекватного врахування колективної думки експертів при встановленні зв'язків між такими об'єктами в БЗ експертних СППР однозначно ідентифікувати ці об'єкти (тобто формально представити на мові понять, що притаманні даній предметній області). Оскільки складність предметних областей неухильно призводить до зростання розмірів БЗ, що представляють дані предметні області, то саме в таких ситуаціях питання однозначної ідентифікації об'єктів цих баз постає особливо гостро.

На якість рекомендацій СППР, які надаються ОПР, впливає ряд факторів (рис. 1.2) [100]. Одним із найважливіших серед них є Адекватність моделі предметної області. В свою чергу на цей фактор впливають надлишковість, неоднозначність та наявність протиріч у БЗ СППР. Для зменшення негативного впливу цих факторів, пропонується до методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ.

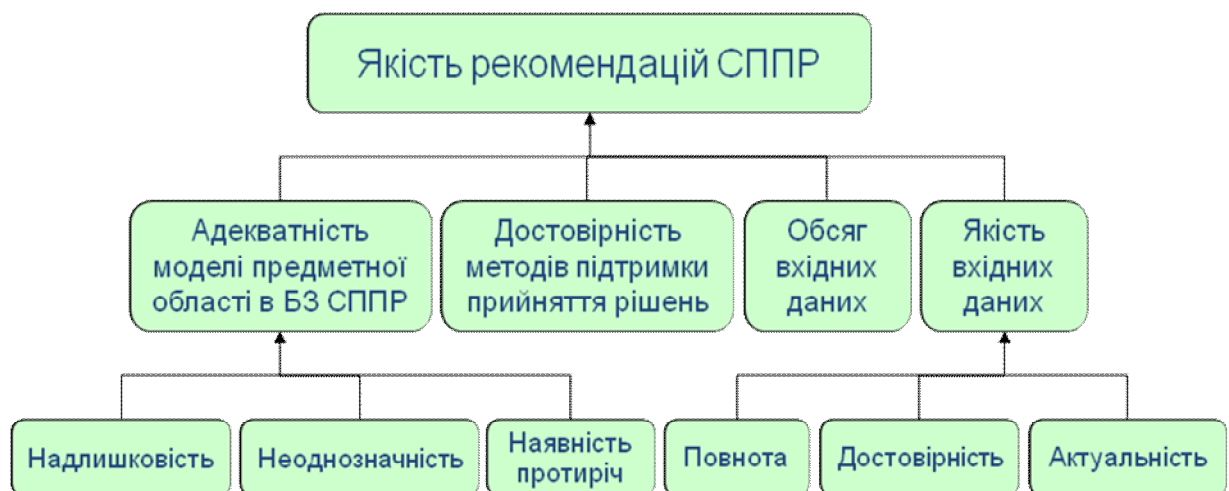


Рис. 1.2 Фактори, що впливають на якість рекомендацій СППР

На теперішній час при побудові моделей предметних областей в СППР значна увага дослідників приділяється методам отримання і обробки експертних оцінок, які досить широко представлені та далі освітлюються в наукових публікаціях. Таким чином, зазвичай приділяється увага оцінюванню об'єктів із заздалегідь побудованої БЗ. В процесі визначення та ідентифікації цих об'єктів експертами, до теперішнього часу в основному покладаються на чіткість та однозначність їх формулювань. При зростанні кількості об'єктів в БЗ СППР, особливо при застосуванні групових методів побудови БЗ, питання безпомилкової ідентифікації стає все більш актуальним.

При побудові та супроводі БЗ найбільш адекватне відображення інтегрованої думки експертів можна досягти шляхом виключення помилкового повторного введення ідентичних за змістом, але різних за формою, формулювань назв об'єктів, що можливо при допомозі організації пошуку споріднених за змістом формулювань. Підвищення ефективності використання знань, отриманих від експертів, можливе шляхом повторного використання раніше побудованих ієрархій цілей, але при цьому процес об'єднання ієрархій потрібно автоматизувати, оскільки при достатньо великих ієрархіях, а особливо для ієрархій побудованих експертними групами різного профілю, існує вірогідність помилки.

1.1.1 Ознаки слабо-структурованих предметних областей

СППР використовуються для управління об'єктами в слабо структурованих предметних областях [3]. Ці предметні області мають наступні особливості [4-5]: унікальність, відсутність цілі функціонування, яку можна формалізувати, відсутність оптимальності, динамічність, неповнота опису, наявність людського фактору, неможливість побудувати аналітичну модель, відсутність еталонів, велика розмірність простору рішення (рис. 1.3) [89-90]. Приклади слабо структурованих предметних

областей: управління, сталий розвиток, автоматизація та інформатизація, кадрові рішення, комерційна (ділова) сфера, маркетинг, банківська галузь, промисловість, енергетика, транспортна сфера, медицина та інші.



Рис. 1.3 Властивості слабо структурованих предметних областей

Розгляньмо докладніше перераховані ознаки слабо структурованих предметних областей.

Об'єкти в слабо структурованих предметних областях є унікальними. Фактично, системи управління для цих областей створюються одноразово, з метою вирішення реальних задач; перенесення таких моделей на інші об'єкти потребує великих витрат чи просто є неможливим.

В системах, що не створюються людиною (наприклад, екологічних), а також у суспільних та адміністративних системах відсутня ціль функціонування, яку можна формалізувати. Ціллю функціонування таких систем є їх працездатність в цілому, підтримка деяких параметрів в заданих

межах, проте формалізувати таку ціль у вигляді деякого критерію, як правило, неможливо. Наприклад, в екологічній системі всі фактори, які впливають на її функціонування, настільки численні, а зв'язки між ними настільки складні й неочевидні, що задати певну функцію для опису цілі її функціонування, в принципі неможливо.

Через відсутність цілі функціонування, яка піддається формалізації, неможливо побудувати функцію, оптимізація якої забезпечила б найкращий режим функціонування об'єкта. Об'єктивної функції оптимізації не існує, можна вказати тільки окремі фактори, які можливо оптимізувати. Втім, неможливо оптимізувати кожен з цих факторів окремо, оскільки вони тісно зв'язані між собою, і їхні зв'язки будуть порушені в процесі оптимізації. Це може привести до порушення процесу, що регулює або підтримує систему в стійкому стані відносно змінного навколишнього середовища, в якому ця система функціонує, та, можливо, приведе до катастрофічних явищ та незворотних змін в системі.

Оскільки в слабо структурованій предметній області відсутня ціль функціонування, яку можна формалізувати, а також неможливо побудувати функцію, оптимізація якої забезпечить найкращий режим функціонування об'єкта, то неможливо побудувати і аналітичну модель цієї предметної області.

Динамічність пов'язана з тим, що структура та функціонування об'єкта змінюються з часом, тобто об'єкт еволюціонує. Управління такими системами повинно бути адаптивним, здатним змінюватися при зміні об'єкта.

Неповнота опису пов'язана з неточністю, неповнотою, невизначеністю, та недостовірністю даних, що описують об'єкт.

Характеристики об'єктів проблематично кількісно описати, тому в слабо структурованих предметних областях недоцільно говорити про існування еталонних значень цих характеристик.

Велика розмірність простору рішень зумовлена великою кількістю та різномірністю критеріїв, які характеризують предметну область.

Об'єктами управління можуть бути люди, які мають свободу волі. Передбачити поведінку людини, як об'єкта управління чи компоненту системи часто буває неможливо. Людина діє в системі, враховуючи свої особисті цілі та інтереси. Тому при моделюванні об'єкта управління поведінку людей важко враховувати.

Слід відмітити, що зазвичай в штучному інтелекті під слабо структурованими предметними областями мають на увазі предметні області з наступними властивостями [3, 6]: неможливість формалізувати цілі функціонування, неможливість побудувати аналітичну модель, неповнота опису об'єктів, динамічність даних і знань, а також велика розмірність простору рішень. У таких предметних областях є численні фактори з складними та неочевидними зв'язками між собою, через що неможливо аналітично задати цільову функцію для формалізації цілі функціонування, а, як наслідок, неможливо побудувати аналітичну модель. Неповнота опису пов'язана з неточністю, неповнотою, невизначеністю та недостовірністю даних, що описують об'єкт. Динамічність даних та знань пов'язана з тим, що структура функціонування об'єкта змінюється з часом, тому управління такими системами повинно бути адаптивним, здатним змінюватися при зміні об'єкта. Велика розмірність простору рішень зумовлена великою кількістю та різноманітністю критеріїв, які характеризують предметну область.

Експертні СППР застосовуються в більш складних предметних областях, де, наряду з перерахованими вище, мають місце й наступні властивості [3-4]: відсутність еталонів, унікальність рішень, наявність впливу людського фактору. Характеристики об'єктів проблематично кількісно описати, тому недоцільно говорити про існування еталонних значень цих характеристик. Об'єкти слабо структурованих предметних областей є унікальними, тобто фактично системи управління для них створюються одноразово для вирішення реальних задач і перенесення таких моделей на інші об'єкти потребує великих витрат чи просто є неможливим. При

моделюванні об'єкта управління поведінку людей важко враховувати, оскільки вони мають свободу волі і можуть бути непередбачувані.

Відомі результати дослідження, проведеного Delphi Group (США) [6] показують, що знання, якими оперує певна організація розподіляються у наступному співвідношенні (див. рис. 1.4):

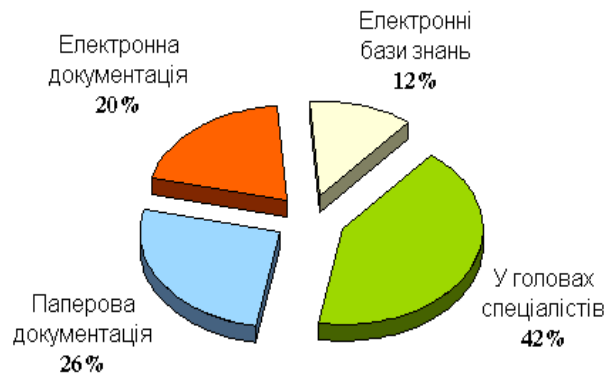


Рис. 1.4 Склад знань організацій за результатами дослідження Delphi Group

Як видно з діаграми (рис. 1.4), значна частка наявних знань типової організації належить спеціалістам-експертам. Тому, використання експертних знань конче необхідне для повного та адекватного відображення усіх властивостей предметної області у БЗ СППР.

1.1.2 Особливості моделей представлення знань у слабо структурованих предметних областях

Розгляньмо особливості, які повинні бути враховані в моделях подання знань в слабо-структурованих предметних областях. Сутність методології математичного моделювання [7] полягає в переході від досліджуваного об'єкта до його математичної моделі та подальшому дослідженні моделі в рамках обчислювального експерименту за допомогою програмно реалізованих обчислювально-логічних алгоритмів. Це доцільно у випадках, коли експеримент з реальним об'єктом небезпечний, дорогий, проходить в

незручному масштабі простору та часу, неможливий, неповторний, не наочний тощо.

В СППР експертні знання формалізуються за допомогою моделей подачі знань. Це означає, що більша адекватність моделей предметних областей може бути досягнута тією моделлю подачі знань, яка більш повно враховує особливості знань. Знання мають наступні особливості, що відрізняють їх від традиційних даних [5, 89, 97]:

- внутрішня інтерпретованість;
- структурованість;
- зв'язність;
- семантична метрика;
- активність.

Внутрішня інтерпретованість знання означає, що кожна інформаційна одиниця повинна мати унікальне ім'я, за яким інформаційна система її знаходить, а також відповідає на запити, в яких це ім'я згадується. Структурованість означає, що знання повинні мати гнучку структуру, одні інформаційні одиниці можуть включатися до складу інших (змістові відношення типу “частина – ціле”, “елемент – клас”, “рід – вид” та інші [4]). Зв'язність знання означає, що в інформаційній системі повинна бути передбачена можливість встановлення різних типів зв'язків між різними інформаційними одиницями (причинно-наслідкові, просторові та ін.). На множині інформаційних одиниць корисно задавати відношення, які характеризують ситуаційну близькість цих одиниць у вигляді семантичної метрики. Активність знання означає, що виконання програм в інтелектуальній системі повинно ініціюватися поточним станом бази знань.

Також часто відокремлюють інші властивості знання, наприклад шкальованість, яка означає, що формально неоднакові поняття насправді відображаються на одній і тій самій шкалі понять, різні поділки якої відповідають інтенсивності прояву одного й того самого фактора. Наприклад,

температура може бути високою або низькою, і це породжує такі поняття, як “холодно”, “тепло”, “гаряче”.

1.1.3 Врахування особливостей знань в моделі подачі знань «граф ієрархії цілей»

Погляньмо, як враховуються вищеописані особливості знань у моделі подачі знань «граф ієрархії цілей» [3]. В рамках цієї моделі шляхом експертного оцінювання будується ієрархія цілей або БЗ, що задана орієнтованим графом типу мережа (рис. 1.5). Вершини графу являються цілями або об'єктами БЗ. Дуги відображують вплив досягнення одних цілей на досягнення інших: дуги (ребра), що виходять з цілей, входять в їхні безпосередні надцілі. Цілі можуть бути кількісними та якісними.

При побудові ієрархії цілей використовується метод ієрархічного цільового оцінювання альтернатив [3], в рамках якого будують ієрархію цілей, визначають відповідні часткові коефіцієнти впливу та оцінюють відносну ефективність проектів. Спочатку формулюється головна ціль проблеми і можливі варіанти її досягнення (проекти), що, зрештою, будуть оцінюватись. Потім в два етапи здійснюється побудова графу ієрархії цілей: ”згори-донизу” та ”знизу-догори” [3]. Етап ”згори-донизу” полягає у послідовній декомпозиції кожної цілі на підцілі чи проекти, досягнення яких впливає на досягнення даної цілі чи проекту. Головна ціль підлягає декомпозиції на більш прості складові – цілі, які впливають на неї. Далі ці сформульовані цілі також підлягають декомпозиції на більш прості складові – підцілі, які потім також будуть підлягати декомпозиції. При декомпозиції цілі до переліку підцілей, що впливають на її досягнення, окрім щойно сформульованих підцілей, можуть бути включені вже наявні у ієрархії цілі, які були сформульовані раніше, при декомпозиції інших цілей. Процес декомпозиції зупиняється, коли множини підцілей, що впливають на цілі, які розкриваються, будуть складатися з уже розкритих цілей та варіантів рішень,

що оцінюються. Таким чином, після завершення процесу декомпозиції не залишається нерозкритих цілей. Етап "знизу-догори" полягає у визначенні для кожного проекту та кожної цілі всіх надцілей, на досягнення яких впливає досягнення даної цілі чи проекту.

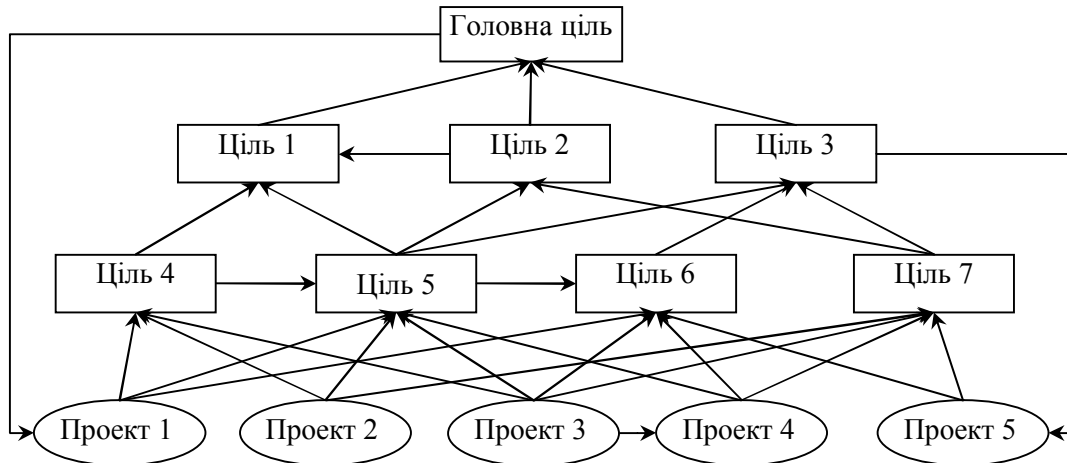


Рис. 1.5 Ієрархія цілей

Як було сказано вище, експерти будують ієрархію цілей, що задається орієнтованим графом типу мережа (рис. 1.5). Його вершини позначені формулюваннями цілей. Наявність дуги, що йде з однієї вершини в іншу (цілями), означає наявність впливу досягнення однієї цілі на досягнення іншої. В результаті описаного процесу побудови ієрархії цілей, відповідний граф, що її задає, є одностороннє зв'язним, тому що з будь-якої вершини графа існує шлях до вершини, яка позначає головну ціль. Кожній цілі поставлено у відповідність показник ступеня досягнення від 0 до 1. Цей показник дорівнює 0 за відсутності будь-якого прогресу в досягненні цілі, а при повному її досягненні – дорівнює 1. Кожний вплив однієї цілі на іншу може бути як позитивним, так і негативним, а його ступінь виражається відповідним показником – частковим коефіцієнтом впливу (ЧКВ). У методі цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА) також враховується часова затримка впливу [3]. Для проектів враховується тривалість виконання. Існує також підхід (оснований на МЦДОА), який дозволяє відобразити складну динамічну поведінку об'єкта, що еволюціонує

з часом [94]. ЧКВ визначаються експертним шляхом, а для підвищення достовірності експертного оцінювання застосовують метод парного порівняння.

Як уже зазначалося, людина має певні психофізіологічні обмеження на кількість блоків інформації, що вона може одночасно тримати в короткочасній пам'яті [2]. Тобто більшість людей з нормальними середніми здібностями, зазвичай, можуть одночасно тримати у пам'яті 5 об'єктів, з високими здібностями – 7, а при тренуванні людини на певний тип інформації, чи при особливо високих здібностях – 9. При цьому, у складних ієрархіях цілей у процедурі "згори-донизу" у кожної цілі може бути більш ніж 9 підцілей та проектів. Аналогічно в процедурі "знизу-догори" для кожного проекту та кожної цілі може бути більш ніж 9 надцілей. Таким чином, при досить значній кількості цілей в ієрархії, для людини виникають певні складнощі пошуку цілей/проектів, схожих за змістом, а також можливість помилкового пропуску впливу експертом.

З'ясуємо, як врахована внутрішня інтерпретованість знань в моделі подачі знань «граф ієрархії цілей». В процесі визначення та ідентифікації цілей ієрархії експерти, в основному, покладаються на чіткість та однозначність їхніх формулювань. Але при досить великих розмірах БЗ існує можливість помилкового введення однакових за змістом цілей. Зокрема, при об'єднанні декількох ієрархій, що сформульовані експертними групами різної спеціалізації, можлива ситуація, коли різними формулюваннями описується одна й та сама ціль. Отже, внутрішня інтерпретованість знань в моделі граф ієрархії цілей не завжди може бути врахована.

Процес декомпозиції цілей на підцілі, який було описано вище, дозволяє досягнути структурованості та зв'язності знань. Активність знань досягається шляхом використання в ієрархії кількісних цілей [3]. Шкальованість знань досягається шляхом використання експертами при оцінюванні вербальних шкал [3, 8], які задіяні, зокрема, у відповідній адаптивній технології експертного оцінювання [86, 101].

Отже в моделі подачі знань «граф ієрархії цілей» відсутня семантична метрика та не завжди може бути врахована внутрішня інтерпретованість знань. Для врахування цих особливостей знань пропонується використовувати метод змістової ідентифікації об'єктів БЗ СППР [89, 93, 97].

Слід зазначити, що граф ієрархії цілей подібний до прогнозного графу, для якого також характерна описана особливість – відсутність семантичної метрики. В доповіді про використання прогнозного графу для прогнозування і керування науковими дослідженнями [9] В.М. Глушков, серед наукових проблем математичної обробки інформації, відзначав важливе питання ототожнення близьких за значенням проблем, яке не було вирішене. Питання полягало у визначенні семантично подібних науково-технічних проблем, адже завжди потрібно ототожнювати близькі за змістом проблеми, які вирішуються більш-менш схожими засобами. З іншого боку, існують «тонкі» приклади, коли проблеми зовсім мало відрізняються в постановці і, начебто, їх слід ототожнити, а у дійсності, за методами розв'язання вони цілком різні, і тому їх треба, навпаки, розділити. Розв'язання цього питання було актуальним для ефективного використання методики прогнозного графа, зокрема, для запобігання розростанню графу до нескінченності. Проблеми мали відрізнитись якісно, а не тільки за деякими параметрами. Передбачалося використання спеціального органу експертів, на зразок інституту наукової інформації, з кваліфікованими спеціалістами, який міг би розв'язувати проблеми такого роду. Якщо ж відповідний орган був не в змозі чітко класифікувати проблеми за змістом, передбачалося звернення до спеціалістів більш високої кваліфікації для отримання остаточного судження.

1.2 Визначення змістової подібності об'єктів баз знань в процесі підтримки прийняття рішень

Процес підтримки прийняття рішень у слабо структурованих предметних областях варто розділити на три основні етапи (рис. 1.6) [90]:

- 1) формування груп спеціалістів, компетентних в предметній області;
- 2) групова побудова БЗ предметної області базуючись як на об'єктивній, так і на експертній інформації;
- 3) формування рекомендацій для особи, що приймає рішення (ОПР) на основі знань побудованої БЗ.



Рис. 1.6 Процес підтримки прийняття рішень

При побудові БЗ в експертних СППР однією з найважливіших задач є підвищення адекватності моделей предметних областей, яка безпосередньо впливає на достовірність рекомендацій, що надаються для ОПР. Базуючись на системному аналізі цієї проблеми, виділено ряд задач, що виникають при побудові БЗ, які пов'язані з підвищенням адекватності моделей предметних областей [90, 97-98]. На структурній схемі (рис. 1.7) блоки, відповідні цим задачам, виділені контрастним фоном.

Розроблено відповідний метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ [89, 93, 97-98], що слугує для ефективного вирішення цих задач. Даний метод, дає змогу вирішувати поставлені задачі як автоматичному, так і в напівавтоматичному режимі, – з участю інженера по знаннях, і, на відміну від існуючих методів, дозволяє уникнути необхідності використання будь-яких навчальних послідовностей даних.



Рис. 1.7 Задачі при побудові БЗ, пов'язані з підвищенням адекватності моделі предметної області

1.2.1 Місце методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань в експертній системі підтримки прийняття рішень

Місце методу визначення змістової подібності розглянемо на Use Case діаграмі експертної СППР (рис. 1.8). Метод реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності.

Як видно з Use Case діаграми, ОПР формулює головну ціль. В результаті роботи СППР йому будуть надані відповідні рекомендації. Рекомендації розраховуються на основі БЗ, яку будує інженер по знаннях. При побудові БЗ може використовуватися як об'єктивна, так і експертна інформація.

Відповідно до сформульованої головної цілі, інженер по знаннях формує групу експертів-спеціалістів, компетентних у питаннях, які будуть розглядатись. Експерти приймають участь у груповій декомпозиції цілей.

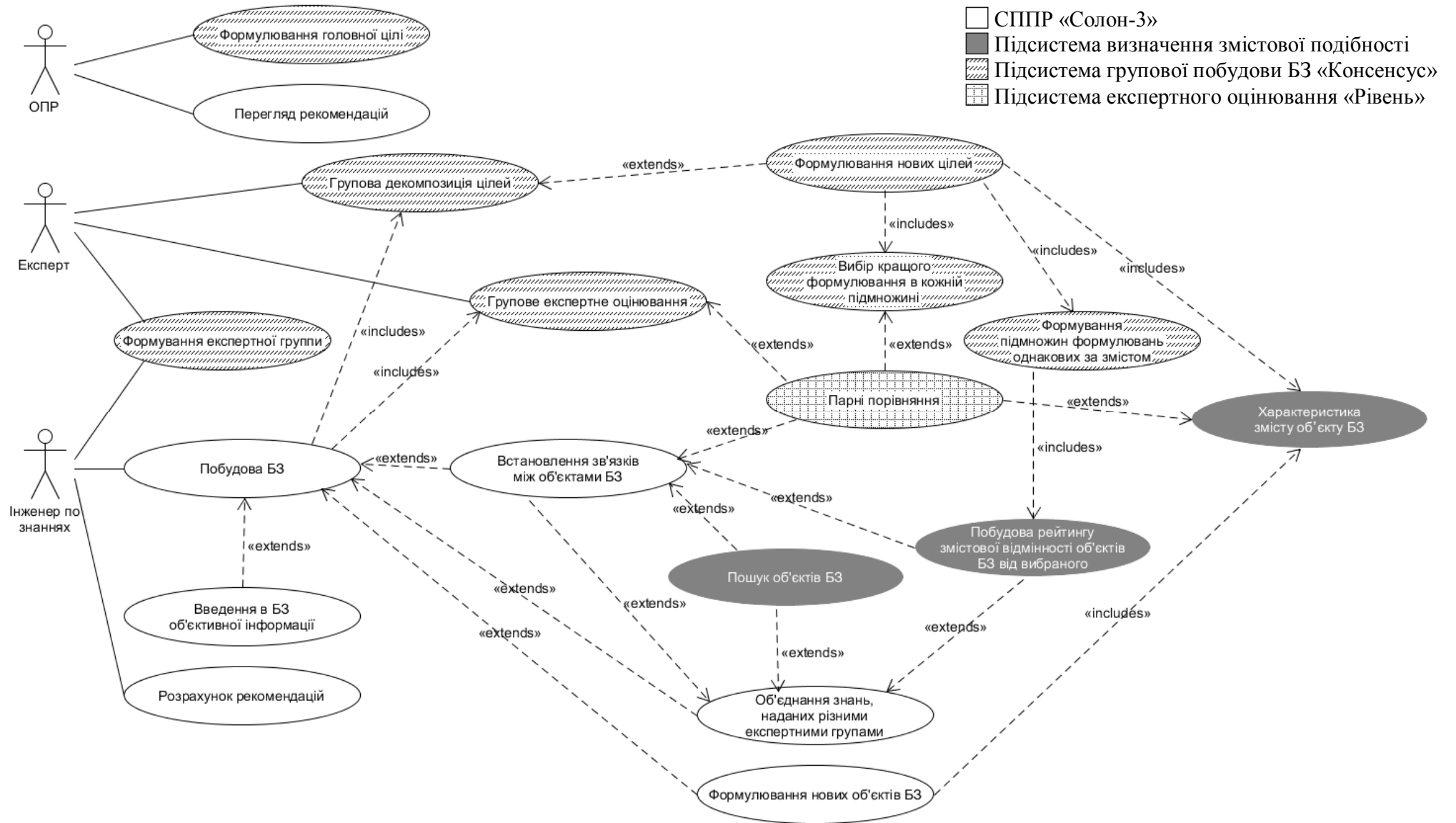


Рис. 1.8 Use Case діаграма експертної СППР.

На кожному етапі декомпозиції експертам пропонується сформулювати множину цілей (серед існуючих або вводяться нові), які безпосередньо впливають на ціль, що розкривається. При формулюванні нових цілей відбувається характеристика їх змісту в рамках розробленого методу. Кожен з експертів дає свою множину індивідуальних формулювань. Потім, за допомогою методу визначення змістової подібності, формуються підмножини формулювань однакових за змістом, в кожній з яких вибирається найкраще формулювання. Далі, аналогічним чином, відбувається декомпозиція інших цілей. Процес декомпозиції завершується, коли в якості цілей виступають проекти, тобто конкретні заходи, на які може вплинути ОПР. Коли декомпозицію завершено, починають групове експертне оцінювання величин відносних ступенів впливу цілей. Таким чином формується БЗ слабко структурованої предметної області, на основі якої проводиться розрахунок рекомендацій для ОПР.

Також при побудові БЗ можуть використовуватися декілька експертних груп, які працюють паралельно, або для економії часу та коштів можуть використовуватися фрагменти раніше побудованих БЗ. Для цього інженер по знаннях здійснює об'єднання знань наданих різними експертними групами. При цьому мають бути встановлені відсутні впливи між цілями. Для цього використовується пошук об'єктів БЗ за заданим змістом в рамках розробленого методу. Також повинні бути виключені з БЗ протиріччя, надлишковість та неоднозначність. Для цього використовують рейтинг змістової відмінності об'єктів БЗ отриманий за допомогою методу визначення змістової подібності.

1.2.2 Структура бази знань експертної системи підтримки прийняття рішень

Структура БЗ експертної СППР, з об'єктами якої працює метод, наведена на рис. 1.9. Основними елементами БЗ є об'єкти та зв'язки між ними. Об'єктами БЗ можуть бути цілі та проекти.

Об'єкт БЗ має назву у вигляді короткого формулювання. Може бути кількісним або якісним, пороговим або квазілінійним. Для проектів вказуються тривалість виконання та ресурси.

Зв'язок між об'єктами БЗ може бути позитивний чи негативний, може мати часову затримку, групи сумісності. Також він характеризується відносним коефіцієнтом впливу.



Рис. 1.9 Структура БЗ експертної СППР

1.3 Особливості задач, що вирішуються з застосуванням методу визначення змістової подібності

Задачі, що вирішуються з застосуванням методу визначення змістової подібності, мають наведені нижче особливості:

- Об'єкти, до яких застосовується метод, – це досить компактні формулювання назв об'єктів БЗ “мовою предметної області” дані експертами.
- Само по собі формулювання назви об'єкту БЗ не може повністю відображати його зміст (повний збіг тексту формулювання не означає однозначного збігу за змістом).
- Властивості слабо структурованих предметних областей, такі як: унікальність об'єктів, відсутність еталонів, а також неточність, помилковість, неповнота, неоднозначність, суперечливість їх опису, унеможливають застосування онтологій, а також формування якісної, репрезентативної, несуперечливої, адекватної навчальної вибірки формулювань.
- Найбільш повною інформацією про сутність формулювання володіє тільки експерт, який його дав.
- У більшості випадків є можливість звернутися до експертів для отримання додаткової інформації про сутність формулювання.
- Зазвичай, БЗ СППР містять значну кількість об'єктів (мають високий рівень деталізації).

У відповідності до вище приведених особливості задач, що вирішуються з застосуванням методу визначення змістової подібності, до методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР висуваються наступні вимоги:

- Кожний об'єкт БЗ повинен однозначно інтерпретуватися за змістом в СППР, тобто система повинна мати змогу його знаходити, відрізнити від інших об'єктів БЗ за змістом, а також відповідати на запити, в яких це ім'я згадується.

- Змістова подібність має визначатися без навчальної вибірки формулювань.
- Змістова сутність формулювання має визначатися експертом, який його дав.

1.4 Аналіз наявних підходів, методів та моделей визначення змістової подібності

Наявні підходи до визначення змістової подібності:

- статистичний: модель векторного простору інформаційного пошуку з представленням речення за допомогою моделі “мішок слів” (“bag of words”) та косинус між векторами, як міра змістової подібності (Charles T. Meadow [10], Mehran Sahami [11], Timothy D. Heliman [12]);
- співставлення речень (sentence alignment): співставлення слів / фраз / частин з одного речення словам / фразам / частинам з іншого (Rada Mihalcea [13], Courtney Corley [14], Carlo Strapparava [15]);
- екстрагування характеристик (multiple features extraction): витягування якомога більше характеристик (лексичних, семантичних, синтаксичних) з речень та шляхом застосування машинного навчання порівнювати їх за змістом (Mladen Karan, Goran Glavaš, Vojana Dalbelo Bašić, Frane Šarić, Jan Šnajder [16]). До цієї групи методів також належать методи, що використовують глибоке машинне навчання для визначення змістової подібності (Richard Socher, Christopher Manning [17]);
- онтологічний: найкоротший шлях між концептами в онтологічній семантичній мережі (Philip Resnik [18], Claudia Leacock [19], Zhaohui Wu [20]), перетин словникових описів концептів (Michael Lesk [21], Siddharth Patwardhan [22]).

Наявні методи та моделі: Latent Semantic Indexing (Scott Deerwester, Susan T. Dumais, Richard Harshman [23]), Probabilistic Latent Semantic Indexing (Thomas Hofman [24]), Latent Dirichlet Allocation (David M. Blei, Andrew Y. Ng,

Michael I. Jordan [25]), Latent Relational Analysis (Peter D. Turney) [26], Multi-Relational Latent Semantic Analysis (Kai-Wei Chang, Wen-tau Yih, Christopher Meek [27]), Hyperspace Analogue to Language (Kevin Lund, Curt Burgess) [28], Random Indexing (Magnus Sahlgren [29]), Probabilistic Soft Logic (Islam Beltagy, Katrin Erk, Raymond Mooney [30]), модифікована шляхоорієнтовна міра семантичної схожості (А.В. Анісімов, К.С. Ліман, А.А. Марченко [31]), імовірнісна модель виявлення латентних зв'язків у мережах понять (О.Г. Додонов, Д.В. Ланде [32]) та інші через наведені у попередньому розділі властивості слабо структурованих предметних областей не придатні для визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР.

Отже, актуальною задачею є розробка методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР, що задовольняє всім відповідним вимогам.

У таблиці 1.1 наведено порівняння вищезазначених методів визначення змістової подібності відповідно до висунутих вимог. Як видно з таблиці, наявні методи не відповідають вимогам, що висунуто до визначення змістової подібності, а саме: "можливість роботи без навчальної вибірки" та "використовує експертні оцінки".

1.5 Висновки за розділом 1

У першому розділі представлена актуальність застосування експертних СППР для підтримки прийняття рішень в слабо структурованих предметних областях; показано роль і місце методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР в процесі підтримки прийняття рішень; визначено особливості задач, що вирішуються з застосуванням методу визначення змістової подібності; аналіз стану питання та задачі досліджень (наявні підходи, методи та моделі визначення змістової подібності).

Таблиця 1.1 Порівняння методів визначення змістової подібності

Назва методу	Використовує текст формулювання	Базується на онтології	Можливість роботи без навчальної вибірки	Використовує експертні оцінки
Latent Semantic Indexing, Probabilistic Latent Semantic Indexing, Latent Dirichlet Allocation, Latent Relational Analysis, Multi-Relational Latent Semantic Analysis	✓			
Random Indexing, Probabilistic Soft Logic	✓			
Модифікована шляхоорієнтовна міра семантичної схожості	✓	✓		
Імовірнісна модель виявлення латентних зв'язків у мережах понять	✓			
Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР			✓	✓

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

2.1 Сутність підходу визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень

Ідея визначення змістової подібності, певною мірою, перекликається з підходом до визначення компетентності експертів відносно питання, що обговорюється (В.Г. Тоценко) [3].

Для відображення змісту, кожному об'єкту БЗ ставиться у відповідність кортеж ключових слів (КС) з відповідними коефіцієнтами важливості. Цей кортеж має мінімальну потужність, необхідну для збереження унікальності змісту об'єкта. Коефіцієнти важливості КС для кожного об'єкта БЗ визначаються експертним шляхом та являють собою відповідні дійсні числа. Визначення змістової подібності здійснюється з урахуванням коефіцієнтів важливості КС для об'єктів БЗ та значень матриці подібності (відмінності) самих КС (див. нижче).

2.2 Постановка задачі визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень

Задача визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР має наступну постановку:

- *Дано:*
множина всіх об'єктів БЗ $G = \{G_i\}_{i=1, \dots, m}$, де m – кількість об'єктів в БЗ;
- *Потрібно визначити:*
відносний показник змістової подібності s_i об'єктів БЗ до заданого об'єкту $G_j \in G$.

2.3 Сутність методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень

Основна ідея методу полягає в тому, що кожному об'єкту БЗ ставиться у відповідність кортеж ключових слів (КС), за якими визначається змістова подібність. Важливість КС визначається експертним шляхом. Експериментальне дослідження [90] підтвердило достовірність та практичну цінність методу визначення змістової подібності.

Схема методу визначення змістової подібності представлена на рис. 2.1.

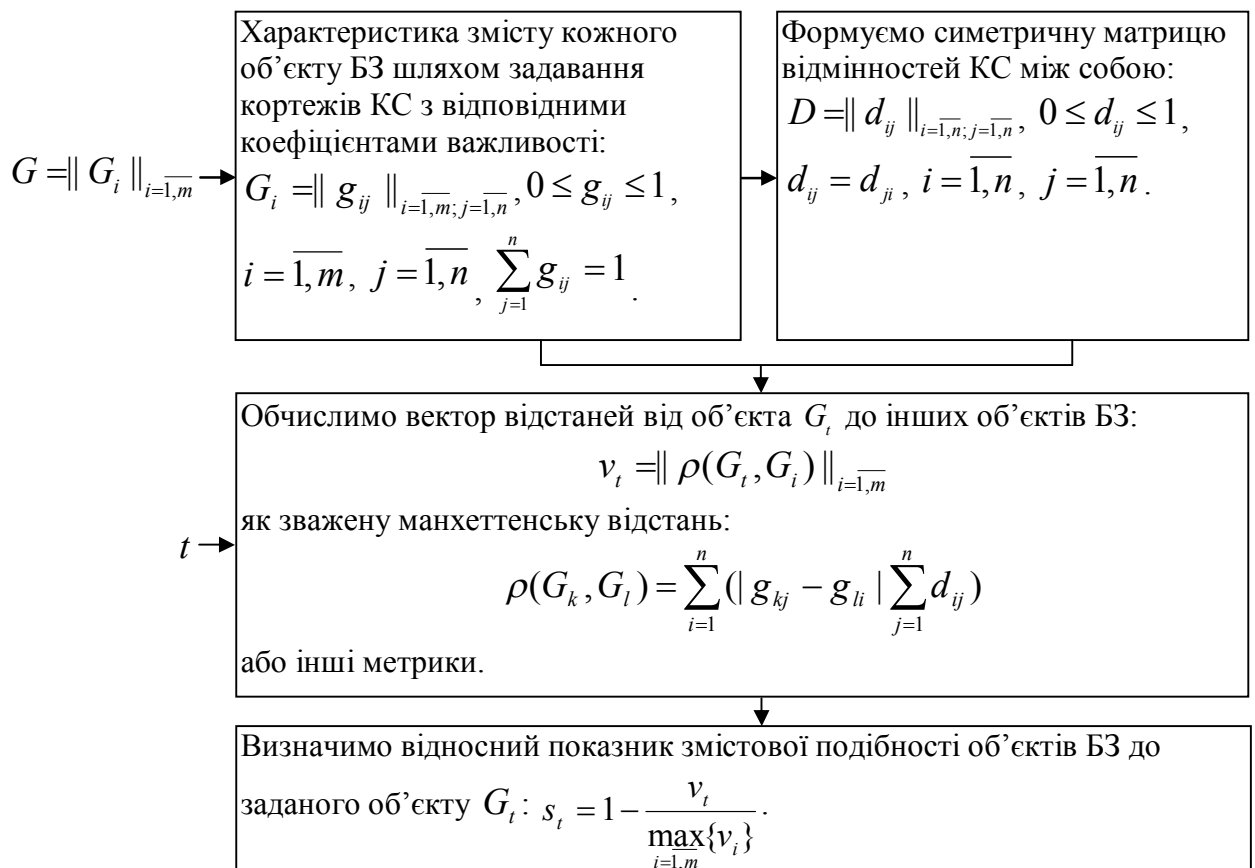


Рис. 2.1 Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР

Для характеристики змісту об'єкту БЗ G_i , задається кортеж КС з відповідним коефіцієнтами важливості $G_i = \| g_{ij} \|_{i=\overline{1,m}; j=\overline{1,n}}$. Кортеж КС має бути мінімальної потужності і при цьому містити всю необхідну інформацію для визначення відповідного об'єкту БЗ.

Цей кортеж КС із відповідними вагами може бути отриманий наступними шляхами:

1. заданий експертним шляхом (вагові коефіцієнти КС можуть визначатись методами власного вектору, «трикутник», «квадрат», комбінаторним, чи іншими);
2. сформульований на основі нормативних документів;
3. оснований на раніше побудованих ієрархіях.

Загальна для предметної області матриця відмінностей КС $D = \| d_{ij} \|_{i=1, \dots, n; j=1, \dots, n}$, основана на порівняннях всіх КС між собою за змістовою відмінністю. Матриця D може бути отримана наступними шляхами:

1. експертним - за допомогою підходу, використаного В.Г. Тоценком для оцінювання компетентності експертів в групі [3]. Матриця D в цьому випадку отримується експертним шляхом. Цей підхід не є найзручнішим, адже, внаслідок великої кількості КС і психофізіологічних обмежень людини [2], доведеться розбивати множину КС на групи для порівняння; відповідно, знадобиться більший обсяг роботи експертів та кошти на її оплату;
2. шляхом представлення множини КС як семантичної мережі. Відмінність КС між собою, у цьому випадку, відповідає відстаням між відповідними її вузлами;
3. шляхом заповнення матриці D із використанням імовірнісної моделі виявлення зв'язків між поняттями (в якості понять беруться КС) за допомогою інформаційно-аналітичних систем на основі обробки інформаційного потоку, сформованого в Інтернет [32].

Розгляньмо більш детально сутність методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертної СППР. При формулюванні цілі експертом, для характеристики її змісту та забезпечення однозначної відповідності змісту уявленням експерта, задається кортеж КС з відповідними коефіцієнтами важливості. Цей кортеж КС із відповідними вагами може бути

а) заданий експертним шляхом, б) сформульований на основі нормативних документів, або в) оснований на раніше побудованих ієрархіях. Кортжес КС об'єкту БЗ має бути мінімальної потужності і при цьому містити всю необхідну інформацію для його ідентифікації. Коефіцієнти важливості КС для об'єкта БЗ визначаються експертним шляхом. Вагові коефіцієнти КС можуть визначатись за матрицею парних порівнянь, наприклад, методами власного вектору [8], «трикутник», «квадрат» [3], комбінаторним [33], чи іншими методами обробки експертної інформації. Будується загальна для предметної області матриця відмінностей КС, основана на порівняннях всіх КС між собою за семантичною подібністю.

Нехай K буде множина всіх КС БЗ. Тоді побудований вищеописаним чином об'єкт G_i є нечіткою підмножиною [34] множини K ($G_i \subset K$). Значення вагових коефіцієнтів g_{ij} об'єкта G_i задають таблицю значень відповідної функції приналежності $\mu_{G_i} \equiv g_{ij}$. Таким чином, об'єкту G_i відповідає наступна сукупність пар:

$$\{(K_j, \mu_{G_i}(K_j)) \mid K_j \in K\} = \{(K_j, g_{ij}) \mid K_j \in K\}, \quad j = \overline{1, n},$$

де K_j – j -те КС.

K_j теж можна розглядати як нечітку множину з наступною функцією приналежності μ_{K_j} :

$$\mu_{K_j}(K_i) = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Візьмемо множину добутків нечітких множин K_j на відповідні коефіцієнти важливості КС $\{g_{ij} \times K_j, j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}\}$ в якості бази [35] нечіткої топології [36] τ на множині K . Згідно з [35], базою топології простору є така сукупність його відкритих підмножин, що будь-яка відкрита множина в просторі може бути представлена як сума деякого числа цих підмножин. Топологію простору можна задати вказавши в цьому просторі

деяку її базу; ця топологія співпадає з сукупністю множин, що можуть бути представлені як сума множин із цієї бази.

Пара (K, τ) є скінченим нечітким топологічним простором за Чангом [37]: K –множина, τ – нечітка топологія на ній, тобто деяке сімейство її нечітких підмножин, що задовольняє трьом аксіомам:

1. $0, 1 \in \tau$;
2. якщо $U, V \in \tau$, то $U \wedge V \in \tau$;
3. якщо $U_i \in \tau$ для всіх $i \in I$, то $\bigvee_i U_i \in \tau$.

Тоді, оскільки всі об'єкти БЗ представляються сумою деякої скінченної кількості елементів бази топології τ , $G \subset \tau$, тобто якщо кожний об'єкт БЗ належить топології, то і вся множина об'єктів БЗ належить їй. Всі об'єкти БЗ є відкритими множинами, оскільки вони належать топології τ [35]. Як сказано вище, для представлення змісту кожного об'єкта БЗ використовується кортеж КС з відповідними нормованими ваговими коефіцієнтами, тому всі об'єкти БЗ лежать на симплексі в просторі (K, τ) .

Для визначення змістової відстані потрібно ввести метрику в описаному вище просторі об'єктів БЗ (K, τ) . Використаємо підхід, аналогічний знаходженню відстані за таблицею вимірів з ієрархічного кластерного аналізу [38]. Приклад таблиці вимірів представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Приклад таблиці вимірів

№ об'єкту	Характеристика а	Характеристика b	Характеристика с
1	0.5	0.3	0.2
2	0	0.6	0.4
3	0.7	0.15	0.15
4	0.1	0.9	0
Ваги характеристик	1.2	1.7	2.1

Головним моментом в кластерному аналізі вважається вибір метрики, від якого залежить кінцевий варіант розбиття об'єктів на групи при заданому алгоритмі розбиття. Вибір метрики впливає на форму кластерів [39]. Для кожної конкретної задачі метрика вибирається з урахуванням головних цілей дослідження, фізичної та статистичної природи інформації, що використовується.

Для кожного об'єкта БЗ в якості вимірів кожної з характеристик візьмемо відповідні значення вагових коефіцієнтів КС g_{ij} , $i = \overline{1, n}$, в якості ваг кожної з характеристик – відповідно, сумарну відмінність кожного КС від решти інших КС БЗ $\sum_{i=1}^n d_{ij}$. Змістову відстань ρ між кожними двома об'єктами БЗ G_k та G_l знайдемо, наприклад, як зважену відстань Хемінга:

$$\rho(G_k, G_l) = \sum_{i=1}^n (|g_{ki} - g_{li}| \sum_{j=1}^n d_{ij}).$$

Доведемо виконання аксіом метрики [13] для введеної змістової відстані:

1. $\rho(G_k, G_l) = 0 \Leftrightarrow G_k = G_l$ (аксіома тотожності),
2. $\rho(G_k, G_l) = \rho(G_l, G_k)$ (аксіома симетрії),
3. $\rho(G_k, G_l) \leq \rho(G_l, G_p) + \rho(G_p, G_l)$ (аксіома трикутника або нерівність трикутника).

Доведення виконання перших двох аксіом (тотожності та симетрії) очевидне, тому приведемо доведення виконання аксіоми трикутника:

$$\begin{aligned} \downarrow \rho(G_k, G_l) &= \sum_{i=1}^n (|g_{ki} - g_{li}| \sum_{j=1}^n d_{ij}) = \sum_{i=1}^n (|g_{ki} - g_{pi} + g_{pi} - g_{li}| \sum_{j=1}^n d_{ij}) \leq \\ &\leq \sum_{i=1}^n (|g_{ki} - g_{pi}| + |g_{pi} - g_{li}|) \sum_{j=1}^n d_{ij} = \\ &= \sum_{i=1}^n (|g_{ki} - g_{pi}| \sum_{j=1}^n d_{ij}) + \sum_{i=1}^n (|g_{pi} - g_{li}| \sum_{j=1}^n d_{ij}) = \rho(G_l, G_p) + \rho(G_p, G_l) \uparrow \end{aligned}$$

Таким чином побудовано скінчений чангівський нечіткий топологічний простір об'єктів БЗ та на ньому введено метрику.

Тепер обчислимо вектор відстаней від об'єкта G_t до інших об'єктів БЗ v_t :

$$v_t = \|\rho(G_t, G_i)\|_{i=1, \overline{m}}.$$

Для нормування поділимо знайдений вектор v_t на його максимальний елемент $\max_{i=1, \overline{m}}\{v_i\} \neq 0$ та отримаємо вектор v_t^{norm} :

$$v_t^{norm} = \frac{v_t}{\max_{i=1, \overline{m}}\{v_i\}}.$$

Нехай множина X_ε містить шукані об'єкти БЗ подібні до об'єкту G_t в межах заданого відносного відхилення ε :

$$X_\varepsilon = \{G_i \mid v_i^{norm} \leq \varepsilon, i = \overline{1, m}\}.$$

Розглянемо *приклад*. Нехай є 4 об'єкти БЗ, зміст яких заданий за допомогою 3-ох КС. Візьмемо з наведеного вище прикладу таблиці вимірів (табл. 2.1) значення коефіцієнтів важливості КС та сумарних відмінностей кожного КС від решти інших КС БЗ. Визначимо, які об'єкти БЗ, є подібними до об'єкту G_1 в межах заданого відносного відхилення $\varepsilon = 0.33$.

Знайдемо змістові відстані від об'єкта G_1 до всіх об'єктів БЗ:

$$\rho(G_1, G_1) = 0,$$

$$\rho(G_1, G_2) = 1.53,$$

$$\rho(G_1, G_3) = 0.6,$$

$$\rho(G_1, G_4) = 1.92.$$

Маємо наступний вектор відстаней v_1 :

$$v_1 = (0 \quad 1.53 \quad 0.6 \quad 1.92).$$

Нормуємо вектор відстаней по максимальному значенню:

$$v_1^{norm} \approx (0 \quad 0.797 \quad 0.313 \quad 1).$$

Тоді маємо наступну множину X_ε , яка містить шукані об'єкти БЗ подібні до об'єкту G_1 в межах заданого відносного відхилення ε :

$$X_\varepsilon = \{G_1, G_3\}.$$

2.4 Інші можливі варіанти використання методу

В результаті обчислення змістових відстаней для кожної пари цілей отримаємо симетричну матрицю змістових відстаней цілей ієрархії. Далі можна проводити кластерізацію цілей за змістом, що, зокрема, дасть можливість побачити та встановити відсутні зв'язки між подібними за змістом цілями, з якими, наприклад, працювали різні за спеціалізацією експерти.

При встановленні впливів в ієрархії цілей, коли експертові потрібно вибрати всі підцілі, що впливають на деяку ціль, метод може використовуватись для пошуку формулювань цілей з відомою експертові семантикою, але з невідомим формулюванням. В раніше побудованих ієрархіях можна знаходити помилково введені однакові за семантикою цілі, а також здійснювати пошук відсутніх, але необхідних цілей ієрархії. Також можливе використання методу як додаткового інструменту для аналізу адекватності БЗ предметній області.

Накопичені в процесі роботи методу дані (а саме: КС та матриця відмінностей КС) можна використовувати при урахуванні компетентності експертів, оскільки врахування компетентності експертів в малих експертних групах необхідне [84-85, 87], а також для формування експертних груп у відповідній предметній області.

2.5 Висновки за розділом 2

Запропоновано підхід та метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР за відповідними кортежами ключових слів, важливість яких визначається експертним шляхом. Використання підходу та методу визначення змістової подібності дозволяє підвищити адекватність моделей предметних областей, запобігти помилковому пропущенню однакових за змістом цілей при введенні нової цілі та при об'єднанні ієрархій цілей, сформованих різними експертними групами. Запропонований метод також може використовуватись для пошуку цілей ієрархії з невідомим формулюванням.

Для тестування методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ СППР доцільно уникати високовартісної процедури тестування з залученням експертів, тому пропонується використовувати імітаційне моделювання ЕО, яке описане у розділі 3.

В методі змістової ідентифікації використовується експертне оцінювання, для проведення якого пропонується застосовувати розроблений програмний інструментарій. В розділі 4 наведено його експериментальний аналіз.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Через наступні властивості слабо структурованих предметних областей: унікальність об'єктів, відсутність еталонів, а також неточність, помилковість, неповнота, неоднозначність, суперечливість їх опису відсутність еталонів, перевіряти достовірність розробленого методу потрібно з залученням експертів:

1. експерт оцінює змістову відмінність об'єктів відповідно до своїх переваг шляхом парних порівнянь їх за змістом,
2. експерт вказує КС об'єктів та їх відносну важливість,
3. змістова відмінність об'єктів розраховується розробленим методом.

Для вищеописаного процесу потрібно залучати групу експертів, робота яких коштує досить дорого та потребує значного часу. Оскільки вихідними даними методу є експертні оцінки важливостей КС об'єктів, то доцільним є застосування імітаційного моделювання експертних оцінок для його перевірки.

Експериментальна перевірка достовірності методу [89] за допомогою імітаційного моделювання експертних оцінок [84-85, 87, 90, 92]:

- в якості об'єктів БЗ візьмемо публікації (наукові статті, доповіді) одного автора;
- запропонуємо автору оцінити змістову відмінність своїх публікацій шляхом парних порівнянь;
- проведемо імітаційне моделювання експертних оцінок важливості КС об'єктів БЗ, де в якості еталонну беруться ранжирування КС, взятих з відповідних публікацій автора.

3.1 Імітаційне моделювання експертних оцінок

Судження експертів (експертні оцінки) є невід'ємною складовою при побудові баз знань для моделей слабо-структурованих предметних областей в СППР. При побудові такого класу систем часто допускаються рішення, що базуються на інтуїтивних фактах та евристичних припущеннях розробників. З наукової точки зору бажано, щоб будь-яке конструктивне рішення підтверджувалось теоретичними або практичними доказами його необхідності. Оскільки при експертному оцінюванні в СППР не існує еталонів для порівняння альтернатив, то для обґрунтування висновків при їхній побудові, а також при визначенні характеристичних параметрів систем (точності, обґрунтованості, ефективності рішень, що приймаються за допомогою СППР), єдиним способом залишається проведення експериментальних досліджень.

Низка задач постає при побудові нових типів СППР та при намаганні поліпшити характеристики наявних систем, серед них, наприклад: питання необхідності врахування компетентності експертів при груповому оцінюванні; визначення та порівняння достовірності та точності методів агрегації експертних суджень; дослідження особливостей застосування різних шкал для експертного оцінювання та інші.

Залучення експертів як джерел інформації до процесу експериментального дослідження є високовартісною, а тому, часом і зовсім нездійсненною процедурою. У такій ситуації, якщо є можливість, варто замінювати реальну участь експертів в дослідженнях моделюванням їхніх суджень. Зважаючи на те, що під час досліджень такі моделі експертних суджень, зазвичай, потрібно «програвати» (повторювати) багато разів, найбільш придатним для цього є метод імітаційного моделювання.

Моделі поведінки експертів, зазвичай, базуються на припущенні, що експерти виконують оцінювання з деякими помилками, і експерта розглядають як деякий особливий «прилад» із властивими йому

метрологічними характеристиками. Оцінки групи експертів розглядають як сукупність незалежних однаково розподілених випадкових величин зі значеннями у відповідному просторі об'єктів числової або нечислової природи. Слушно припустити, що експерт вибирає правильне (тобто адекватне реальності) рішення частіше, ніж неправильне. У математичних моделях це виражається в тому, що щільність розподілу випадкової величини – відповіді експерта – монотонно спадає зі збільшенням відстані від центра розподілу – істинного значення оцінюваного параметра. Різні варіанти моделей поведінки експертів описані й вивчені в [40-45] і інших публікаціях.

3.1.1 Закони розподілу експертних оцінок, що моделюються

Пропонується подавати ЕО у вигляді випадкової величини, розподіленої за деяким законом. Будемо дотримуватися непараметричного підходу до моделювання ЕО [40], виходячи з того, що сподіватися визначити єдиний закон розподілу ЕО у загальному випадку не доводиться. Це можна пояснити залежністю розподілу ЕО від значної кількості факторів, що мають вплив на конкретну експертизу. Серед таких факторів можна відмітити рівень обізнаності експерта в заданому питанні, варіант можливої постановки запитання експертові, психологічний та фізичний стан експерта в момент відповіді, та ін.

У зв'язку із цим, при вирішенні задач моделювання експертних суджень (імітації ЕО) пропонується дотримуватись думки про неможливість задання універсального закону розподілу цих ЕО, і, відповідно, моделювати ці оцінки як випадкові величини, з деяким різними заданими законами розподілу. Задля адекватності змодельованих ЕО заданій множині можливих реальних експертних суджень, пропонується задавати в процесі експерименту декілька законів розподілу ЕО, що найбільш повно відображують аспекти цієї множини. Відповідні закони розподілу варто

підбирати спираючись на сформульовані до них вимоги, що базуються на особливостях конкретної задачі моделювання.

Має сенс розрізнити наступні задачі моделювання ЕО, кожна з яких має істотні особливості:

- 1) моделювання ЕО при безпосередньому оцінюванні;
- 2) моделювання ЕО при оцінюванні в ординальній (порядковій) шкалі;
- 3) моделювання експертних даних при задаванні оцінок у вигляді матриць кардинальних парних порівнянь [45] (наприклад, у фундаментальній шкалі порівнянь Сааті [46], тощо).

Задача першого типу вирішувалась при визначенні значимості врахування компетентності джерел інформації при груповому безпосередньому оцінюванні у [47-48]. В цьому, найпростішому із трьох, випадку вважалось, що кожний експерт групи дає одну єдину оцінку, яка моделювалась як випадкова величина, розподілена за рівномірним, нормальним чи експоненціальним законом розподілу.

Відразу зауважимо, що для імітації ординальних та більшості видів кардинальних ЕО рівномірний розподіл не підходить, оскільки, при досить великій кількості повторень (імітацій оцінок), через наявність численних «протилежних» думок / суджень експертів, отримуємо дуже нестійкі агреговані оцінки альтернатив. Тому будемо вважати експертну групу досить компетентною, і, отже, припускатимемо, що її оцінки перебувають у достатній близькості від деяких «істинних» оцінок. В даному випадку істинними оцінками можна вважати математичні сподівання множини імітованих випадкових оцінок.

Сформулюємо основні вимоги до результуючих законів розподілу модельованих ЕО, а саме, до функції щільності їхнього розподілу. Функція щільності розподілу випадкової величини має бути:

- 1) визначеною на усьому діапазоні можливих оцінок експертів;
- 2) неперервною на всій області визначення;
- 3) з єдиним максимумом у точці, що відповідає деякій заданій істинній оцінці.

Розглянувши ряд законів розподілу випадкових величин, ми пропонуємо досліджувати випадки, коли відхилення індивідуальних ЕО від заданої істинної оцінки розподілене за експоненційним та за півнормальним (Half-normal) законами (див. рис. 3.1) у діапазоні припустимих відхилень від деякого обраного математичного сподівання – істинних оцінок.

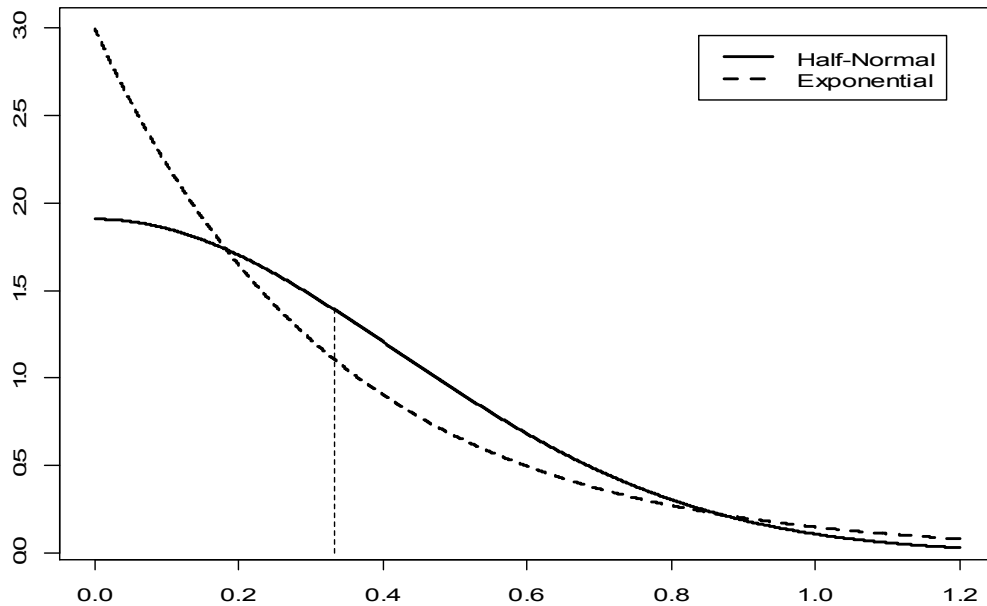


Рис. 3.1 Вигляд законів розподілу відхилень ЕО від істинної (еталонної) оцінки.

Функція щільності розподілу ймовірностей для експоненційного закону має вигляд:

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}, x \geq 0, \quad (3.1)$$

де $\lambda > 0$ це параметр розподілу, його часто називають інтенсивністю або зворотним коефіцієнтом масштабу.

Півнормальний розподіл є частковим випадком модуль-нормального (Folded-normal) закону і отримується із нормального закону розподілу, що має функцію щільності розподілу ймовірностей, відому як функція Гауса:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x \in (-\infty; \infty), \quad (3.2)$$

де параметр μ – це середнє / очікуване значення (положення максимуму / піку) і σ^2 – це дисперсія, що характеризує ширину розподілу.

Таким чином, функція щільності розподілу ймовірностей для первісного (не зсунутого) півнормального закону розподілу (при $\mu = 0$) виглядає наступним чином:

$$f(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, x \in [0; \infty) \quad (3.3)$$

Окрім того, параметри розподілів σ та λ підбираються так, щоб прирівняти математичні сподівання обох розподілів. Це робиться для того, щоб приблизно зрівняти розкид результуючих ЕО, що імітуються, базуючись на цих розподілах. На рис. 3.1 математичні сподівання обох розподілів – це абсциси точок перетину графіків функцій розподілу з вертикальною тонкою пунктирною лінією. Відомо, що математичне сподівання експоненційного закону розподілу рівне $1/\lambda$, а для півнормального закону воно дорівнює $\sqrt{2/\pi} \cdot \sigma$. Для того, щоб розкид модельованих ЕО задовольняв вимозі, за якою ймовірна експертна похибка не перевищить 100%, прирівняймо відповідні математичні сподівання обох законів: із того, що інтегральна функція розподілу для експоненційного закону $1 - e^{-\lambda x} = 0.95 \Rightarrow 1/\lambda = -x/\ln(0.05)$ (в нашому випадку $x=1$) і приблизно дорівнює 0.3338 (33.38%). Отже, можемо обчислити параметри для обох розподілів виходячи із наступного співвідношення: $1/\lambda = \sqrt{2/\pi} \cdot \sigma = 0.3338$.

Зупинімося на задачах другого та третього типів, які вперше постали перед нами при вирішенні питання значимості врахування компетентності експертів під час групового ординального оцінювання та групового оцінювання у фундаментальній шкалі Сааті. На відміну від задач першого типу, де ЕО альтернативи (об'єкта) являє одне єдине значення (а множина оцінок усіх наявних альтернатив може бути представлена як вектор дійсних чисел), при ординальному оцінюванні ЕО множини альтернатив являють собою їхнє ранжирування, а при кардинальному оцінюванні з використанням методу парних порівнянь, наприклад, у фундаментальній шкалі, ця множина

оцінок вже являтиме собою матрицю парних порівнянь, елементами якої є значення з відповідної шкали.

3.1.2 Моделювання ординальних експертних оцінок

Спочатку викладемо запропонований нами варіант вирішення даної проблеми стосовно ординальних ЕО.

Було помічено і експериментально підтверджено, що підхід, згідно з яким ранги строгих індивідуальних ранжирувань експертів задаються у вигляді рівномірно розподілених випадкові величин, призводить до неможливості визначення узагальненого ранжирування. Основними причинами, через які це відбувається, наступні:

- 1) загальна кількість можливих ранжирувань обмежена і залежить від кількості альтернатив, що оцінюються;
- 2) існують протилежні судження експертів при ранжируванні;
- 3) при агрегації протилежні судження взаємно компенсуються («взаємно знищуються»).

Для того, щоб уникнути невизначеності при узагальненні індивідуальних ранжирувань пропонується змоделювати їх шляхом імітації – випадкового вибору ранжирування віддаленого від деякого довільно заданого ранжирування (еталонної ЕО) на вибрану випадковим чином відстань. Для ординальних оцінок за цю відстань пропонується взяти відстань Кемені і задавати її, як випадкову величину розподілену за експоненційним або за півнормальним законом.

Відстань Кемені між двома відношеннями (ранжируваннями) обчислюється за формулою:

$$D_K(A, B) = \sum_{i,j} |\alpha(i, j) - \beta(i, j)|, \quad (3.4)$$

де $D_K(A, B)$ – відстань Кемені між відношеннями A та B , яка приймає значення із діапазону $[0; 2m(m-1)]$; $\alpha(i, j)$ та $\beta(i, j)$ – елементи матриць відношень A та B відповідно.

Наприклад, якщо відношення переваг на множині з 4-х альтернатив A_1 - A_4 являють собою ранжирування $A=(A_1, A_2, A_3, A_4)$ та $B=(A_1, A_4, A_3, A_2)$, то

матриці цих відношень матимуть вигляд $\alpha = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$ та

$\beta = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$, а відстань Кемені дорівнюватиме:

$$D_K(A, B) = \sum_{i,j} |\alpha(i, j) - \beta(i, j)| = 12.$$

Відстань Кемені визначається кількістю перестановок альтернатив, необхідних для перетворення одного ранжирування в інше, і є вчетверо більшою за неї.

Закони розподілу випадкової величини та їхні параметри вибираються таким чином, щоб забезпечити відповідність властивостям відстані Кемені та загальним властивостям оцінок експертів, а саме:

- відстань – невід’ємна величина;
- відстань Кемені не більша ніж $m(m-1)/2$ (тобто, $2m(m-1)/4$), де m – кількість альтернатив у ранжируванні;
- ймовірність задання (моделювання) ЕО, що є ближчою до еталонної – більша, ніж віддаленішої оцінки (із припущення, що експерт частіше вибирає правильне рішення, ніж неправильне);
- ймовірність задання будь-якої з можливих ЕО не є нульовою;
- кількість усіх можливих значень ординальних ЕО скінченна і дорівнює $m!$.

Отже, відстань Кемені, як випадкову величину, змодельовану за описаним законом розподілу, доцільно взяти за основу для отримання випадкової ЕО (ранжирування). Для цього потрібно визначити множину всіх можливих ранжирувань, віддалених від еталонного на цю задану відстань і випадковим чином здійснити вибір ранжирування із цієї множини. Для $m=4$ множину можливих ранжирувань зручно зобразити у вигляді графа (див. рис. 3.2). Де вершини графа позначені ранжируваннями (послідовностями рангів альтернатив), а дуги відповідають перестановкам сусідніх альтернатив у ранжируваннях.

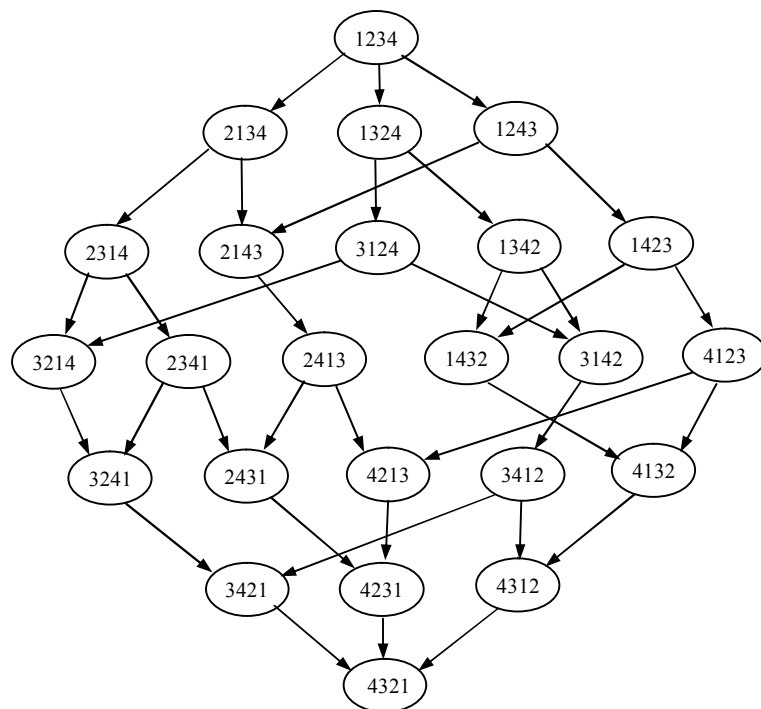


Рис. 3.2 Графічне зображення множини усіх можливих ранжирувань чотирьох альтернатив

Для $m>4$ таке представлення стає занадто громіздким для зображення в графічному вигляді.

Оскільки відстань Кемені між двома ранжируваннями прямо пропорційна кількості перестановок сусідніх альтернатив у одному ранжируванні, необхідних для перетворення його в інше, то визначення множини рівновіддалених ранжирувань можна здійснити алгоритмічно,

базуючись на цій властивості. Без втрати загальності можна вважати, що вихідне еталонне ранжирування є ранжируванням, що позначено на графі, як „1234” (завжди можна перейменувати альтернативи таким чином, щоб вони розміщувались у ранжируванні саме в такій послідовності). Тоді рівновіддалені від „1234” ранжирування будуть знаходитись на одному з горизонтальних рівнів зображеного графа (при $m=4$ таких рівнів 6).

Отже, імітацію експертного ранжирування, як деякої випадкової індивідуальної ЕО пропонується здійснювати у декілька наступних етапів:

- 1 – генерування еталонного ранжирування
- 2 – генерування відстані Кемені (кількості перестановок) як випадкової величини, розподіленої за експоненційним, чи модуль-нормальним законом;
- 3 – формування множини можливих ранжирувань з заданою відстанню від довільно вибраного ранжирування,
- 4 – випадковий вибір ранжирування із сформованої множини.

3.1.3 Моделювання експертних оцінок, що задаються у вигляді матриць парних порівнянь у шкалі переваг Сааті

Тепер зупинімось на моделюванні ЕО при кардинальному оцінюванні, у фундаментальній шкалі з використанням методу парних порівнянь. В даному випадку пропонується задати набір т.зв. еталонних ваг $w_i, i = \overline{1, m}$ для m альтернатив і на базі цього набору побудувати ідеально узгоджену еталонну матрицю парних порівнянь (МПП).

Як зазначає Сааті у [50], ваги альтернатив мають належати до одного порядку (альтернативи не можуть бути занадто близькими чи віддаленими, інакше експерт не буде в змозі їх адекватно порівняти, користуючись діапазоном фундаментальної шкали переваг). Не втрачаючи загальності, а також, виходячи з міркувань зручності, можемо припустити, що ваги альтернатив пересортовані у порядку спадання, і альтернативи

перенумеровані відповідним чином. Присвоїмо вагу (наприклад, $w_1=10$) 1-й альтернативі, та задамо ваги інших альтернатив, виходячи з припущення, що вони мають відрізнятись хоча б на 5 % (результати експериментальних досліджень здатностей людини розрізнити близькі об'єкти наведені, зокрема у [50], втім строгих міркувань щодо того, якою має бути мінімально допустима різниця між вагами сусідніх альтернатив, у джерелах не наводиться). З іншого боку, ваги альтернатив мають належати до одного порядку. Множина ваг, яка б відповідала заданим вимогам може бути побудована за наступною рекурсивною формулою:

$$w_{i+1} = w_i / \text{random} \left[1.05; (m-i) \sqrt{10 \prod_{k=1}^{i-1} \frac{w_{k+1}}{w_k}} \right],$$

де random – функція, що повертає випадкове значення із заданого діапазону, m – кількість альтернатив, $i=1..(m-1)$.

Наприклад, на основі вказаної формули можна, генерувати набори ненормованих ваг для різної кількості альтернатив m (див. таблицю 3.1).

Таблиця 3.1 Еталонні ненормовані значення ваг альтернатив для різної кількості альтернатив m .

m (кількість альтернати в)	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9
3	10	7.582 6	1.247 6						
4	10	5.349 5	4.727 3	1.510 6					
5	10	8.947 0	7.706 8	5.474 2	1.374 2				
6	10	7.673 9	6.549 6	4.495 9	3.097 7	1.103 4			
7	10	7.378 7	6.786 3	5.572 2	4.472 2	3.543 0	1.157 7		
8	10	7.201 5	5.413 0	4.038 6	3.468 9	2.622 4	1.624 0	1.092 7	
9	10	8.481 9	6.940 7	6.383 6	5.046 3	3.423 1	2.374 1	2.096 9	1.120 4

На основі побудованої таким чином множини еталонних ваг сформуємо ідеально узгоджену МПП A , виходячи із співвідношення: $a_{ij} = w_i/w_j$. Вважатимемо МПП обернено-симетричною, тобто такою, що $a_{ij} = 1/a_{ji}$, і тоді зможемо аналізувати лише елементи, які лежать над її головною діагоналлю ($i < j$). Оскільки альтернативи є такими, що їх можна розрізнити, а їхні ваги пересортовані у порядку спадання, усі елементи МПП, які лежать над головною діагоналлю більші за 1: $a_{ij} > 1 | i < j$. До того ж, слід зауважити, що при визначенні «еталонних», або «істинних» співвідношень ваг ми вважаємо фундаментальну шкалу парних порівнянь неперервною, тобто елементи ідеально узгодженої МПП можуть бути не лише цілими, а дійсними числами ($a_{ij} \in \mathfrak{R}$).

Для моделювання ЕО експертів пропонується зашумляти побудовану МПП відповідним чином, а саме: помножити або поділити кожний елемент МПП на деяку випадкову величину Δ (конкретна із двох вказаних арифметичних дій визначається також випадково).

Підкреслимо, що відхилення від еталонних значень (позначимо їх як Δ) мають задаватися у шкалі відношень, тобто мусить виконуватися рівність: $\Delta = (a_{\Delta+}/a_e) = (a_e/a_{\Delta-})$, де a_e є елементом ідеально узгодженої матриці, який піддається флуктуації, $a_{\Delta+}$ - значення того ж елемента у випадку збільшення, а $a_{\Delta-}$ значення після зменшення. Випадкове значення Δ обирається згідно з одним із вищевказаних законів розподілу (експоненційним чи пів-нормальним). Оскільки функція розподілу ймовірності в обох випадках визначена у додатному діапазоні (справа від нуля), а відхилення – мультиплікативне, слід збільшити згенероване випадкове значення на 1 ($\Delta = \Delta + 1$). Фактично, функції щільності розподілу ймовірностей, що зображені на рис. 3.1 мають бути зсунуті на 1 вправо для того, щоб була можливість використовувати згенеровані згідно з даними законами випадкові величини,

як множники при формуванні результуючих значень ЕО, що моделюються. (Значення цих множників, переважно, будуть близькими до одиниці).

Напряв відхилення, як уже зазначалося, (позитивний ($a_{\Delta+}=a_e\Delta$) чи негативний ($a_{\Delta-}=a_e/\Delta$)) обирається випадково, отже, на базі вищезгаданих розподілів, визначених на позитивній півосі, отримуємо симетричні закони розподілу. І, оскільки елементи змодельованих індивідуальних експертних МПП мають належати до множини значень фундаментальної шкали переваг Саати, ми апроксимуємо дійсні значення, отримані вказаним способом, найближчими поділками фундаментальної шкали. Таким чином, елементи індивідуальних МПП можуть приймати значення з множини: $\{1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9\}$.

Отже, розподіл випадкової величини Δ обирається аналогічно розподілу відстані Кемені для ординальних ЕО, з тією відмінністю, що $\Delta \geq 1$, тому функції законів розподілу мають бути зсунуті на 1 вправо, і математичні сподівання змодельованої випадкової величини Δ для законів розподілу мають бути приведені до єдиного заданого значення.

3.2 Моделювання експертних оцінок для перевірки достовірності методу визначення змістової подібності

У значній мірі через відсутність еталонів для порівняння та через неможливість повторення процесу прийняття рішень (унікальність рішень) застосування підходів, що визначають точність методу у класичному розумінні, наразі є неприйнятним. Зважаючи на це, щоб перевірити адекватність розробленого методу потрібні експерти для визначення еталонних показників змістової подібності.

Пропонується наступний хід тестування методу:

Крок 1. Експертів, добре обізнаному у предметній області, пропонується оцінити змістову подібність / відмінність об'єктів (для цього, в якості такого експерта доцільно обрати наукового співробітника – автора, що

має хоча б декілька десятків публікацій, та в якості об'єктів БЗ запропонувати йому попарно порівняти свої наукові статті за їхнім змістом). Таким чином задаються еталонні показники змістової відмінності об'єктів БЗ.

Крок 2. Задля скорочення тривалості та зменшення вартості експертизи у ході тестування, такі вхідні дані методу, як експертні оцінки відносної важливості КС, пропонується отримати шляхом імітаційного моделювання, способом, описаним в [84-85, 87, 92]. Для цього, за еталонні вихідні дані приймаються ранжирування КС, які присутні у кожній науковій статті, та, застосувавши одне з перетворень, яке дозволяє здійснити перехід від ранжирувань КС до їхніх ваг, проведемо імітаційне моделювання кардинальних експертних оцінок (докладний опис див. нижче).

Крок 3. Змістова відмінність об'єктів за заданими таким чином вхідними даними розраховується розробленим методом та порівнюється з еталонними показниками, заданими на першому кроці.

3.2.1 Опис експерименту

Оскільки, за умовою проведення тестування, вихідні еталони на кроці 2 задаються у вигляді ранжирувань КС, а не відносними вагами цих КС, то пропонується у ході моделювання здійснити перетворення від ранжирувань КС до їх ваг. Серед таких взаємно-однозначних перетворень було обрано 2 відомих:

1. Закон Ньюкомба-Бенфорда [51, 52] або закон першої цифри:

Згідно з цим законом розподілу, перша цифра d ($d \in \{1, \dots, b - 1\}$) з основою b трапляється з ймовірністю:

$$P(d) = \log_b(d + 1) - \log_b(d) = \log_b\left(1 + \frac{1}{d}\right).$$

Ця ймовірність й береться в якості ваги КС.

2. Вага КС w_i пропорційна його номеру n_i у ранжируванні:

$$w_i = \frac{N - n_i + 1}{\sum_{j=1}^N n_j}.$$

На основі побудованої таким чином множини еталонних ваг КС сформуємо ідеально узгоджену матрицю парних порівнянь (МПП) A , виходячи із співвідношення: $a_{ij} = w_i / w_j$. Вважатимемо МПП обернено-симетричною, тобто такою, що $a_{ij} = 1/a_{ji}$, і тоді зможемо обмежитись аналізом лише елементів МПП, які лежать вище головної діагоналі ($i < j$). Оскільки, завдяки застосуванню вищезгаданих перетворень ваги КС є такими, що їх можна розрізнити, і є відсортовані у порядку спадання, то усі елементи МПП, які лежать вище головної діагоналі є більші за 1: $a_{ij} > 1 | i < j$. До того ж, слід зауважити, що при визначенні співвідношень ваг КС ми вважаємо фундаментальну шкалу парних порівнянь [8] неперервною, тобто елементи ідеально узгодженої МПП можуть бути не лише цілими, а дійсними числами ($a_{ij} \in \mathfrak{R}$).

Далі, для моделювання оцінок експертів пропонується зашумляти побудовану ідеально узгоджену МПП A відповідним чином, а саме: помножити або ділити кожний елемент матриці на деяку випадкову величину Δ (конкретна із двох вказаних арифметичних дій визначається також випадково).

Підкреслимо, що відхилення від еталонних значень (позначимо їх як Δ) мають задаватися у шкалі відношень, тобто мусить виконуватися рівність: $\Delta = (a_{\Delta+} / a_e) = (a_e / a_{\Delta-})$, де a_e є елементом ідеально узгодженої матриці, який піддається флуктуації, $a_{\Delta+}$ – значення того ж елемента у випадку збільшення, а $a_{\Delta-}$ значення після зменшення. Випадкове значення Δ обирається згідно з одним із законів розподілу, вибір яких обґрунтовано в [84-85, 87]: експоненційним чи пів-нормальним. Оскільки, функція розподілу ймовірності в обох випадках визначена у додатному діапазоні (справа від

нуля), а відхилення – мультиплікативне, слід збільшити згенероване випадкове значення на 1 ($\Delta=\Delta+1$). Фактично, функції щільності розподілу ймовірностей мають бути зсунуті на 1 вправо для того, щоб була можливість використовувати згенеровані згідно з даними законами випадкові величини, як множники при формуванні результуючих значень експертних оцінок ваг КС, що моделюються. (Значення цих множників, переважно, будуть близькими до одиниці).

Напрямок відхилення, як уже зазначалося, (позитивний ($a_{\Delta+}=a_e \Delta$) чи негативний ($a_{\Delta-}=a_e / \Delta$)) обирається випадково, отже, на базі вищезгаданих розподілів, визначених на позитивній півосі, отримуємо симетричні закони розподілу. І, оскільки, елементи змодельованих індивідуальних експертних МПП мають належати до множини значень фундаментальної шкали переваг, ми заокруглюємо дійсні значення, отримані вказаним способом, до найближчих поділок фундаментальної шкали. Таким чином, елементи МПП можуть приймати значення із множини: $\{1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9\}$.

3.2.2 Реалізація експериментальної перевірки адекватності методу

1. У рамках експерименту в якості об'єктів БЗ візьмемо публікації першого із авторів даної статті, які є у списку посилань. Їх взято 5 за номерами: 5, 6, 7, 9, 10. Для зручності позначимо їх відповідно через P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 .
2. Перший із авторів цієї статті, у якості експерта, виконав оцінювання показника попарної змістової відмінності своїх п'яти статей. Результати його оцінювання зведені по рядках в матрицю (таблиця 3.2) і використовуються як еталонні значення показника змістової відмінності. Ці результати є нормованими в кожному рядку до максимуму по цьому рядку (тобто, максимальне значення у рядку дорівнює 1) і були отримані шляхом обробки неповної МПП методом агрегації експертних оцінок, що отримані у різних шкалах [63]. Проміжна неповна МПП (див. табл. 3.3) була отримана з застосуванням комплексу програмних засобів для експертного оцінювання

шляхом парних порівнянь «Рівень» [101] у якому реалізовано підхід до виконання парних порівнянь, описаний в [64]. Неповнота МПП пояснюється доцільністю виконання порівнянь відмінності лише тих пар, що мають спільний об'єкт (тобто, варто порівнювати лише пари відносно наявного спільного об'єкта).

Таблиця 3.2 Матриця результатів попарного оцінювання показника змістової відмінності статей

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
P_1	0	0.614	0.166	0.957	1
P_2	0.582	0	0.544	0.959	1
P_3	0.173	0.598	0	0.955	1
P_4	0.945	1	0.905	0	0.532
P_5	0.947	1	0.909	0.51	0

Таблиця 3.3 Проміжна, приведена до єдиної шкали, МПП відмінності пар об'єктів

P_1P_2	P_1P_3	P_1P_4	P_1P_5	P_2P_3	P_2P_4	P_2P_5	P_3P_4	P_3P_5	P_4P_5	
0	3.7	0.64	0.6	1.13	0.6	0.58	x	x	x	P_1P_2
	0	0.17	0.17	0.29	x	x	0.18	0.17	x	P_1P_3
		0	0.89	x	0.88	x	1.13	x	1.78	P_1P_4
			0	x	x	0.89	x	1.13	1.86	P_1P_5
				0	0.57	0.54	0.63	0.6	x	P_2P_3
					0	0.88	1.13	x	1.88	P_2P_4
						0	x	1.13	1.96	P_2P_5
							0	0.89	1.7	P_3P_4
								0	1.78	P_3P_5
									0	P_4P_5

- Для кожної статті візьмемо її список ключових слів у зазначеному у статті порядку (ранжирування КС):
 - P_1 : парні порівняння (kw_1), ідеально узгоджена матриця парних порівнянь (kw_2), інформаційно-вагомні множини елементів матриці парних порівнянь (kw_3);
 - P_2 : pairwise comparisons (kw_1), effectiveness of expert estimate aggregation methods (kw_4), Genetic algorithm (kw_5), Combinatorial method of expert estimate aggregation (kw_6);
 - P_3 : парні порівняння (kw_1), ідеально узгоджена матриця парних порівнянь (kw_2), методи групового експертного оцінювання (kw_7);

- P_4 : системи підтримки прийняття рішень (kw_8), групове ординальне експертне оцінювання (kw_9), компетентність експертів (kw_{10});
- P_5 : системи піддержки принятия решений (kw_8), имитационное моделирование (kw_{11}), экспертное оценивание (kw_{12}).

Для зручності подальшого викладення матеріалу кожне КС в дужках отримало свою унікальну позначку – kw з натуральним числовим індексом.

Таких унікальних КС у рамках розглянутих статей виявилось 12. Відповідну їм матрицю D відмінностей КС (її частину вище головної діагоналі) подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Матриця відмінностей КС

kw_1	kw_2	kw_3	kw_4	kw_5	kw_6	kw_7	kw_8	kw_9	kw_{10}	kw_{11}	kw_{12}	
0	0.1	0.25	0.44	0.9	0.33	0.3	0.45	0.3	0.5	0.8	0.15	kw_1
	0	0.05	0.5	0.9	0.2	0.25	0.3	0.35	0.7	0.85	0.2	kw_2
		0	0.6	0.9	0.25	0.45	0.5	0.55	0.8	0.8	0.3	kw_3
			0	0.45	0.4	0.24	0.5	0.6	0.55	0.7	0.25	kw_4
				0	0.7	0.6	0.65	0.6	0.7	0.5	0.65	kw_5
					0	0.2	0.4	0.4	0.35	0.45	0.2	kw_6
						0	0.3	0.05	0.3	0.6	0.05	kw_7
							0	0.2	0.45	0.7	0.35	kw_8
								0	0.5	0.6	0.2	kw_9
									0	0.65	0.4	kw_{10}
										0	0.6	kw_{11}
											0	kw_{12}

4. Кожній з публікацій, що розглядаються ставиться у відповідність ранжирування визначених у ній КС. Наприклад, публікації P_1 відповідає ранжирування КС $\langle kw_1, kw_2, kw_3 \rangle$, у той час як P_2 – $\langle kw_1, kw_4, kw_5, kw_6 \rangle$, і т.д.

5. За кожним із сформованих ранжирувань, наприклад, за законом Ньюкомба-Бенфорда визначаються ваги КС. Таким чином, для P_1 за ранжируванням трьох КС: $\langle kw_1, kw_2, kw_3 \rangle$ визначаємо: $P(1) = \log_2(1 + \frac{1}{1}) = 1$, $P(2) = \log_2(1 + \frac{1}{2}) = 0.585$, $P(3) = \log_2(1 + \frac{1}{3}) = 0.415$, та після нормування до одиниці, отримаємо вихідні ваги КС: $\langle 0.5, 0.292, 0.208 \rangle$, що відповідають публікації P_1 .

6. Тепер, за кожним кортежем вихідних ваг формуємо ідеально узгоджену МПП, виходячи із співвідношення $a_{ij} = w_i/w_j$. Для P_1 це наступна трикутна

$$\text{матриця } A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1.712 & 2.404 \\ & 1 & 1.404 \\ & & 1 \end{bmatrix}.$$

7. На основі кожної такої матриці, шляхом імітаційного моделювання, отримуємо збурену МПП, використовуючи яку, отримуємо ваги КС відповідні кожній імітації моделювання.

8. Нарешті, для кожної пари статей, починаючи з $\langle P_1; P_2 \rangle$ і закінчуючи $\langle P_4; P_5 \rangle$, за допомогою методу визначення змістової подібності об'єктів БЗ знаходимо змістові відмінності пар об'єктів і порівнюємо їх з еталонними значеннями матриці таблиці 3.2.

3.2.3 Статистична достовірність результатів дослідження

Для забезпечення статистичної достовірності такого дослідження розраховано необхідну кількість повторів експерименту (кількість імітацій). Оцінка статистичної достовірності проводилась на основі центральної граничної теореми. При заданні значення довірчої ймовірності $P_\beta = 0.9$ (ймовірності попадання шуканої випадкової величини в довірчий інтервал β), та обраного для даного експериментального дослідження довірчого інтервалу $\beta = 0.1$, необхідну кількість повторів експерименту обчислено виходячи з нерівності:

$$n \geq \frac{p \cdot (1-p)}{\beta^2} (F^{-1}(P_\beta))^2,$$

де F^{-1} – зворотна функція Лапласа; p – частота повтору результату шуканої випадкової характеристики.

Значення p (у нашому випадку – частота події, що розрахований показник подібності об'єктів відрізняється від еталонного значення менш ніж на 10%) обираємо на основі попередньо отриманих результатів експерименту

за кожним із 10-ти еталонів з таблиці 3.2, як найгіршу (найближчу до значення 0.5) ймовірність (частоту). Після проведення пробної серії із 30 повторів експерименту для кожного еталону, отримані частоти, що зведені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 Пробна серія експерименту для кожного з 10-ти еталонів

	P_1P_2	P_1P_3	P_1P_4	P_1P_5	P_2P_3	P_2P_4	P_2P_5	P_3P_4	P_3P_5	P_4P_5
p'	25	28	18	29	28	26	21	29	27	26
$p = p' / 30$	0.833	0.933	0.6	0.967	0.933	0.867	0.7	0.967	0.9	0.867

Серед отриманих частот, що в нижньому рядку таблиці 3.5, найгіршою в цьому сенсі є частота $p = 0.6$, яку й підставляємо в формулу для обчислення.

Після підстановки значень $F^{-1}(0.9) \approx 1.65$ і далі $(F^{-1}(0.9))^2 \approx 2.72$, $n \geq \frac{0.6 \cdot (1-0.6)}{0.1^2} 2.72$ і, нарешті $n \geq 65.28$. Отже, для того, щоб зробити достовірні висновки на основі результатів даного експерименту, достатньо зробити не менше 66-ти повторів експерименту.

3.2.4 Результати експерименту

Отримані результати імітації 66-ти повторів для кожного з наявних еталонних значень зведені в таблицю 3.6. Таким чином, із 660 повторів експерименту для 10 різних еталонів, розрахований показник подібності об'єктів відрізняється від еталонного значення менш ніж на 10% в 598 виходах експерименту, що складає 90.6% усіх випробувань.

Таблиця 3.6 Результати експериментального дослідження методу змістової подібності об'єктів

	P_1P_2	P_1P_3	P_1P_4	P_1P_5	P_2P_3	P_2P_4	P_2P_5	P_3P_4	P_3P_5	P_4P_5
p'	57	62	53	65	62	64	49	64	59	63
$p = p' / 66$	0.864	0.939	0.803	0.985	0.939	0.970	0.742	0.970	0.894	0.955

3.6 Висновки за розділом 3

Отже, проведене експериментальне дослідження методу змістової подібності об'єктів БЗ СППР. Задля значного скорочення експертних витрат було запропоновано використати імітаційне моделювання експертних оцінок та за об'єкти БЗ СППР були взяті ряд наукових публікацій одного із авторів цієї статті.

Отримані результати експерименту, а саме те, що більш ніж 90% усіх випробувань методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань СППР відрізняються менш ніж на 10% від заданих експертним шляхом еталонних значень, дають змогу зробити висновок про адекватність методу. Це у свою чергу свідчить і про цінність даного методу при практичному застосуванні в експертних СППР і це дає змогу підвищити адекватність моделей предметних областей і, як наслідок, підвищити достовірність рекомендацій для ОПР.

У ході експерименту також відмічено, що у деяких публікаціях, які розглядались у якості об'єктів БЗ СППР, заданий набір КС не достатньо повно відображає зміст публікації, що в експерименті призводило до значних відхилень розрахованих значень від заданих еталонних.

Свої подальші дослідження у цій області автори статті планують направити у руслі розробки та дослідження методів, що дозволили б кількісно визначити ступінь змістового покриття об'єкту БЗ множиною КС.

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІСТОВОЇ ПОДІБНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БАЗ ЗНАНЬ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності для СППР “Солон-3” [1] та системи “Консенсус” [102]. Для застосування в рамках методу визначення змістової подібності, розроблено новий програмний інструментарій експертного оцінювання у вигляді системи „Рівень” [101], в якому реалізована нова технологія експертного оцінювання [86], що дозволяє уникнути спотворень при отриманні експертної інформації.

4.1 Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень „Консенсус”

Система розподіленого збору та обробки експертної інформації (СРЗОЕІ) „Консенсус” призначена для проведення оцінювання розподіленими групами експертів з подальшим використанням зібраної та обробленої інформації в системах підтримки прийняття рішень (СППР). Система реалізує технологію побудови бази знань для слабо структурованих предметних областей.

За допомогою системи проводиться розподілена побудова бази знань (БЗ) сіткового типу для подальшого використання її з метою оцінювання варіантів рішень в СППР. В результаті роботи системи формуються відповідні таблиці реляційної бази даних. У подальшому СППР інтерпретує ці проміжні дані в БЗ відповідної предметної області.

Система складається з двох автоматизованих робочих місць (АРМ): організатора експертизи та експерта. Система дозволяє одночасну роботу декількох робочих експертних груп за різними проблемами і тим самим

одночасну побудову декількох БЗ. Інтерфейс системи реалізовано українською, російською та англійською мовами.

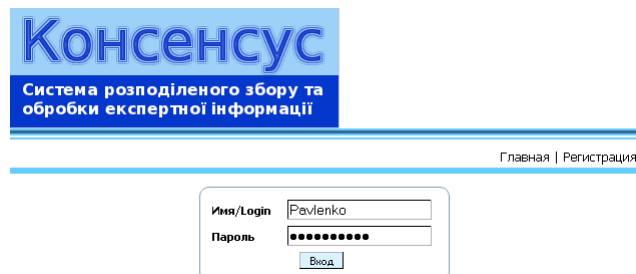
СРЗОЕІ „Консенсус” реалізовано як веб-серверний додаток із використанням мови програмування PHP та серверної системи управління базами даних (СУБД) MySQL.

Програмна система потребує наявності на сервері діючого інтерпретатора PHP та попередньо розгорнутої при інсталяції бази даних (БД) в рамках СУБД MySQL з заданою структурою таблиць.

Далі розглянемо використання системи „Консенсус”.

4.1.1 Реєстрація в системі „Консенсус”

Ініціалізація АРМ (організатора експертизи або експерта) проводиться у залежності від аутентифікації користувача при вході в систему (наявності у користувача відповідних повноважень організатора експертизи або експерта). (див. рис. 4.1)



Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Главная | Регистрация

Имя/Login: Pavlenko
Пароль: ●●●●●●●●
Вход

Рис. 4.1 Аутентифікація користувача при вході в систему „Консенсус”

Усі користувачі проходять попередню реєстрацію засобами системи. Для цього користувачеві потрібно за допомогою веб-браузера зайти за відповідною веб-адресою та, вибравши пункт меню „Реєстрація”, заповнити реєстраційну форму (рис. 4.2).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Главная | Регистрация

Имя/Login:

Пароль:

РЕГИСТРАЦИЯ

Все поля являются обязательными для заполнения!

Имя/Login:

ФИО:

Пароль:

Повторите пароль:

e-mail:

Адрес:

Дата рождения: Месяц: Год:

Пол:

Рис. 4.2 Форма початкової реєстрації користувача

Адміністратор системи призначає одного із зареєстрованих користувачів організатором експертизи та делегує йому права адміністратора, шляхом установки поля „Адміністратор” у формі профілю користувача (рис. 4.3).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона эксперта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать admin!
Мои данные | Выход из системы

Данные пользователя Ivachenko

ФИО:

Пароль:

Пароль еще раз:

e-mail:

Адрес:

Дата рождения: Месяц: Год:

Пол:

Статус пользователя:

Администратор:

Рис. 4.3 Форма редагування профілю користувача

4.1.2 Формування нової проблеми

Організатор експертизи формує нову проблему, що підлягає подальшому розгляду. Також ним формулюється головна ціль проблеми, яка попередньо поставлена особою, що приймає рішення (рис. 4.4).

The screenshot shows the 'Консенсус' system interface. At the top, there is a blue header with the text 'Консенсус Система розподіленого збору та обробки експертної інформації'. Below the header, there is a navigation bar with links: 'Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора'. On the right side of the navigation bar, it says 'Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!' and 'Мои данные | Выход из системы'. The main content area contains two input fields: 'Введите название новой программы:' with the value 'Улучшение состояния внешней среды' and 'Сформулируйте название главной цели:' with the value 'Улучшить состояние внешней среды'. Below these fields are two buttons: 'Готово' and 'Отмена'.

Рис. 4.4 Формулювання назви проблеми та головної цілі

Після уведення формулювань задаються властивості цілі, як, наприклад (рис. 4.5).

The screenshot shows the 'Консенсус' system interface for goal properties. At the top, there is a blue header with the text 'Консенсус Система розподіленого збору та обробки експертної інформації'. Below the header, there is a navigation bar with links: 'Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора'. On the right side of the navigation bar, it says 'Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!' and 'Мои данные | Выход из системы'. The main content area contains the text 'Настройки для подцели "Улучшить состояние внешней среды"'. Below this text, there is a question: 'Можно ли выразить условия полного достижения этой цели ресурсом, то есть результатом измерения некоторой одной величины?'. There are two radio buttons: 'Да' (unselected) and 'Нет' (selected). Below the radio buttons is a 'Готово' button.

Рис. 4.5 Задавання властивостей цілі

Організатор експертизи переглядає список зареєстрованих користувачів та вирішує, кого з них допустити до роботи з системою. Допуск проводиться шляхом установки поля „Статус користувача” у формі профілю користувача (рис. 4.3). Далі, серед допущених користувачів він формує експертну групу для роботи з головною ціллю проблеми (рис. 4.6).

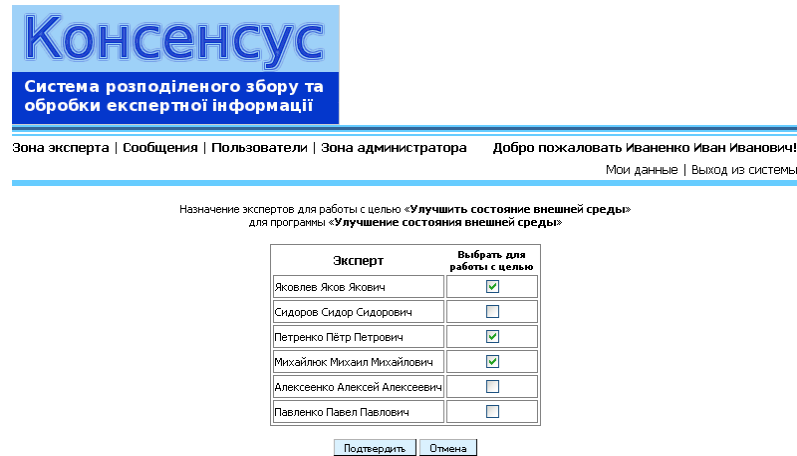


Рис. 4.6 Формування експертної групи

4.1.3 Вибір методу експертного оцінювання

Організатор експертизи забезпечується інструментарієм підтримки прийняття рішень стосовно багатокритеріального вибору методу експертного оцінювання. Організатору пропонується увести свої переваги щодо вагомості заданих критеріїв оцінки існуючих методів (рис. 4.7).



Рис. 4.7 Уведення вагомості заданих критеріїв оцінки існуючих методів

Після цього організатору експертизи відображуються розраховані рейтинги методів для використання в поточній експертизі з можливістю обрати метод експертного оцінювання (рис. 4.8).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Выбор метода обработки для программы «Улучшить состояние внешней среды»

Критерий	Оценка
МО относительной погрешности	0.34
МО времени определения КЭО	0.33
Коэффициент согласованности полученных КЭО	0.33

Проранжировать методы Отмена

Ранг	Метод	Интегрированная КЭО метода	Название метода
1	22	0.23309191383901	'Треугольник' АлП с выражением НепЗП в ФШ,ВерБВд и комбинаторном МОМП с ПУ
2	1	0.18529870696821	Метод непосредственного оценивания
3	21	0.15143387787803	'Треугольник' МлПП с выражением НепЗП в ФШ,ВерБВд и комбинаторном МОМП
4	10	0.12760353850984	'Квадрат' МлПП с выражением ДискрЗП в ФШ,ВерБВд и последовательным МОМП по строкам без ОбрСя
5	11	0.12399336184119	'Квадрат' МлПП с выражением ДискрЗП в ФШ,ВерБВд и последовательным МОМП по столбцам без ОбрСя
6	4	0.10235701635859	'Квадрат' МлПП с выражением ДискрЗП в ФШ,ВерБВд и параллельным МОМП(Салти)
7	5	0.076261584605138	'Квадрат' МлПП с выражением КаНепрЗП в ФШ,ГрВд и параллельным МОМП(Салти)
2	24	0.18529870696821	'Линия' МлПП с выражением ДискрЗП в ФШ,ВерБВд

Выберите метод обработки для программы «Улучшить состояние внешней среды»
1 Назначить

Рис. 4.8 Вибір методу експертного оцінювання

4.1.4 Інтерфейс організатора експертизи

Після формування проблеми та вибору методу експертного оцінювання, інтерфейс АРМ організатора експертизи надає можливість працювати з БЗ цієї проблеми. Поточна структура БЗ (ієрархія цілей) відображується у вигляді графа типу дерева (див. рис. 4.9). За допомогою даного об'єкту інтерфейсу здійснюється подальша робота з БЗ.

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Создать новую программу

Работа с программой : Улучшить состояние внешней среды

Название: Улучшить состояние внешней среды Метод обработки программы(!): Непоср оценивания

Дерево целей (и перейти к расчету ЧКВ)

Завершить процесс построения иерархии целей -проект(либо цель не имела подцелей) -цель(в нераскрытом состоянии) -цель(в раскрытом состоянии)

Улучшить состояние внешней среды [+]

Рис. 4.9 Інтерфейс АРМ організатора експертизи для роботи з проблемою

При переході за посиланням з назвою цілі ієрархії відображується поточний стан процесу експертизи та надається можливість керування цим процесом для організатора (рис. 4.10).

The screenshot shows the 'Консенсус' system interface. At the top, there is a header with the system name and a navigation bar. Below the header, there is a section titled 'Работа с целями программы «Улучшить состояние внешней среды»'. Underneath, there is a table with three columns: 'Процесс', 'Примечание', and 'Действие'. The table contains one row with the following data:

Процесс	Примечание	Действие
Формирование множества формулировок подцелей	Множество формулировок пусто	Нет подцелей

Below the table, there is a button labeled 'Возврат к работе с программой'.

Рис. 4.10 Поточный стан процесу експертизи для цілі ієрархії

4.1.5 Засоби комунікації в системі

Інтерфейси усіх АРМів забезпечують засобами комунікації між усіма допущеними до роботи з системою користувачами. Комунікація здійснюється шляхом відправлення/отримання текстових повідомлень. За допомогою повідомлень користувачі отримують нагадування та вказівки системи, щодо їхніх подальших дій (рис. 4.11).

The screenshot shows the 'Консенсус' system interface. At the top, there is a header with the system name and a navigation bar. Below the header, there is a section titled 'Работа с программой | Сообщения'. Underneath, there is a table with four columns: 'Опции', 'Тема', 'Отправитель', and 'Дата'. The table contains three rows of data:

Опции	Тема	Отправитель	Дата
Удалить Ответить	Программа «Партнерство с FP7». Просьба о перемене оценки ЧКБ	admin	2012-07-19 16:15:36
Удалить Ответить	Программа «Партнерство с FP7». Просьба о перемене оценки ЧКБ	admin	2012-07-19 16:08:47
Удалить Ответить	Программа «Поиск партнеров FP7». Просьба о перемене оценки ЧКБ	admin	2012-05-15 17:01:10

Below the table, there is a section titled 'Сообщение' with a text area containing the message: 'Цель «Добиться участия в FP7» готова для обработки по ссылке: [retemenach.php?topic=63&proect=12&ngroup=1](#)'. Below the text area, there is a button labeled 'Послать сообщение'.

Рис. 4.11 Засоби комунікації в системі

4.1.6 Декомпозиція цілей ієрархії групою експертів

Кожному з експертів сформованої експертної групи в інтерфейсі його АРМ надається можливість вибору проблеми, в експертизі якої він приймає участь (рис. 4.12). Експертові також надається можливість переглянути графічне зображення структури ієрархії цілей, що розкривається на поточний момент (посилання „Переглянути дерево”) (рис. 4.13).

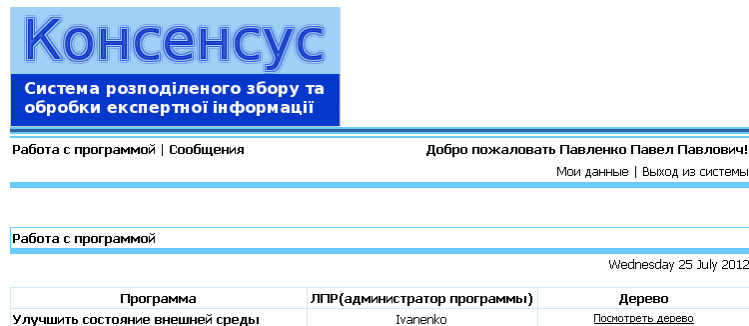


Рис. 4.12 Вибір проблеми експертом

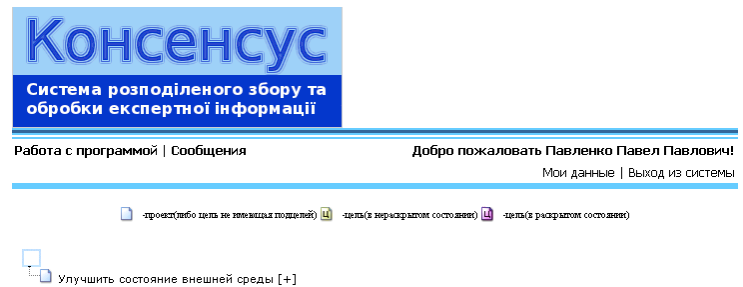


Рис. 4.13 Дерево ієрархії цілей, що відображається для експерта
Формування множини формулювань підцілей експертами:

Після вибору проблеми кожному експертові надається можливість вибору цілі для формулювання її безпосередніх підцілей (рис. 4.14).

Наименование цели	Стадия процесса работы с целью
Улучшить состояние внешней среды	Формулирование непосредственных подцелей

Рис. 4.14 Вибір цілі для розкриття

Скориставшись інтерфейсом (рис. 4.15) кожний з експертів формулює множину підцілей поточної цілі. Це проводиться шляхом уведення нового формулювання підцілі (посилання „Сформулювати НОВУ підціль”) або шляхом вибору підцілі із списку раніше уведених. Список усіх послідовно уведених експертом формулювань підцілей відображується у відповідній таблиці.

Кожний експерт із сформованої групи має можливість редагувати таблицю своїх формулювань поки організатор експертизи не зупинить процес уведення нових формулювань.

The screenshot shows the 'Консенсус' (Consensus) system interface. At the top, there is a blue header with the title 'Консенсус' and the subtitle 'Система розподіленого збору та обробки експертної інформації'. Below the header, there are navigation links: 'Работа с программой | Сообщения' and 'Добро пожаловать Павленко Павел Павлович!'. A user menu is visible with 'Мои данные | Выход из системы'. The main content area shows a search bar with the text 'Работа с программой :: Улучшить состояние внешней среды :: Улучшить состояние внешней среды'. Below the search bar, there is a section for 'Сформулировать НОВУЮ подцель' (Formulate a NEW sub-goal) with a dropdown menu and a 'Выбор формулировки из существующих' (Select formulation from existing) button. A table displays the results of the search, with columns for 'Пользователь' (User), 'Формулировки подцелей' (Sub-goal formulations), and 'Управление' (Management). The table contains four rows of data, each with a 'Павlenko' user, a date and time, a description of the sub-goal, and management options like 'Редактировать' (Edit) and 'удалить' (Delete).

Пользователь	Формулировки подцелей	Управление
Pavlenko 2012-07-25 16:48:11	Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:48:41	Увеличить площадь зеленых насаждений	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:49:22	Придумать новый вид топлива	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:49:41	Удалить из города транзитный транспорт	Редактировать удалить

Рис. 4.15 Формулювання експертом множини підцілей

Контроль процесу формування множини формулювань організатором експертизи:

Організатор експертизи має можливість контролювати (рис. 4.16) процес формування множини формулювань підцілей експертами (рис. 4.17) та, вирішивши, що формулювань достатньо, зупинити цей процес (кнопка „Зупинити” див. рис. 4.16).

Після зупинки процесу формування множини формулювань організатором експертизи експерти групи більше не мають можливості редагувати множину свої формулювань підцілей цілі, що розкривається (рис. 4.18). Вони мають чекати наступного етапу роботи за поточною ціллю,

або можуть продовжувати роботу з формування множин формулювань підцелей інших цілей, якщо такі завдання є в наявності.

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Работа с целями программы «Улучшить состояние внешней среды»

Процессы для цели «Улучшить состояние внешней среды»

Процесс	Примечание	Действие
Формирование множества формулировок подцелей	Просмотреть все формулировки	Остановить

Возврат к работе с программой

Рис. 4.16 Контроль процессу формування множини формулювань підцелей

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона эксперта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Работа с программой :: Улучшить состояние внешней среды :: Улучшить состояние внешней среды

12 Следующая

Пользователь	Формулировки подцелей	Управление
Pavlenko 2012-07-25 16:48:11	Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Редактировать удалить Приватное сообщение
Pavlenko 2012-07-25 16:48:41	Увеличить площадь зеленых насаждений	Редактировать удалить Приватное сообщение
Pavlenko 2012-07-25 16:49:22	Придумать новый вид топлива	Редактировать удалить Приватное сообщение
Pavlenko 2012-07-25 16:49:41	Удалить из города транзитный транспорт	Редактировать удалить Приватное сообщение
us3 2012-07-25 17:10:49	Пропагандировать бережное отношение населения к природе	Редактировать удалить Приватное сообщение
us3 2012-07-25 17:11:02	Увеличить площадь зеленых насаждений	Редактировать удалить Приватное сообщение
us3 2012-07-25 17:11:23	Разработать новый вид топлива	Редактировать удалить Приватное сообщение
us3 2012-07-25 17:11:42	Удалить из города транзитный транспорт	Редактировать удалить Приватное сообщение
us2 2012-07-25 17:15:21	Экологическая пропаганда	Редактировать удалить Приватное сообщение
us2 2012-07-25 17:15:31	Увеличить площадь зеленых насаждений	Редактировать удалить Приватное

Рис. 4.17 Перегляд множини формулювань підцелей

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Работа с программой | Сообщения Добро пожаловать Павленко Павел Павлович!
Мои данные | Выход из системы

Работа с программой :: Улучшить состояние внешней среды

1

Наименование цели	Стадия процесса работы с целью
•Улучшить состояние внешней среды	Формулирование непосредственных подцелей закончено

Рис. 4.18 Таблица поточного стану процесу експертизи для експерта

Розподіл формулювань організатором експертизи за групами:

Після зупинення процесу формування множини формулювань організатор експертизи ініціює наступний етап (кнопка „Провести” рис. 4.19): серед множини введених експертами формулювань він має виділити групи семантично ідентичних формулювань (рис. 4.20). Групи формулювань задаються шляхом призначення їм номерів. Фактично, кожному формулюванню ставиться у відповідність один і той самий довільний номер групи, до якої його відносять.

Процесс	Примечание	Действие
Формирование множества формулировок подцелей	произведено	Просмотреть все формулировки
Распределение формулировок по группам	не произведено	<input type="button" value="Произвести"/>

Рис. 4.19 Ініціація організатором експертизи процесу розподілу формулювань за групами

Пользователь	Формулировка	Подпись
Ravlenko Редактировать	Воспитывать у населения бережное отношение к природе	1
Ravlenko Редактировать	Увеличить площадь зеленых насаждений	2
Ravlenko Редактировать	Придумать новый вид топлива	3
us3 Редактировать	Пропагандировать бережное отношение населения к природе	1
us3 Редактировать	Разработать новый вид топлива	3
us2 Редактировать	Экологическая пропаганда	1
us2 Редактировать	Придумать новый вид топлива	3
us2 Редактировать	Не пускать в города транзитный транспорт	4

Рис. 4.20 Групування за змістом

Доповнення множин формулювань:

Після завершення організатором експертизи групування семантично ідентичних формулювань (кнопка „Підтвердити” рис. 4.20) починається процес доповнення множин формулювань експертами (рис. 4.21).

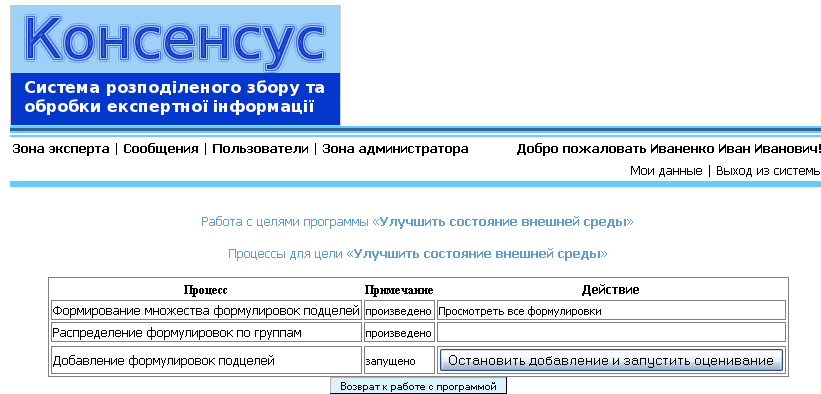


Рис. 4.21 Ініціація процесу додавання формулювань

При цьому експертам надається можливість перегляду формулювань, наданих іншими експертами групи з можливістю додати нове формулювання до існуючих у множині (рис. 4.22).

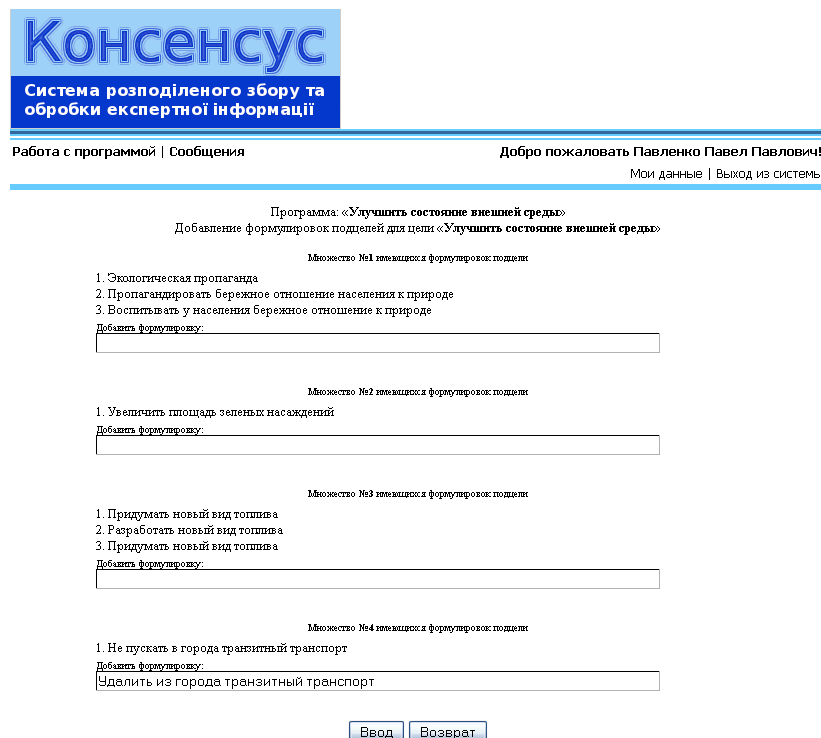


Рис. 4.22 Перегляд та додавання формулювань експертами

Організатор експертизи має можливість переглядати формулювання, уведені експертами (посилання „Проглянути усі формулювання” див. рис. 4.21) та зупинити процес додавання формулювань експертами та ініціювати наступний етап (кнопка „Зупинити додавання і запустити оцінювання” рис. 4.21).

Визначення експертами необхідності встановлення зв'язку підцілей з ціллю:

Наступним етапом є оцінювання експертами необхідності встановлення зв'язку підцілей з ціллю, тобто чи має бути встановлено зв'язок поточної цілі з існуючою в ієрархії ціллю або чи потрібна в ієрархії дана новосформульована підціль. Для цього експертам пропонується увести ступінь своєї впевненості (у відсотках) у необхідності встановлення вищезазначеного зв'язку (рис. 4.23).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Работа с программой | Сообщения Добро пожаловать Петренко Пётр Петрович!
Мои данные | Выход из системы

Программа «Улучшить состояние внешней среды».
Определение необходимости установления связей с целью: «Улучшить состояние внешней среды».

Набор формулировок, отображающих суть подцели №1:

1. Экологическая пропаганда
2. Пропагандировать бережное отношение населения к природе
3. Воспитывать у населения бережное отношение к природе

Введите степень уверенности в необходимости установить влияние данной подцели на цель(0-100 %):

Набор формулировок, отображающих суть подцели №2:

1. Увеличить площадь зеленых насаждений

Введите степень уверенности в необходимости установить влияние данной подцели на цель(0-100 %):

Набор формулировок, отображающих суть подцели №3:

1. Придумать новый вид топлива
2. Разработать новый вид топлива
3. Придумать новый вид топлива

Введите степень уверенности в необходимости установить влияние данной подцели на цель(0-100 %):

Набор формулировок, отображающих суть подцели №4:

1. Не пускать в города транзитный транспорт
2. Удалить из города транзитный транспорт

Введите степень уверенности в необходимости установить влияние данной подцели на цель(0-100 %):

Рис. 4.23 Визначення експертами необхідності встановлення зв'язку

Організатор експертизи має можливість стежити за процесом виконання експертами даного етапу (рис. 4.24) та отримує повідомлення системи про те, що усі експерти групи виконали оцінювання (рис. 4.25).

Організатор експертизи має є можливість перейти до наступного етапу експертизи скориставшись посиланням переданим в повідомленні (рис. 4.25) та ініціює процес вибору найкращого формулювання серед множини формулювань (кнопка „Визначити потрібні групи формулювань майбутніх підцілей” рис. 4.26).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Работа с целями программы «Улучшить состояние внешней среды»
Процессы для цели «Улучшить состояние внешней среды»

Процесс	Привязанно	Действие
Формирование множества формулировок подцелей	произведено	посмотреть все формулировки
Распределение формулировок по группам	произведено	
Добавление формулировок подцелей	произведено	
Выбор лучшей формулировки для каждого подмножества	запущено	Посмотреть результаты

[Возврат к работе с программой](#)

Рис. 4.24 Процес визначення необхідності встановлення зв'язку

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Одним	Тема	Отправитель	Дата
Удалить Ответить	Программа «Улучшить состояние внешней среды». Цель «Улучшить состояние внешней среды». Все эксперты оценили необходимость установления связей с подцелями	Системное сообщение	2012-07-27 14:15:48

Сообщение
Цель «Улучшить состояние внешней среды» готова для обработки. top.php?topic=93&proct=18

[Послать сообщение](#)

Рис. 4.25 Повідомлення організатору експертизи про завершення процесу визначення необхідності встановлення зв'язку

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Программа: «Улучшить состояние внешней среды»
Цель: «Улучшить состояние внешней среды»
Текущее состояние процессов работы с целью:
Все эксперты оценили степень необходимости установления связей между подцелями и целью.
Всё готово для обработки данных:

[Определить нужные группы формулировок будущих подцелей](#)

[Возврат к работе с программой](#)

Рис. 4.26 Ініціація організатором експертизи процесу вибору найкращого формулювання

Вибір найкращих формулювань:

Наступним етапом є оцінювання експертами формулювань з метою вибору найкращого з них. На цьому етапі експертам пропонується, використовуючи обраний на початку декомпозиції цілей метод експертного оцінювання (у даному випадку „метод Безпосереднього оцінювання” див. рис. 4.27), оцінити формулювання в групах формулювань. Для методу Безпосереднього оцінювання у кожного експерта існує можливість не задавати (пропустити) оцінювання будь-якого з формулювань (рис. 4.27).

Консенсус

Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Работа с программой | Сообщения
Добро пожаловать Павленко Павел Павлович!

[Мои данные](#) | [Выход из системы](#)

Программа: «Улучшить состояние внешней среды»
 Оценивание формулировок подцелей для цели «Улучшить состояние внешней среды»
 Метод непосредственного оценивания. Шкала [0..1]

Множество формулировок подцели №1		
Формулировка	Оценка	Не в состоянии оценить (отметить галочкой)
Экологическая пропаганда	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Пропагандировать бережное отношение населения к природе	0.6	<input type="checkbox"/>
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	1	<input type="checkbox"/>

Множество формулировок подцели №2		
Формулировка	Оценка	Не в состоянии оценить (отметить галочкой)
Увеличить площадь зеленых насаждений	1	<input type="checkbox"/>

Множество формулировок подцели №3		
Формулировка	Оценка	Не в состоянии оценить (отметить галочкой)
Придумать новый вид топлива	0.5	<input type="checkbox"/>
Разработать новый вид топлива	0.8	<input type="checkbox"/>
Придумать новый вид топлива	0.5	<input type="checkbox"/>

Множество формулировок подцели №4		
Формулировка	Оценка	Не в состоянии оценить (отметить галочкой)
Не пускать в города транзитный транспорт	0.85	<input type="checkbox"/>
Удалить из города транзитный транспорт	0.7	<input type="checkbox"/>

Рис. 4.27 Оцінювання експертами формулювань

По завершенні оцінювання усіма експертами організаторові експертизи надсилається системне повідомлення (рис. 4.28).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович
Мои данные | Выход из системы

Оценка	Тема	Отправитель	Дата
Удалить Ответить	Программа «Улучшить состояние внешней среды». Цель «Улучшить состояние внешней среды». Все эксперты произвели непосредственное оценивание	Системное сообщение	2012-07-30 16:01:10
Удалить Ответить	Программа «Улучшить состояние внешней среды». Цель «Улучшить состояние внешней среды». Все эксперты оценили необходимость установления связей с подцелями	Системное сообщение	2012-07-27 14:15:48

Сообщение
Цель «Улучшить состояние внешней среды» готова для обработки. top.php?topic=93&project=13

Послать сообщение

Рис. 4.28 Повідомлення організатору експертизи про завершення експертами безпосереднього оцінювання формулювань

Після переходу організатором експертизи за посиланням в повідомленні система проводить узагальнення оцінок експертів та розрахунків узгодженості (рис. 4.29) та після натиснення кнопки „Визначення остаточних формулювань підцільей” вибирає для кожної підцілі найкраще формулювання та відображує їх для організатора експертизи (рис. 4.30).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович
Мои данные | Выход из системы

Программа: «Улучшить состояние внешней среды»
Цель: «Улучшить состояние внешней среды»
Текущее состояние процессов работы с целью :
Оценивание формулировок экспертами.
Все эксперты произвели непосредственное оценивание приемлемости каждой формулировки.
Всё готово для расчета агрегированных оценок по каждой формулировке.

Подцель № 1		
Формулировка	Агр.оценка, или примечание	Коеф-т согласованности
Экологическая пропаганда	0.4267	1
Пропагандировать Бережное отношение населения к природе	0.6267	1
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	1	1

Подцель № 2		
Формулировка	Агр.оценка, или примечание	Коеф-т согласованности
Увеличить площадь зеленых насаждений	1	1

Подцель № 3		
Формулировка	Агр.оценка, или примечание	Коеф-т согласованности
Придумать новый вид топлива	0.4267	1
Разработать новый вид топлива	0.7267	1
Придумать новый вид топлива	0.5301	0.80442661879451

Подцель № 4		
Формулировка	Агр.оценка, или примечание	Коеф-т согласованности
Не пускать в города транзитный транспорт	0.7835	0.80442661879451
Удалить из города транзитный транспорт	0.7495	0.72408077551991

Определение конечных формулировок подцелей

Рис. 4.29 Результати експертного оцінювання формулювань

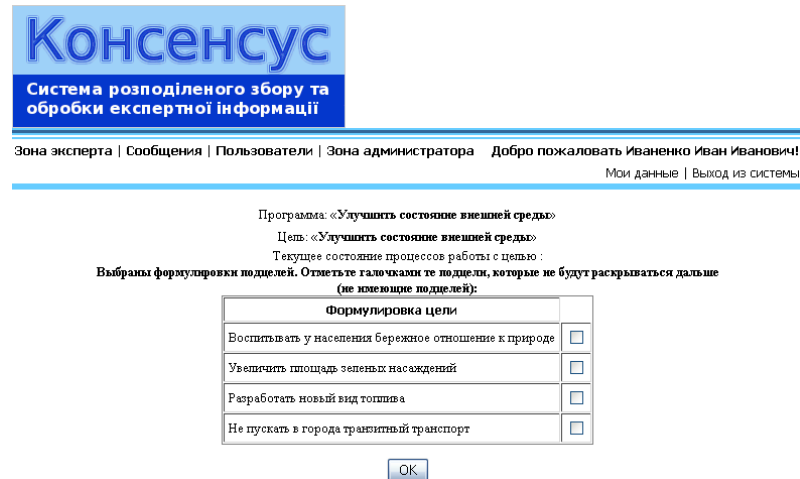


Рис. 4.30 Остаточні формулювання підцілей

Завершения декомпозиції поточної цілі:

Організаторові експертизи надається можливість проглянути остаточні формулювання підцілей та приймає рішення про необхідність подальшої декомпозиції поточної підцілі (відмітивши галочкою підцілі, що НЕ будуть розкриватись у подальшому) (рис. 4.30).

Таким чином на даному етапі побудовано ієрархію цілей, що містить головну ціль та 4 безпосередні підцілі, які у подальшому будуть розкриватись. Організатору експертизи та експертам дається можливість переглянути поточний стан ієрархії цілей у вигляді графа типу „дерево” (рис. 4.31).

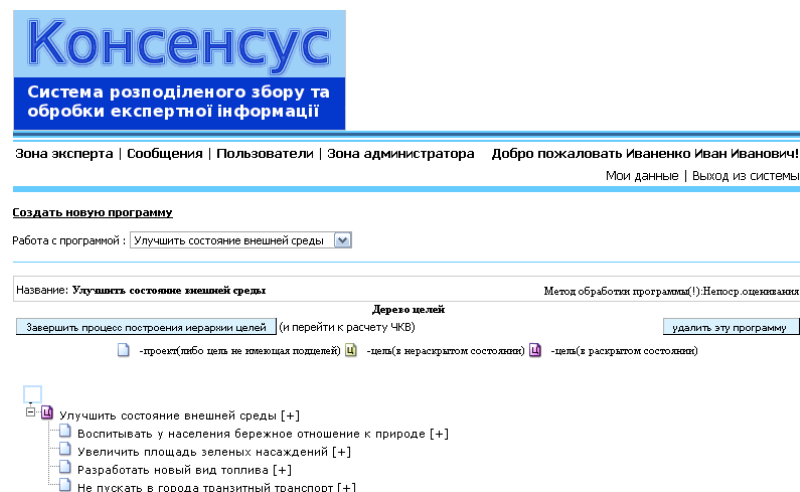


Рис. 4.31 Зображення поточного стану ієрархії цілей

Подальша декомпозиція ієрархії цілей (розкриття кожної з наявних цілей) проводиться аналогічним чином, як описано з пачатку цього підпункта.

4.1.7 Визначення часткових коефіцієнтів впливу

Після завершення процесу декомпозиції усіх цілей організатор експертизи ініціює процес визначення часткових коефіцієнтів впливу шляхом натиснення кнопки „Завершити процес побудови ієрархії цілей” (рис. 4.31).

Визначення груп сумісних підцілей:

Оскільки порівнюватись між собою на предмет вагомості їхнього впливу можуть лише сумісні підцілі, то експертам потрібно визначити, чи сумісна кожна з пар безпосередніх підцілей деякої цілі (рис. 4.32).

Название первой подцели	Название второй подцели	Совместимость (галочка "да")
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Увеличить площадь зеленых насаждений	<input checked="" type="checkbox"/>
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Разработать новый вид топлива	<input checked="" type="checkbox"/>
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Не пускать в города транзитный транспорт	<input checked="" type="checkbox"/>
Увеличить площадь зеленых насаждений	Разработать новый вид топлива	<input checked="" type="checkbox"/>
Увеличить площадь зеленых насаждений	Не пускать в города транзитный транспорт	<input checked="" type="checkbox"/>
Разработать новый вид топлива	Не пускать в города транзитный транспорт	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 4.32 Визначення експертами попарної сумісності підцілей

Після того, як усі експерти визначились з сумісністю пар підцілей, організатор експертизи шляхом натиснення кнопки „” (рис. 4.33) дає команду системі на основі попарного визначення сумісності підцілей кожним з експертів, автоматично визначити групи сумісних підцілей, в рамках яких, у подальшому, визначаються коефіцієнти впливу.

Зона эксперта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!
Мои данные | Выход из системы

Работа с целями программы «Улучшить состояние внешней среды»

Процессы для цели «Улучшить состояние внешней среды»

Процесс	Примечание	Действие
Формирование множества формулировок подцелей	произведено	
Распределение формулировок по группам	произведено	
Добавление формулировок подцелей	произведено	
Подцели цели определены.	<input type="button" value="Определить группы совместности"/>	<input type="button" value="Определение групп совместности"/>
<input type="button" value="Возврат к работе с программой"/>		

Рис. 4.33 Ініціація організатором експертизи визначення системою груп сумісних підцелей

Визначення часткових коефіцієнтів впливу групою експертів:

Після визначення системою груп сумісних підцелей кожному з експертів групи потрібно визначити часткові коефіцієнти впливу (рис. 4.34) скориставшись методом експертного оцінювання вибраним в підпункті 4.1.1.3.

Работа с программой | Сообщения Добро пожаловать Павленко Павел Павлович!
Мои данные | Выход из системы

Программа: «Улучшить состояние внешней среды»
Цель: «Улучшить состояние внешней среды»
Метод непосредственного оценивания. Шкала [0..1]

Подцель	Оценка ЧКВ подцели на главную цель	Не в состоянии оценить (отметить галочкой)
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	<input type="text" value="1"/>	<input type="checkbox"/>
Увеличить площадь зеленых насаждений	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="checkbox"/>
Разработать новый вид топлива	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="checkbox"/>
Не пускать в города транзитный транспорт	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="checkbox"/>

Рис. 4.34 Визначення часткових коефіцієнтів впливу кожним з експертів

Агрегація часткових коефіцієнтів впливу уведених експертами групи:

Після того, як усі експерти групи визначили часткові коефіцієнти впливу підцелей, організатор експертизи ініціює процес агрегації часткових коефіцієнтів впливу за індивідуальними оцінками експертів (кнопка

„Розрахувати агреговані оцінки за кожною групою сумісних підцілей” (рис. 4.35).

Система розраховує агреговані часткові коефіцієнти впливу за групами сумісних підцілей та відповідні коефіцієнти узгодженості (рис. 4.36).

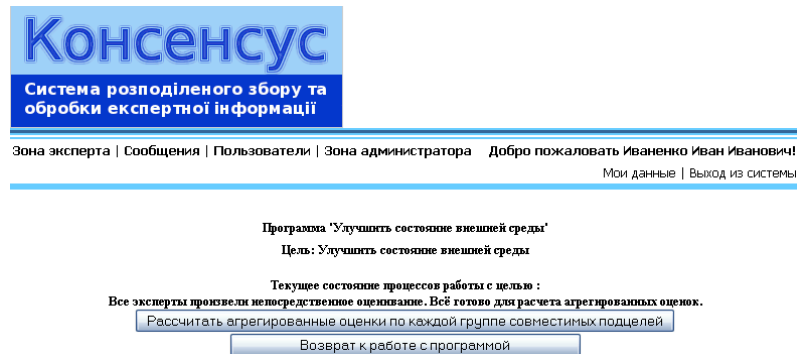


Рис. 4.35 Ініціація організатором експертизи процесу агрегації часткових коефіцієнтів впливу

Формулировка	Агрегированная оценка, или примечание	Коэффициент согласованности
Группа совместимых подцелей №1		
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	0.9733	0.80442661879451
Увеличить площадь зеленых насаждений	0.9031	1
Разработать новый вид топлива	0.5131	0.80442661879451
Не пускать в города транзитный транспорт	0.8767	1

Рис. 4.36 Відображення організатору експертизи результатів розрахунку часткових коефіцієнтів впливу за групами сумісних підцілей та їхньої узгодженості

Визначення нормованих значень часткових коефіцієнтів впливу за групами сумісних підцілей ініціюється організатором експертизи після натиснення кнопки „Визначення ЧКВ” (рис. 4.36) та відображається йому у відповідній таблиці (рис. 4.37).

Консенсус
Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Зона експерта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович
Мои данные | Выход из системы

Программа: «Улучшить состояние внешней среды»
Цель: «Улучшить состояние внешней среды»

Подцель	ЧКВ
Группа (совместных подцелей) 1	
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	0.29799154981324
Увеличить площадь зеленых насаждений	0.2764986834854
Разработать новый вид топлива	0.15709387055294
Не пускать в города транзитный транспорт	0.26841589614843

Возврат к работе с программой

Рис. 4.37 Відображення організатору експертизи нормованих значень часткових коефіцієнтів впливу за групами сумісних підцілей

Результати експертизи зберігаються у відповідних таблицях БД системи з можливістю подальшого використання цієї інформації в СППР для формування БЗ.

4.2 Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь „Рівень”

Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь „Рівень” призначений для проведення експертизи в системах підтримки прийняття рішень і дозволяє отримувати знання від експертів шляхом надання їм можливості попарно порівнювати об’єкти між собою. Він дає змогу експертові вказувати наявність переваги між об’єктами з можливістю подальшого поступового уточнення ступеня цієї переваги до досягнення рівня, відповідного дійсним знанням експерта про об’єкт.

На вхід програми подаються назви об’єктів, що підлягають оцінюванню відносно деякого заданого критерію. В результаті виконання програми, на виході, отримуються відносні ваги поданих об’єктів.

Передбачено використання комплексу програмних засобів як окремо, так і в складі систем підтримки прийняття рішень на основі експертного

оцінювання. Є можливість інтеграції з системами, що мають різні мови інтерфейсу. Також програмний комплекс дозволяє використовувати наступний набір шкал експертного оцінювання: „Ординальну”, „Цілочислову”, „Збалансовану”, „Степенева”, „9/9-9/1” та інші з можливістю розширення цього набору.

Оцінювання переваг між об'єктами відбувається у вербальній шкалі, тобто шкала для оцінювання являє собою набір лінгвістичних фраз, що характеризують ступінь переваги між оцінюваними об'єктами, наприклад „сильна”, „слабка”, „помірна” і т.п. Експертові запропоновано визначати ступінь переваги об'єктів попарно (надаючи для оцінювання усі можливі варіанти пар) у так званій мультиплікативній шкалі відношень, коли мається на увазі запитання до експерта „У скільки разів об'єкт А переважає об'єкт В?”. За допомогою візуальних підказок, передбачених у комплексі програмних засобів, експертові надається інформація про числові співвідношення, закладені у відповідних поділках вербальних шкал оцінювання. Передбачається можливість оцінювання в шкалах з різною докладністю, тобто кількість поділок шкали може бути вибрано у діапазоні від 3 до 9, в залежності від рівня компетентності експерта в питанні, що розглядається. Для кожного окремого парного порівняння передбачається можливість для експерта обирати свою, найбільш зручну шкалу з відповідною кількістю поділок.

В цьому полягає гнучкість запропонованих програмних засобів, при застосуванні яких отримані знання є найбільш адекватними до дійсних знань, що ними володіють експерти. Тобто, знання від експерта отримуються в повній мірі та без тиску, який міг би їх спотворити відносно власних уявлень експерта.

КПЗЕО „Рівень” реалізовано в інтегрованому середовищі розробки Delphi із використанням мови програмування Object Pascal.

Програмний комплекс не використовує інформацію, яка мала б попередньо бути записаною в реєстр операційної системи Microsoft Windows,

а також не потребує попереднього встановлення додаткових програмних компонентів, тому необхідності в спеціальній інсталяції немає.

Комплекс програмних засобів складається з підсистеми роботи з користувачами (програмного інтерфейсу) та підсистеми обчислень (обчислювального ядра).

Програмний інтерфейс комплексу призначається для взаємодії з експертами з метою отримання від них інформації про переваги об'єктів при попарних їх порівняннях. Обчислювальне ядро служить для підготовки даних, що відображуються за допомогою інтерфейсної частини, керує процесом експертизи та обчислює узагальнений результуючий вектор ваг об'єктів, що підлягають груповій експертизі.

4.2.1 Архітектура програмного інтерфейсу системи „Рівень”

Програмний інтерфейс комплексу реалізовано за допомогою віконної форми `FormDynScaleInt` класу `TFormDynScaleInt`, який розміщується у програмному модулі `UForm`. Клас `TFormDynScaleInt` успадковано від стандартного класу `TForm` із бібліотеки `VCL`.

Усі графічні об'єкти, необхідні для візуалізації розміщені у формі-контейнері `FrameEMF` класу `TFrameEMF`, який розміщується у програмному модулі `UFrame`. Клас `TFrameEMF` успадкованого від стандартного класу `TFrame` із бібліотеки `VCL`.

Для візуалізації інтерактивних підказок використовується об'єкт `GraphicHint` класу `TGraphicHint`, який розміщується у програмному модулі `UGraphicHint`. Клас `TGraphicHint` успадкованого від стандартного класу `THintWindow` із бібліотеки `VCL`.

Характерними особливостями інтерфейсу є візуалізація числових відповідників до вербальних фраз, якими оперує експерт-користувач, за допомогою варіації лінійних розмірів кнопок та зображень об'ємних об'єктів

в процесів їх уявного зважування. На рис. 4.38 зображено екранну форму, що відображає ці характерні особливості інтерфейсу.

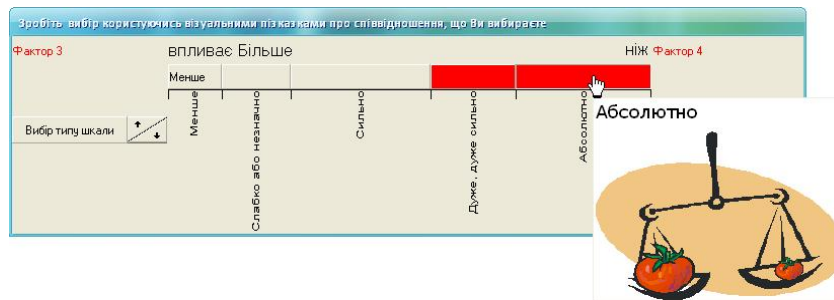


Рис. 4.38 Приклад інтерфейсу експерта-користувача для виконання парних порівнянь

Можливості інтерфейсу дозволяють користувачеві вибрати тип шкали для проведення експертного оцінювання переваг між об'єктами за допомогою шкали, яка, на його думку, найбільш прийнятна для проведення даного оцінювання. Причому, для кожної конкретної пари об'єктів є змога вибрати відповідну шкалу, керуючись підказками, що відображають характерні особливості різних шкал оцінювання, як показано на рис. 4.39.

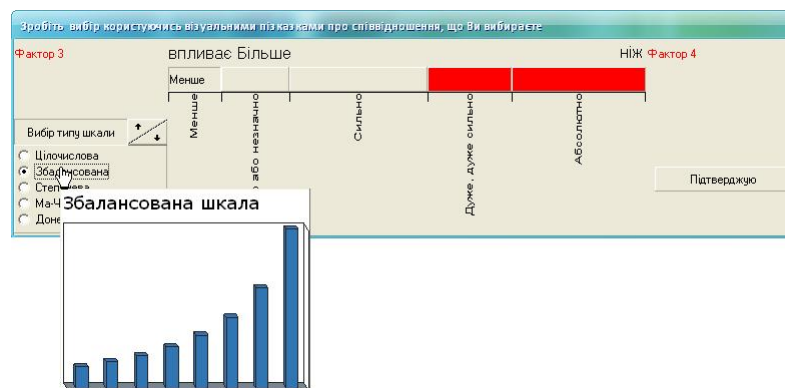


Рис. 4.39 Інтерфейс вибору шкали

У зображених на рис. 4.38-4.39 екранних формах використано українську мову інтерфейсу, хоча передбачено можливість використання різних мов.

4.2.2 Архітектура обчислювального ядра системи „Рівень”

Обчислювальне ядро підготовлює дані для роботи інтерфейсної частини, керує процесом експертизи та обчислює узагальнений результуючий вектор ваг об'єктів, що підлягають груповій експертизі. Підготовка даних полягає в передачі в інтерфейсну частину формулювань назв об'єктів для порівняння, найменування критерію оцінювання, поточного стану процесу оцінювання, числові співвідношення між об'єктами для формування візуальних підказок.

Дані, отримані обчислювальним ядром, являють собою матриці парних порівнянь, елементами яких є значення, що відповідають поділкам лінгвістичної шкали. Для подальшої обробки цих даних проводиться їх приведення (уніфікація) до єдиної кардинальної шкали за допомогою функції `IntegerByScale`.

Уніфіковані матриці парних порівнянь аналізуються на предмет конструктивності шляхом перевірки на зв'язність графу, що відповідає кожній з таких матриць. Зв'язність графу перевіряється за допомогою функції `ValidNab` що розміщується в програмному модулі `UCombRDS`.

У випадку, якщо виявляється, що граф не зв'язний то формується звернення до експертів за підтвердженням згоди про перегляд попередньо даної ними оцінки. Зміна оцінки експертами, що погодились виконується за допомогою програмного інтерфейсу віконної форми `FormDynScaleInt` класу `TFormDynScaleInt` який розміщується у програмному модулі `UForm` (аналогічно до уведення інформації при виконанні початкових парних порівнянь).

Задля забезпечення зв'язності відповідного графа, вище описана дія повторюється до тих пір, поки даної мети не буде досягнуто, тобто, поки граф не стане зв'язним, або, у іншому випадку, формується повідомлення системі про неможливість обчислення агрегованих групових експертних оцінок через недостатність інформації наданої групою експертів.

Узгодженість групових експертних оцінок на основі уніфікованих матриць парних порівнянь експертів визначається за рівнем спектрального коефіцієнта узгодженості. Якщо рівень узгодженості не достатній (нижчий обчисленого порогу застосування), то виконується наступна послідовність дій:

- знаходження початкових усереднених ваг об'єктів комбінаторним методом для подальшого їх уточнення;
- побудова ідеально узгодженої матриці парних порівнянь на основі початкових усереднених ваг об'єктів з метою, у подальшому, наблизити (привести) до неї початкові, задані експертами матриці парних порівнянь;
- упорядкування елементів початкових експертних матриць за зменшенням відмінностей з відповідними елементами ідеально узгодженої матриці парних порівнянь з метою подальшого послідовного використання цих елементів у діалогах з експертами;
- звернення до експертів з пропозицією корекції їхніх попередніх оцінок з використанням програмного інтерфейсу, описаного в попередньому підрозділі (аналогічно до уведення інформації при виконанні початкових парних порівнянь з викликом віконної форми `FormDynScaleInt` класу `TFormDynScaleInt`, який розміщується у програмному модулі `UForm`).

У випадку, якщо хоча б один із експертів групи погодився на зміну своєї попередньо даної оцінки, здійснюється перехід до повторного обчислення рівня спектрального коефіцієнта узгодженості або, інакше, формується повідомлення системі про неможливість обчислення агрегованих групових експертних оцінок через те, що дана експертна група виявилась неспроможною отримати узагальнені ваги об'єктів.

Якщо узгодженість групових експертних оцінок на основі уніфікованих матриць парних порівнянь експертів виявилась достатньою (коефіцієнт

узгодженості не нижчий порогу застосування), то за допомогою комбінаторного групового методу знаходяться усереднені ваги об'єктів.

4.2.3 Обмін даними

У залежності від типу використання КПЗЕО „Рівень” – як окремих засіб для експертного оцінювання, чи у складі системи підтримки прийняття рішень, розрізняється два способи обміну даними з даним програмним комплексом.

У випадку використання КПЗЕО „Рівень”, як окремого засобу для індивідуального експертного оцінювання, вхідні дані, а саме, набір найменувань об'єктів для оцінювання та найменування критерію, за яким оцінюються об'єкти, поступають на вхід комплексу із текстового файлу, попередньо сформованого у поточному каталозі, а вихідні дані, у вигляді стовпчикової діаграми, що відображає відносні пріоритети об'єктів, видаються на екран комп'ютера.

При використанні комплексу програмних засобів у складі системи підтримки прийняття рішень, як вхідні, так і вихідні дані представляються у вигляді відповідних створених динамічних масивів, які передаються від системи підтримки прийняття рішень до КПЗЕО „Рівень” і, після виконання експертного оцінювання, – у зворотному напрямку.

4.2.4 Особливості роботи експертів

Для виконання експертного оцінювання у складі експертної групи на початковому етапі кожному із експертів пропонується попарно порівняти об'єкти за деяким заданим критерієм. Процес отримання від експерта оцінки є послідовним з поступовим підвищенням докладності шкали, починаючи з ординальної шкали і закінчуючи шкалою, рівень докладності якої відповідає рівню компетентності даного експерта у питанні, що розглядається.

Таким чином, експертові пропонується наступний діалог, як показано на рис. 4.40.

Тобто експерт у ординальній шкалі має визначитись про наявність переваги між парою запропонованих об'єктів (на екранних формах – перевага впливу одного фактору над іншим). У цьому діалозі експерт за допомогою маніпулятора «миші» має вибрати одну із двох поділок шкали: «менше» – рис. 4.40а, або «більше» – рис. 4.40б. Також можливий варіант, коли експерт не впевнений у перевазі жодного з двох об'єктів і залишити запитання без відповіді натиснувши програмну кнопку «підтверджую» (рис. 4.40в), що в цьому випадку є рівносильним «не можу визначитись».

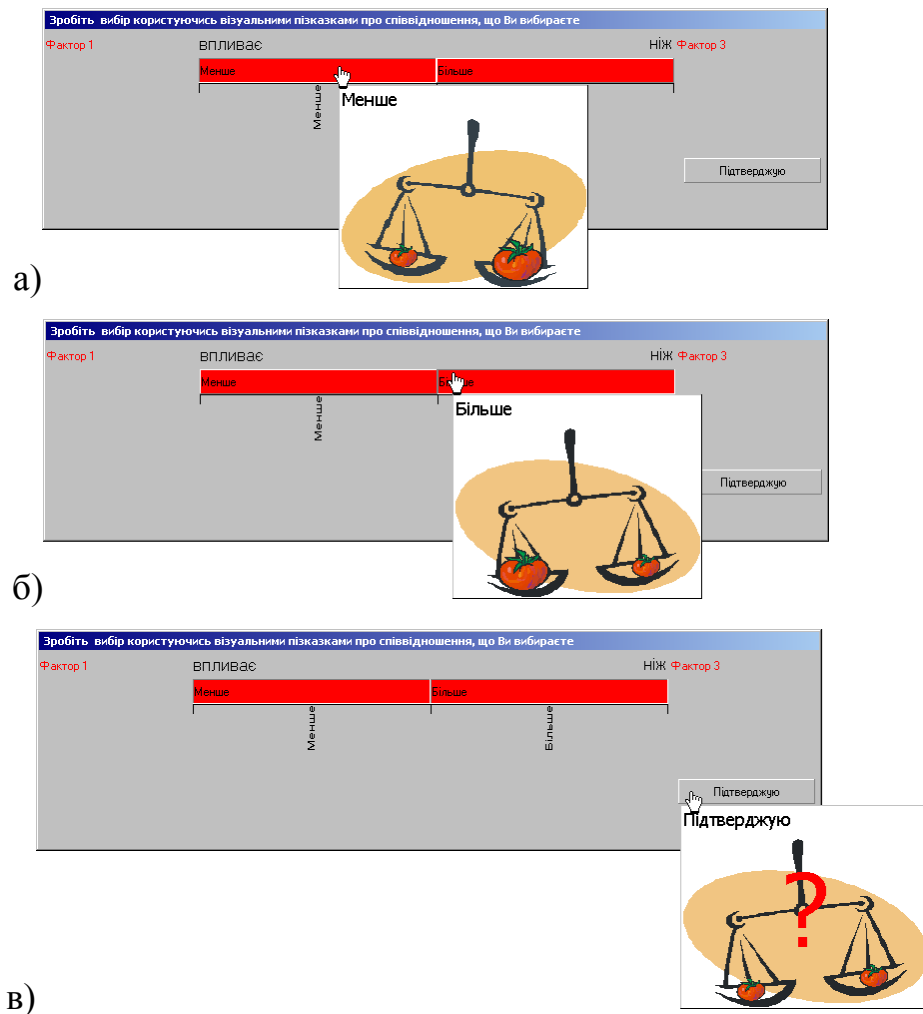


Рис. 4.40 Початковий діалог – оцінювання в ординальній шкалі

У випадку, якщо експерт визначився з перевагою, йому пропонується визначити ступінь переваги у вербальній шкалі з трьома градаціями (поділками). Йому надається можливість вибрати ступінь переваги між наступними вербальними фразами: «абсолютна перевага» (рис. 4.41а), «сильна» (рис. 4.41б) та «слабка» (рис. 4.41в). Приблизне числове співвідношення, що відповідає вербальній фразі можна побачити на візуальній підказці (у даному випадку у вигляді терезів).

На цьому етапі експертів надається можливість змінити свою думку про наявність переваги (змінити домінуючий об'єкт у парі). На прикладі рис.4.42 показано зміну з «менше» на «більше».

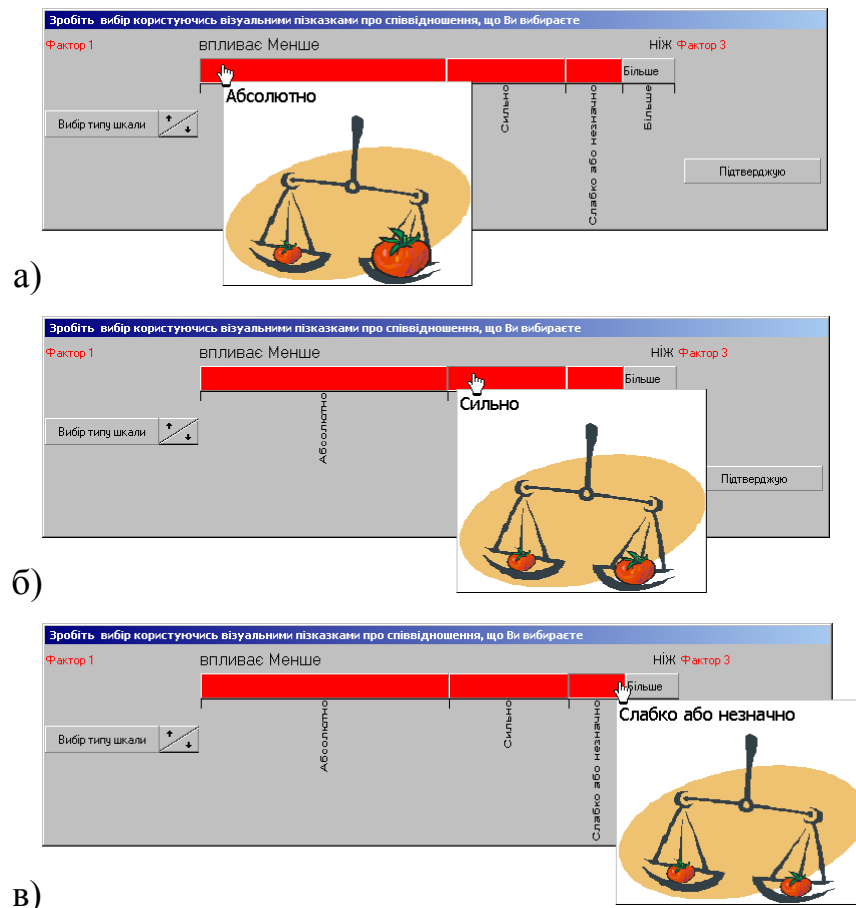


Рис. 4.41 Вибір у кардинальній шкалі з 3-ма градаціями

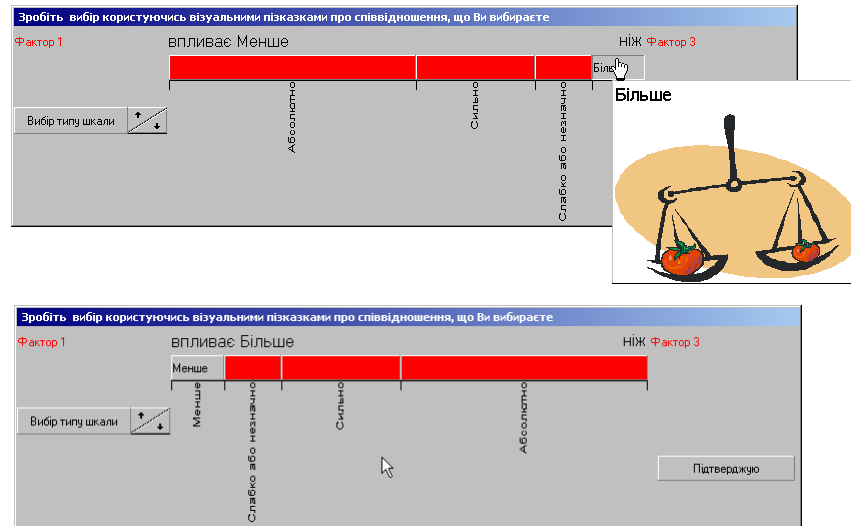


Рис. 4.42 Можливість змінити домінуючий об'єкт

Існує можливість для експерта припинити уточнення переваги (у випадку його невпевненості у подальшому виборі градації шкали) і вийти з діалогу, давши лише ординальну оцінку (на екранній формі, рис. 4.43, це значення наявності переваги у «Фактора 3»).

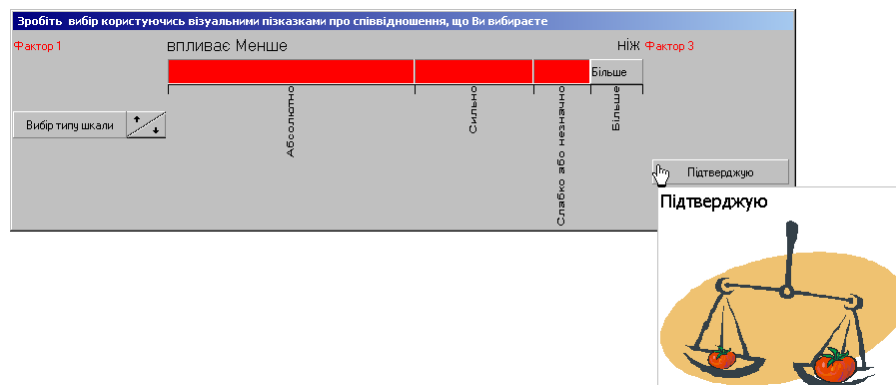


Рис. 4.43 Вихід з діалогу

У випадку, якщо експерт вибрав одну із трьох поділок шкали, яка, на його думку, відповідає перевазі одного об'єкта із пари над іншим (на ілюстративному прикладі експерт вибирає «Сильну» перевагу «Фактора 3» над «Фактором 1»), то продовжується діалог уточнення переваги (див. Рис.4.44), де замість поділки шкали «Сильно» відображуються три яскраво

зафарбовані поділки для можливого подальшого вибору / уточнення: «Дуже сильно», «Більше ніж сильно» та «Сильно».



Рис. 4.44 Діалог подальшого уточнення ступеня переваги об'єктів у парі

На даному етапі у експерта ще залишається можливість змінити ступінь переваги, наприклад, на «Абсолютну», як на рис. 4.45, або «Слабку», чи навіть змінити свою думку про наявність переваги (замість впливає «менше» вибрати впливає «більше»).

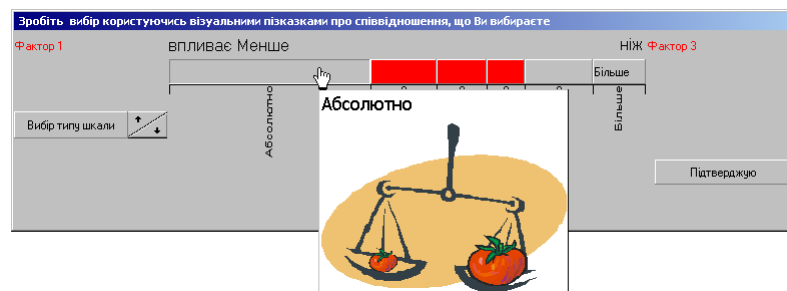


Рис. 4.45 Можливість зміни вибраного ступеня переваги

Далі експертові надається можливість уточнити ступінь вибраної переваги (рис. 4.46), а також можливість вийти з діалогу, підтвердивши вибрану перевагу без подальшого уточнення (рис. 4.47).



Рис. 4.46 Уточнення вибраного ступеня переваги

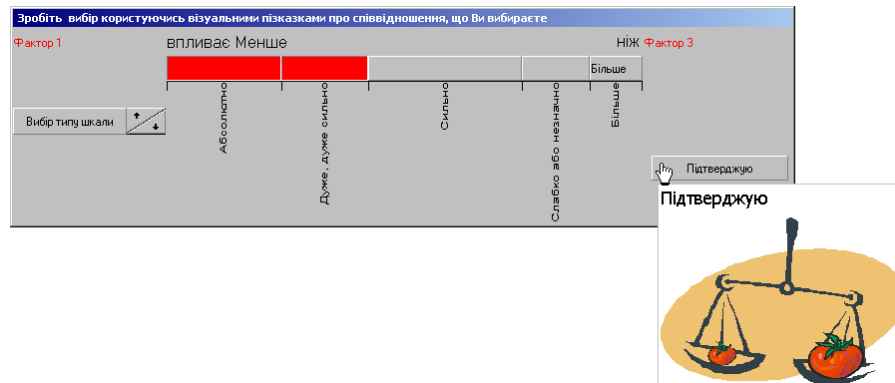


Рис. 4.47 Відмова від подальшого уточнення вибраного ступеня переваги

До речі, досвідчений користувач (експерт) має можливість замість поступового уточнення ступеня переваги шляхом послідовного збільшення кількості поділок шкали, має можливість обрати прийнятну кількість поділок для свого оцінювання за допомогою передбачених в інтерфейсі кнопок «Змінити кількість градацій шкали» (рис. 4.48). Цю саму дію можна виконати використовуючи коліщатко прокрутки маніпулятора миші.

Досвідченому користувачеві також надається можливість обрати більш прийнятну для свого оцінювання шкалу за допомогою кнопки «Вибір типу шкали» (рис. 4.49), яка дозволяє відобразити / сховати кнопки перемикача вибору типу шкали.

За допомогою кнопок-перемикачів вибирається бажаний тип шкали. Типи шкал відрізняються на вигляд за шириною поділок, відповідних вербальним шкалам (рис. 4.50). Вибір типу шкали супроводжується візуальною підказкою, що дає експертові інформацію про співвідношення між градаціями (поділками) тієї чи іншої шкали.

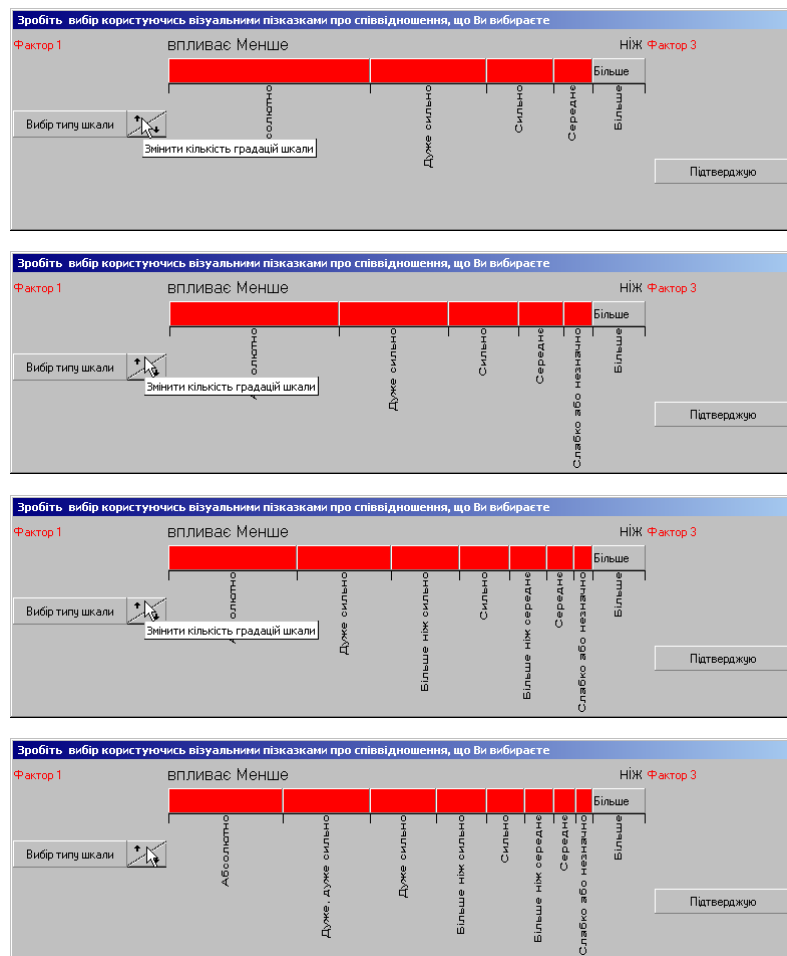


Рис. 4.48 Зміна кількості поділок шкали

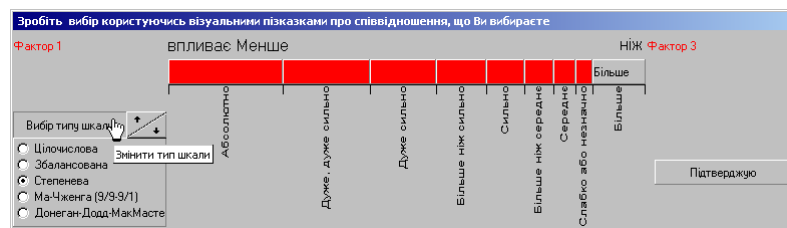


Рис. 4.49 Відображення інструментарію для вибору типу шкали

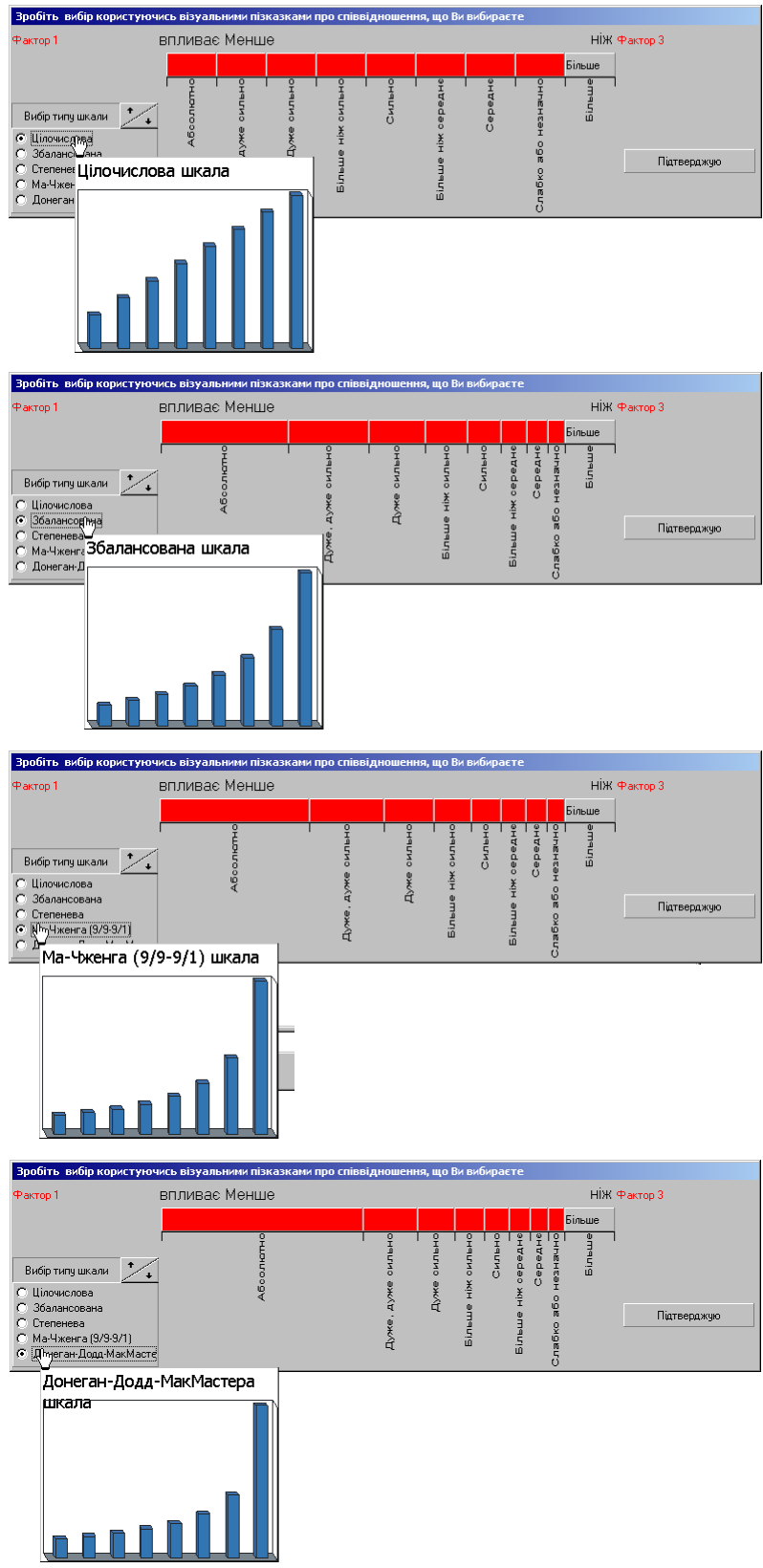


Рис. 4.50 Зміна типу шкали

4.3 Експериментальний аналіз технології експертного оцінювання

Для підвищення достовірності експертної інформації, що застосовується для прийняття рішень в слабо структурованих предметних областях передбачається застосування переважно групових експертиз, і, тому, необхідною є процедура обробки та узагальнення інформації, отриманої від різних експертів. В [56] викладено обґрунтування необхідності застосування для проведення експертиз у таких предметних областях (вони характеризуються так званими невідчутними, англійською мовою – intangible, факторами), методу парних порівнянь [57], як методу відносних вимірювань. Як правило, у процесі парних порівнянь експертам пропонуються на вибір значення із вербальної шкали, адже людина краще оперує вербальними поняттями, аніж чисельними значеннями.

Для оцінки варіантів рішень на основі експертної інформації можуть застосовуватись групові методи парних порівнянь з використанням як ординальних, так і кардинальних експертних оцінок. До таких методів в класі ординального оцінювання можна віднести правила Борда [58], Кондорсе [59], медіану Кемені [44] та їхні модифікації. У контексті кардинального оцінювання слід згадати методи запропоновані та описані в працях [45, 55, 60-62]. Характерною особливістю указаних методів є використання у процесі отримання ЕО певної, апріорно заданої шкали. Це може приводити до неадекватного відображення знань експерта про співвідношення між об'єктами предметної області. Причинами такої неадекватності є: з одного боку – тиск на експерта, який вимушений вибирати оцінки в рамках заданої шкали навіть у випадках, коли він непевнений у власній оцінці співвідношення між заданою парою об'єктів; з іншого боку – невідповідність ступеня деталізації шкали більш глибоким знанням експерта про співвідношення між об'єктами. Ще одна причина – брак у експерта апріорного уявлення про реальні чисельні співвідношення, яке відповідає вербальним значенням поділок запропонованої шкали. Тобто, кожний

експерт із групи може вкладати різний зміст у такі поняття як, наприклад, „сильна перевага” (у фундаментальній шкалі Сааті цьому значенню відповідає перевага у 5 разів).

4.3.1 Запропонована технологія експертного оцінювання

Для усунення вищевказаних недоліків запропоновано застосувати підхід, який дозволяє одночасно використовувати у процесі експертизи парні порівняння, задані в різних шкалах [63]. Пропонується технологія ЕО, яка дозволяє експертові при кожному окремому парному порівнянні вибрати шкалу з кількістю градацій, що адекватно відображає його компетентність в питанні, яке розглядається.

У відповідності до вищезгаданої технології [63], для визначення чисельного відповідника кожному вербальному виразу шкали експерти окремо для введення кожного парного порівняння мають змогу вибрати одну з наступних шкал:

- Ординальну
- Ціло-чисельну
- Збалансовану
- Степенову
- Ма-Чженга
- Донегана-Додд-Макмастера.

Для кожної зі кардинальних шкал експерт має змогу обирати кількість поділок. В даній технології ЕО кількість поділок шкали можливо обирати в межах від 3 до 9.

В рамках підходу, усі оцінки, задані у вигляді парних порівнянь в різних шкалах, приводяться до уніфікованих значень, причому, кожній шкалі, у залежності від її ступеня деталізації, присвоюється відповідна вага. Щоб запобігти втраті інформації приведення оцінок виконується до більш деталізованої шкали із усіх, що використовувалися. Власне, процедура

уніфікації значень парних порівнянь, заданих у різних шкалах, описана у [64, 99].

Отримані результати парних порівнянь (у загальному випадку – неповних) агрегуються за допомогою комбінаторного методу [65], який характеризується вищою ефективністю у порівнянні з іншими методами агрегації [66]. Сутність методу полягає в повному переборі наявних множин, що складаються з мінімальних наборів інформаційно-вагомих елементів матриці парних порівнянь (МПП) з подальшим усередненням ваг, отриманих за кожною такою множиною. Крім того метод характеризується універсальністю стосовно можливості обробки як повних, так і неповних МПП, що досить корисно при реалізації даної технології ЕО.

Брак у експерта уявлення про реальні чисельні співвідношення, що відповідають поділкам вербальних шкал, у значній мірі компенсується інформаційними підказками (див. рис. 4.53), які реалізовані в інтерфейсі підсистеми вводу інформації.

4.3.2 Обґрунтування необхідності експерименту

Очевидно, що запропонована технологія потребує обґрунтування. Експертні технології, які застосовуються в слабо-структурованих предметних областях, де принципово не існує еталонних значень ваг об'єктів, взагалі виключають аналітичне обґрунтування та строге доведення адекватності.

Отже, єдиним способом перевірки та обґрунтування правомірності використання запропонованої технології є її експериментальне дослідження на багатьох прецедентах ЕО.

У даному випадку імітаційне моделювання експертних оцінок (на зразок того що застосовується у [84-85, 87, 92], є неприйнятним, оскільки у рамках експериментального дослідження передбачається, що експерт сам має визначати, наскільки адекватно агреговані результати експертизи

відображають його власні уявлення про співвідношення об'єктів. Інформацію про відповідність отриманих співвідношень уявленням експерта можна отримати лише від самого експерта: змоделювати такий показник відповідності неможливо.

4.3.3 Мета і сутність експерименту

Мета експерименту – порівняння запропонованої технології із наявними технологіями отримання відносних ваг факторів, зокрема, із тими, що використовують широко розповсюджене сімейство методів аналізу ієрархій та мереж Т. Сааті [50]. Порівнювати пропонується ступінь адекватності уявлень експерта про реальні співвідношення між об'єктами предметної області (факторами) до співвідношень, визначених за допомогою інструментарію тієї чи іншої технології ЕО. Фактично, порівнюються результати, отримані на основі технології, з еталонами оцінок, що сформувались у свідомості експерта.

Результати (відносні ваги факторів), отримані на основі технології, що тестується, порівнюються із вагами, отриманими на основі парних порівнянь у фундаментальній шкалі з 5-ма та 9-ма поділками. Ваги критеріїв (факторів) для парних порівнянь у фундаментальній шкалі визначаються методом власного вектора Т.Сааті на основі МПП.

Експеримент пропонується проводити згідно з нижченаведеною схемою (див. рис. 4.51), яка включає 4 основних етапи:

1. Формулювання цілі (проблеми) та факторів, які на неї впливають. На цьому етапі експерт обирає проблему, в якій він/вона добре розуміється і формулює від 5-ти до 7-ми відносно незалежних факторів, які на його думку є найбільш суттєвими для вирішення цієї проблеми.
2. Парні експертні порівняння факторів у трьох різних шкалах. Усі парні порівняння, що мають бути виконані на протязі усього експерименту

(для усіх трьох технологій) подаються експертові у випадковому порядку.

3. Обчислення векторів ваг факторів. Для визначення векторів відносних ваг об'єктів відповідними методами обробляються МПП, отримані на попередньому етапі.
4. Ранжирування розрахованих векторів ваг. На цьому етапі експертом проводиться ранжирування трьох розрахованих на третьому етапі експерименту векторів ваг факторів у порядку зменшення відповідності до власного уявлення. Вектори у вигляді стовпчикових діаграм виводяться на екран у випадковому порядку і без зазначення назви.

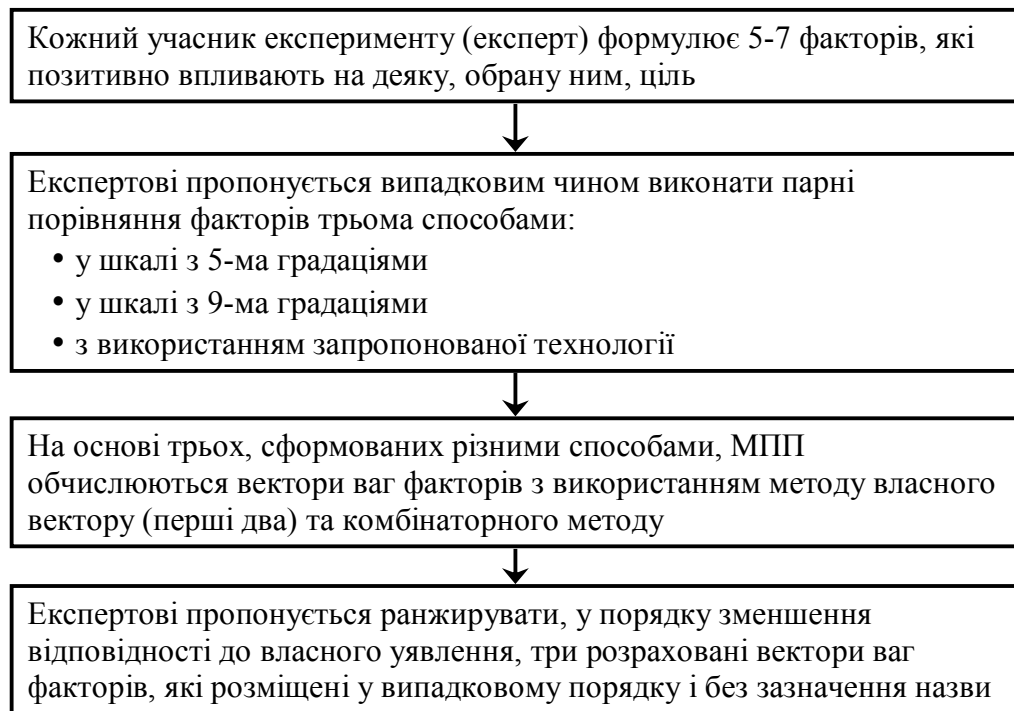


Рис. 4.51 Основні етапи експериментального дослідження

Кількісним показником, що формується у результаті проведення експерименту є ступінь переваги тієї чи іншої технології ЕО (частота вибору її експертом найкращою у ранжируванні серед тих, що тестувались).

4.3.4 Особливості та засоби забезпечення чистоти експерименту

На першому із вказаних етапів пропонується, щоб експерт сам вибирав предметну область, в якій він вважає себе достатньо компетентним. Експертові пропонується сформулювати проблему, яка, на його погляд, є найбільш зрозумілою для нього. Надання експертові можливості самостійного вибору предметної області для оцінювання гарантує неупередженість організаторів експертизи (адже предметну область пропонує не організатор експертизи, а сам експерт). Організатор експертизи не нав'язує експертові предметну область, у якій останній може виявитися недостатньо компетентним.

Після формулювання проблеми експерту пропонується сформулювати набір факторів, які її описують. Цей, один і той самий, набір факторів використовується для оцінювання різних технологій ЕО в процесі експерименту – таким чином, забезпечується можливість коректного порівняння результатів, отриманих різними технологіями.

При формулюванні критеріїв (факторів) вимагається, щоб вони найбільш повно описували проблему і, при цьому, були незалежними між собою (по можливості, „не перекривалися” між собою, не мали значного взаємовпливу). Це є необхідною умовою отримання достовірних результатів за допомогою методів обробки МПП.

Передбачається також можливість довільно задавати порядок подання факторів для ЕО: інтуїтивно експерт згадує (і, відповідно, задає) в першу чергу більш важливі, на його думку, фактори – і цей порядок факторів залишається одним і тим самим для усіх методів. Це є також важливим для забезпечення однакової достовірності результатів отриманих на основі обробки парних порівнянь (бо в методі парних порівнянь кількість порівнянь, в яких приймає участь конкретний об'єкт, залежить від порядку об'єктів).

Кількість факторів не має перевищувати 7 ± 2 . Ця умова визначається психофізичними обмеженнями середньостатистичної людини (в т.ч.,

експерта) [2]. До того ж, саме вона відіграє вирішальну роль при формуванні діапазонів значень та кількості поділок шкал, що використовуються.

Випадковий вибір пари факторів (об'єктів), які пропонуються експертові для порівняння, а також технології їхнього ЕО, на другому етапі, дозволяє зменшити кореляцію між оцінками співвідношень, отриманими різними методами для одних і тих самих об'єктів під час одного і того ж сеансу експерименту. Таким чином, ми отримуємо можливість домогтися взаємної незалежності значень окремих парних порівнянь.

Ранжирування технологій ЕО проводиться „наосліп”, тобто, на четвертому етапі експерту пропонується, за стовпчиковими діаграмами, обрати один з трьох векторів ваг факторів. Під жодною з діаграм не вказується тип шкали, у якій задавалися оцінки, що склали основу для побудови вектора ваг. Таким чином, гарантується неупередженість ранжирування технологій ЕО за ступенем відповідності ваг факторів уявленню експерта про проблему.

4.3.5 Обробка та аналіз результатів експерименту

Результат кожного експерименту являє собою файл з наступною інформацією:

1. Прізвище, ім'я, по батькові експерта
2. Назва проблеми
3. Перелік факторів
4. МПП факторів, отриманих із застосуванням різних технологій ЕО
5. Час, витрачений експертом на кожне запитання
6. Ранжирування технологій ЕО (векторів ваг критеріїв)
7. Обґрунтування експертом свого ранжирування

У рамках даного експерименту кожен експерт може брати участь кілька разів поспіль при умові формулювання різних проблем.

Одразу після завершення кожної окремої експертизи її результати перевіряються на адекватність, адже подальшу статистичну обробку слід проводити на основі вибірки адекватних ранжирувань технологій ЕО. Перевірка (очищення, відсів) включає два етапи:

1. При аналізі не враховуються (видаляються) результати, які можна розцінювати як „недбалі”. Йдеться про а) результати на отримання яких експертом витрачений занадто малий час (адже експерту потрібно принаймні кілька секунд на те, щоб сформулювати обдуману відповідь чи оцінку); б) МПП, у яких співпадає більшість оцінок; в) файли з результатами, що корегувалися вручну; г) неповністю заповнені МПП, у яких за наявними елементами не можна відновити решту елементів (для випадку неповних парних порівнянь [64, 99]).

2. Відсіюються вектори ваг факторів, якщо між відповідними елементами МПП, на основі яких вони отримані, виявлені значні протиріччя (суттєва неузгодженість). Наприклад, коли один з трьох отриманих векторів ваг факторів суттєво відрізняється від інших двох, експерт відкине цей вектор, а відтак, і відповідну технологію ЕО, і не може включити його у кінцеве ранжирування. Навіть якщо даний вектор (і відповідна технологія) буде включений експертом у ранжирування як найменш адекватний, усе це ранжирування не нестиме інформації про відповідність отриманих векторів ваг факторів уявленням експерта про проблему.

4.3.6 Поетапна процедура виконання експерименту експертом

Для проведення експерименту був програмно реалізований макет робочого місця експерта. Робоче місце призначене для проведення експертиз з оцінки впливів факторів, які характеризують конкретну проблему, на основі парних порівнянь у вищевказаних шкалах.

Поетапна процедура роботи експерта проілюстрована на рис. 4.52 та рис. 4.53.

Сформулюйте ціль і 5-7 факторів

Ціль

Проблема

5-7 факторів, що позитивно впливають на Ціль

Фактор 1

Фактор 2

Фактор 3

Фактор 4

Фактор 5

Ваше П.І.Б. Іваненко Іван Іванович

Підтвердити

Рис. 4.52 Формулювання цілі (проблеми) та низки факторів

На рис. 4.52 зображено екранну форму для уведення початкових даних для експерименту (див. 1-й етап). На рис. 4.53 показано приклади інтерфейсу виконання парних порівнянь за допомогою різних технологій ЕО. Слід звернути увагу на наявність інтерактивної підказки, зображеної на екранній формі знизу рисунка, яка використовується в технології, що тестується. Ця підказка наглядно демонструє співвідношення між об'єктами, яке визначає експерт під час порівняння.

У випадку, якщо експерта не влаштовує співвідношення між об'єктами, які відповідають вербальному значенню деякої шкали, йому в рамках запропонованої технології пропонується можливість підібрати найбільш прийнятну для нього шкалу, керуючись підказками як показано на рис. 4.54.

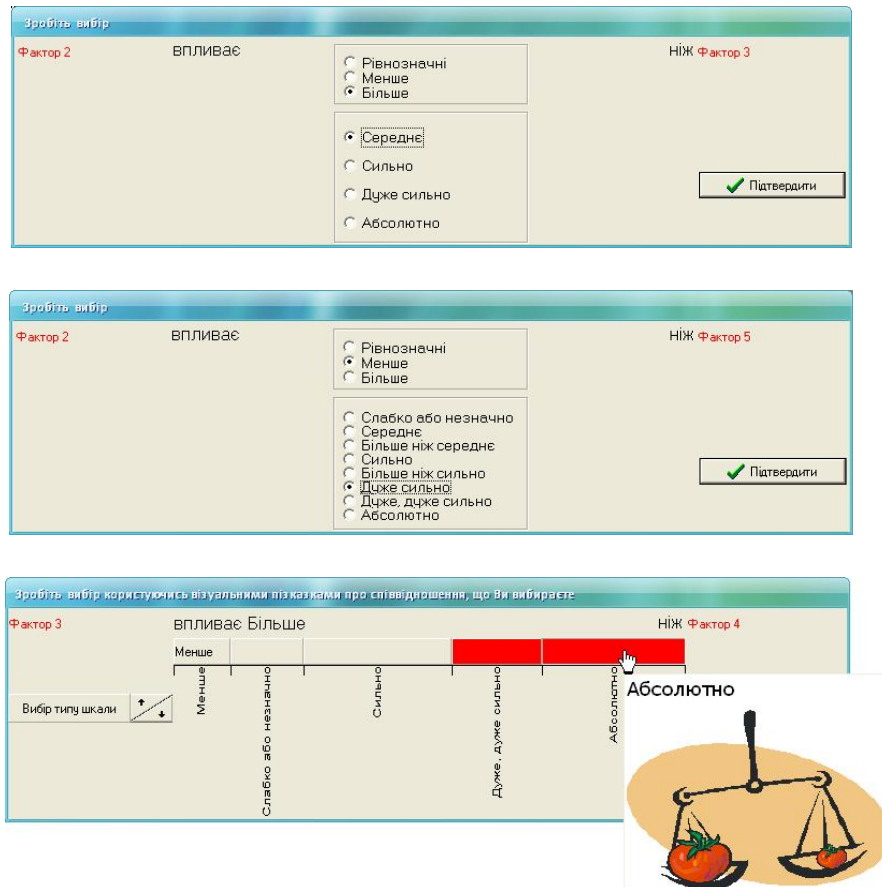


Рис. 4.53 Приклади інтерфейсу користувача для виконання парних порівнянь

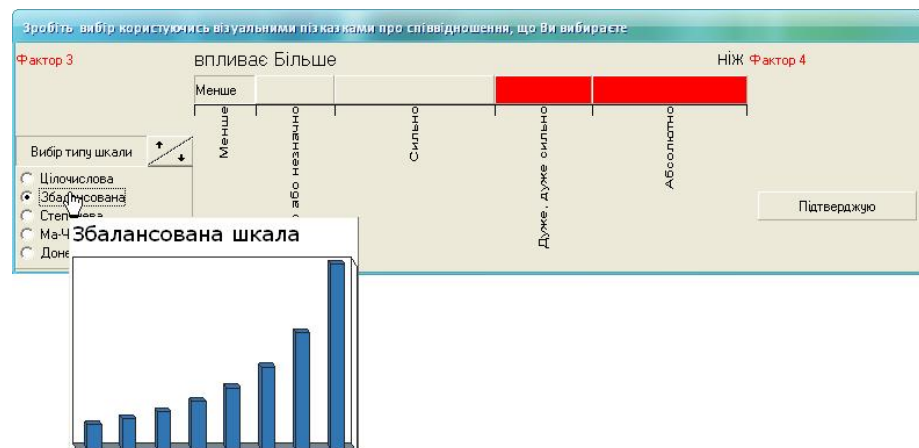


Рис. 4.54 Інтерфейс вибору шкали

На рис. 4.55 зображено екранну форму інтерфейсу для уведення експертом результуючого ранжирування технологій ЕО з обов'язковим змістовним поясненням свого вибору.

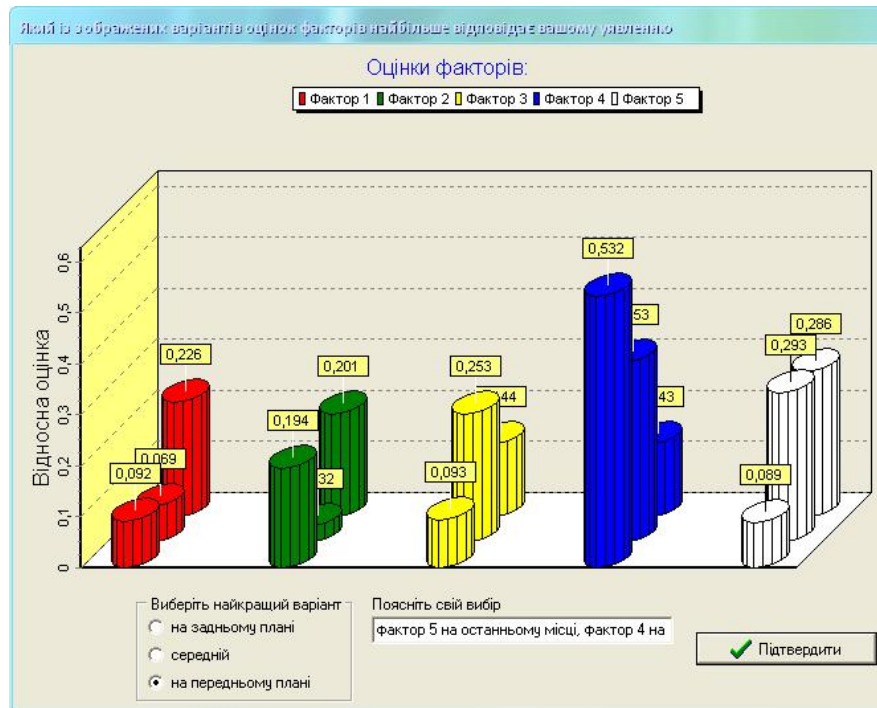


Рис. 4.55 Екранна форма інтерфейсу для уведення результуючого ранжирування

4.3.7 Чисельні результати експерименту

У якості експертів в експерименті виступали співробітники Лабораторії Систем підтримки прийняття рішень Інституту проблем реєстрації інформації НАН України та студенти-магістранти Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій МОНМС України. На даний момент у експерименті взяли участь близько 100 респондентів. Після відсіву вибірка склала 63 ранжирування векторів ваг факторів (та відповідних ним технологій ЕО), 2 ранжирування виявились неповними (складаються не з трьох, а із двох векторів). Результати зведені у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 Результати експерименту

Назва технології ЕО при застосуванні парних порівнянь	Кількість респондентів, які присвоїли даній технології ранг		
	„1”	„2”	„3”
у фундаментальній шкалі переваг з 5 поділок	10	15	37
у фундаментальній шкалі переваг з 9 поділок	12	33	17
Запропонована технологія, що тестується	41	15	7

Як видно з таблиці, більшість респондентів надала перевагу запропонованій технології ЕО, що ґрунтується на агрегації результатів парних порівнянь, отриманих у різних шкалах [64, 99].

4.4 Підсистема визначення змістової подібності

Як було показано раніше, метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР [89, 93, 100] реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності для СППР “Солон-3” [1] та системи “Консенсус” [102]. Отже розглянемо підсистему визначення змістової подібності та її практичне застосування на прикладі відбору проектів для фінансування в екологічній сфері.

Особою, що приймає рішення сформульована головна ціль: «Поліпшити стан навколишнього середовища міста». За допомогою системи “Консенсус”, територіально розподілена група експертів, під керівництвом організатора експертизи – інженера по знаннях, формулюють списки цілей, які, на їх думку, впливають на головну ціль. Зміст кожного формулювання цілі експерт уточнює кортежем КС.

На рис. 4.56 представлено множину індивідуальних формулювань експерта.

Консенсус

Система розподіленого збору та обробки експертної інформації

Работа с программой | Сообщения

Добро пожаловать Павленко Павел Павлович!

Мои данные | Выход из системы

Работа с программой :: Улучшить состояние внешней среды :: Улучшить состояние внешней среды

Сформулировать
НОВУЮ подцель

1

Пользователь	Формулировки подцелей	Управление
Pavlenko 2012-07-25 16:48:11	Воспитывать у населения бережное отношение к природе	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:48:41	Увеличить площадь зеленых насаждений	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:49:22	Придумать новый вид топлива	Редактировать удалить
Pavlenko 2012-07-25 16:49:41	Удалить из города транзитный транспорт	Редактировать удалить

Рис. 4.56 Формулювання експертами цілей та встановлення між ними зв'язків

Редагування об'єкту БЗ

Назва об'єкта БЗ:
Придумать новый вид топлива

Ключевое слово	Вага
Город	0
Изобретать	0,5
Информационная политика	0
Население	0
Ограничить	0
Озеленение	0
Окружающая среда	0
Повысить	0
Природа	0
Пропаганда	0
Растительность	0
Территория	0
Топливо	0,29
Транзит	0
Транспорт	0
Увеличить	0
Экология	0,21

Підтвердити Скасувати

Рис. 4.57 Задавання КС об'єкту БЗ та їх ваг

Для кожного формулювання експерт задає КС об'єкту БЗ та їх ваги у підсистемі змістової ідентифікації (рис. 4.57).

Після визначення кортежа КС цілі задаються коефіцієнти важливості КС шляхом виконання експертом парних порівнянь КС за ступенем їх важливості. Для цього використовується розроблений програмний інструментарій ЕО - система "Рівень" [101], як представлено на рис. 4.58.

Таким чином кожний експерт надає свою множину індивідуальних формулювань.

Далі інженер по знаннях формує групи однакових за змістом формулювань, шляхом використання відповідного інструментарію, яки представлено на рис. 4.59. Він дозволяє, в результаті роботи авторського методу, сформувати рейтинг змістової відмінності об'єктів БЗ від вибраного і таким чином сформувати групи однакових за змістом цілей.

Підсистема змістової ідентифікації надає інженеру по знаннях можливість перегляду рейтингу змістової відмінності об'єктів БЗ від вибраного (рис. 4.59). За допомогою цього експерт може виключити з БЗ об'єкти, які співпадають за змістом, але різні за формулюванням, для запобігання надлишковості. Також є можливість довстановлювати впливи між об'єктами БЗ, яких не вистачає.

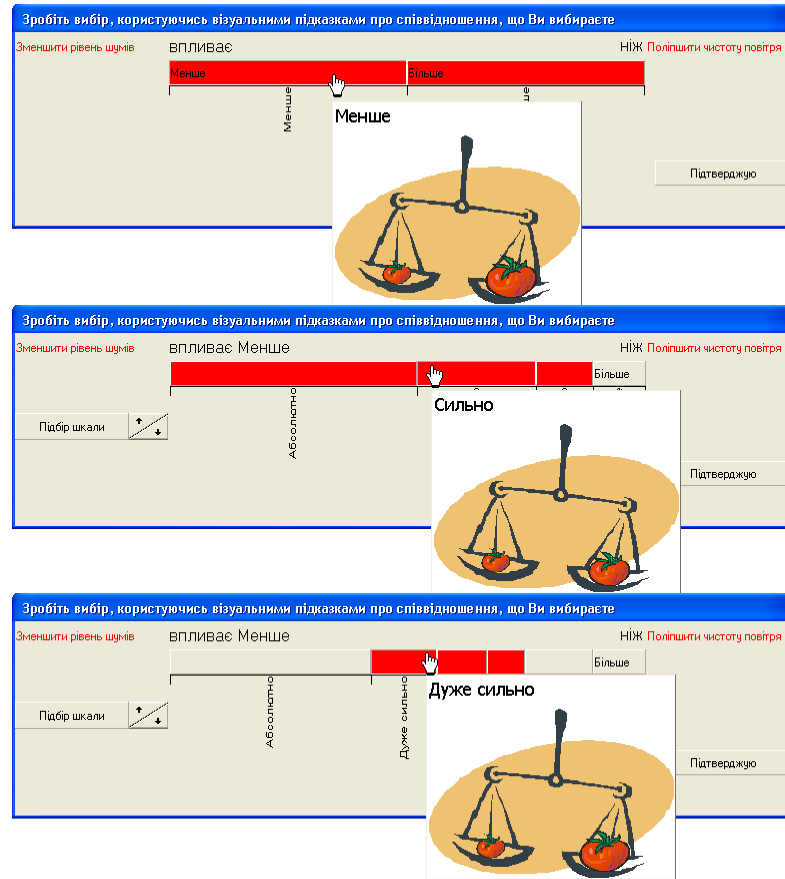


Рис. 4.58 Експертні парні порівняння КС за ступенем їх важливості

Визначення змістової подібності об'єктів бази знань

Об'єкти БЗ:

- Воспитывать у населения бережное отношение к природе
- Запрет въезда в город транзитных грузовых автомобилей
- Информационная политика в сфере экологии
- Исследования в области экологически безопасного топлива
- Ограничить поток транзитного транспорта
- Придумать новый вид топлива**
- Разработать новый вид топлива
- Расширение парковых территорий
- Увеличение озеленённых территорий
- Увеличить площадь зеленых насаждений
- Удалить из города транзитный транспорт
- Улучшить состояние внешней среды
- Экологическая пропаганда

Відносне відхилення (%): 25

Редагувати матрицю КС

Змістова відмінність об'єктів БЗ від вибраного (%):

Об'єкт БЗ	Значення
> Придумать новый вид топлива <- !	> 0 <- !
> Разработать новый вид топлива <- !	> 3,76 <- !
> Исследования в области экологически безопасного топлива <- !	> 9,44 <- !
Улучшить состояние внешней среды	74,06
Информационная политика в сфере экологии	74,62
Экологическая пропаганда	74,64
Воспитывать у населения бережное отношение к природе	93,67
Расширение парковых территорий	94,96
Увеличение озеленённых территорий	94,96
Увеличить площадь зеленых насаждений	95,09
Запрет въезда в город транзитных грузовых автомобилей	95,27
Ограничить поток транзитного транспорта	95,5
Удалить из города транзитный транспорт	100

Новий об'єкт БЗ Редагувати об'єкт БЗ Видалити об'єкт БЗ

Рис. 4.59 Рейтинг змістової відмінності об'єктів БЗ від вибраного

Це дозволяє групі експертів прийти до консенсусу і узгодити множину формулювань цілей (вибрати найкращі), що впливають на головну ціль, як представлено на рис. 4.60.

Далі, аналогічним чином, шляхом декомпозиції уже наявних цілей, формується БЗ даної предметної області.

The screenshot displays the 'Консенсус' (Consensus) system interface. At the top, there is a blue header with the title 'Консенсус' and the subtitle 'Система розподіленого збору та обробки експертної інформації'. Below the header, there is a navigation bar with links: 'Зона эксперта | Сообщения | Пользователи | Зона администратора'. A user greeting 'Добро пожаловать Иваненко Иван Иванович!' and a user name 'Иваненко Иван Иванович!' are visible. There are also links for 'Мои данные' and 'Выход из системы'.

The main content area shows a section titled 'Создать новую программу' (Create a new program). Below it, there is a dropdown menu for 'Работа с программой' (Work with the program) set to 'Улучшить состояние внешней среды' (Improve the state of the external environment). The program name is 'Улучшить состояние внешней среды' and the method is 'Метод обработки программы(!): Непоср. оценивания' (Direct evaluation method).

A 'Дерево целей' (Goal tree) section is visible, with a button 'Завершить процесс построения иерархии целей' (Finish the process of building the hierarchy of goals) and a button 'удалить эту программу' (Delete this program). The goal tree shows a hierarchy of goals:

- Улучшить состояние внешней среды [+]
 - Воспитывать у населения бережное отношение к природе [+]
 - Увеличить площадь зеленых насаждений [+]
 - Разработать новый вид топлива [+]
 - Не пускать в города транзитный транспорт [+]

Рис. 4.60 Структура БЗ у системі “Консенсус”

Після декомпозиції проходить, аналогічним чином, експертне оцінювання відносних ступенів впливу цілей шляхом відповідних парних порівнянь. Для цього використовують розроблений інструментарій системи "Рівень".

В результаті роботи системи “Консенсус” формуються відповідні таблиці реляційної бази даних (БД). У подальшому СППР інтерпретує ці проміжні дані в БЗ відповідної предметної області у вигляді ієрархії цілей (рис. 4.61). Далі, інженер по знаннях, використовуючи інструментарій системи “Солон-3”, працює з БЗ предметної області у вигляді ієрархії цілей.

Інструментарій підсистеми визначення змістової подібності дозволяє більш ефективно і якісно це робити.

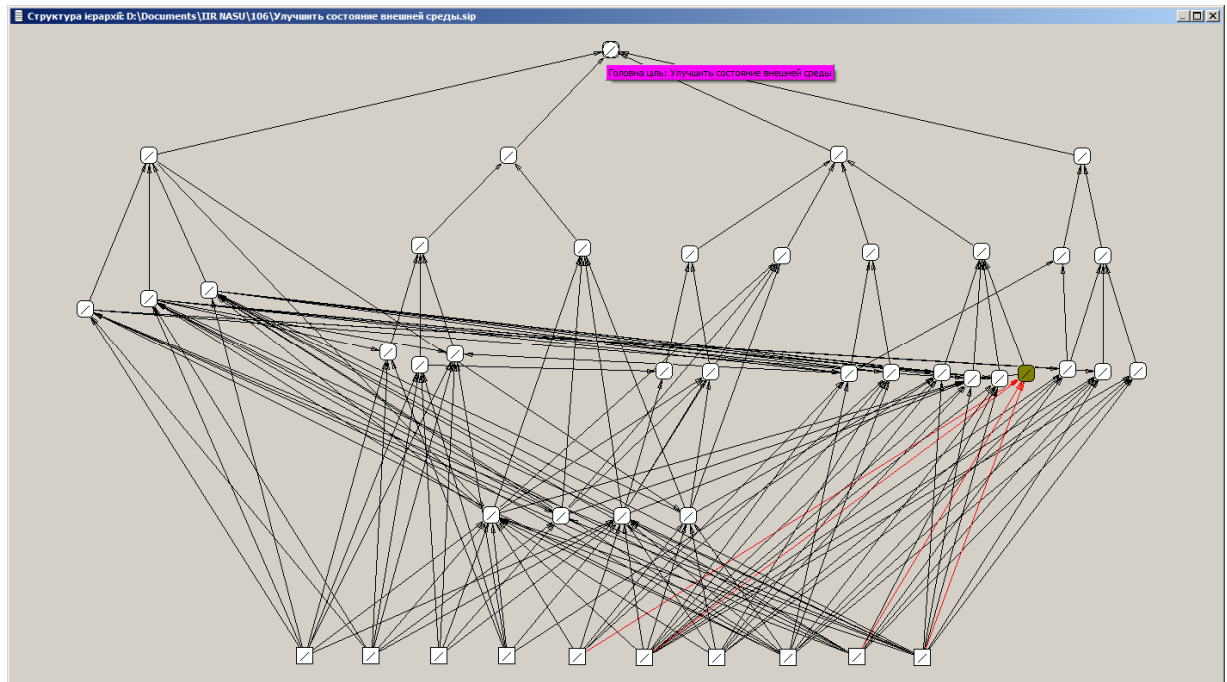


Рис. 4.61 Структура БЗ у СППР “Солон-3”

4.4.1 Приклад поліпшення якості рекомендацій для особи, яка приймає рішення, завдяки підвищенню адекватності моделі предметної області

Після корегування БЗ, СППР “Солон-3” виробляє рекомендації для ОПР, а саме рейтинг ефективності проектів в екологічній сфері.

На рис. 4.62, на характерному прикладі, показано, що завдяки виключенню дубльованого за змістом об’єкта з БЗ (або надлишковості), змінюється результат розрахунку рейтингу ефективності проектів [97-98].

Тобто, виключення надлишковості підвищує адекватність моделі, шляхом приближення її до уявлень експерта про предметну область.

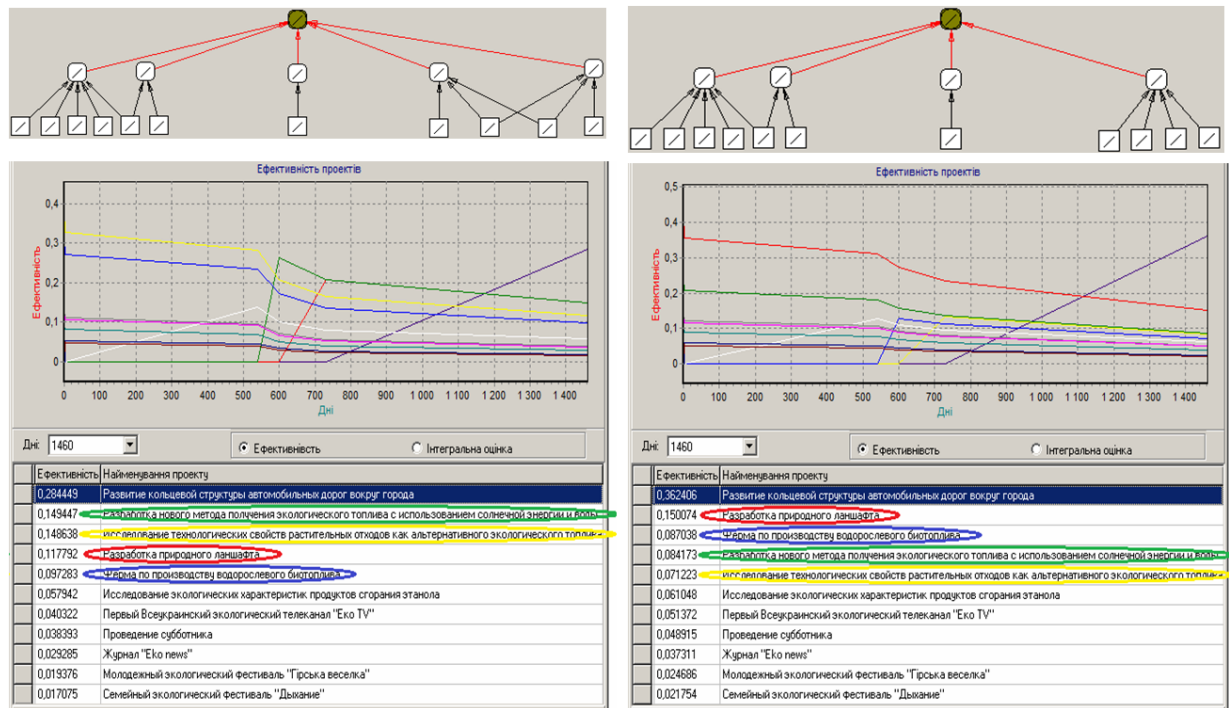


Рис. 4.62 Приклад поліпшення якості рекомендацій для ОПР, завдяки підвищенню адекватності моделі предметної області

4.5 Застосування системи підтримки прийняття рішень для вибору конфігурації системи електронного документообігу

Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР знайшов практичне застосування при побудові БЗ для вибору варіанту конфігурації системи електронного документообігу [55, 58, 62-63].

На перед-проектному (попередньому) та аналітичному етапах розробки систем електронного документообігу (Electronic record (document) management system або ERMS/EDMS, чи СЕД), коли формулюється технічне завдання, вкрай важливо подбати про те, щоб воно максимально точно відповідало вимогам клієнта (користувача). Формулювання технічного завдання покладається на проектну робочу групу, до складу якої мають входити аналітики, які представляють клієнта та аналітики, які представляють виконавця. Разом вони мають виробити технічне завдання, що забезпечить тривале та стає функціонування СЕД у майбутньому. Типові

вимоги до систем управління електронними записами (electronic record management systems (ERMS)) (більш загальна категорія) та СЕД викладені у стандарті MoReq [68]. Більшість вимог, наведених у цьому документі, є функціональними, і можуть бути описані за допомогою булівських (наприклад, „система має містити засоби для управління вхідними чергами») чи кількісних (наприклад, максимальна кількість атрибутів метаданих, яку підтримує система) параметрів. Ці параметри (фактори або критерії) часто називають „відчутними” (tangible) [50]. Для опису не-функціональних вимог (представлених, здебільшого, у розділі 11 стандарту MoReq) необхідно формулювати „невідчутні” (intangible) фактори або критерії. Цифрові бібліотеки та архіви (що також є типами СЕД) мають довгі життєві цикли, тож нефункціональні вимоги мають критичне значення для цих типів СЕД, і іноді є важливішими за функціональні вимоги. Для оцінки рівня відповідності майбутньої СЕД не-функціональним вимогам виникає необхідність у залученні експертів до процесу розробки цієї СЕД. Чим адекватніше сформульоване технічне завдання (з урахуванням як функціональних, так і не-функціональних вимог), і чим точніше воно відповідає потребам клієнта, тим менше часу і коштів буде витрачено на реконструювання майбутньої системи під час наступних етапів розробки та впровадження. У [69] наводяться характеристики конкретних носіїв для архівного збереження даних. У даній доповіді пропонується, на основі комплексного цільового підходу, експертним шляхом оцінювати не окремі носії, а цілі конфігурації.

4.5.1 Опис підходу до розробки технічного завдання на основі експертних знань

У даному контексті аналітики (що представляють клієнта та виконавця) виступатимуть у ролі експертів. Ще раз підкреслимо, що використання експертних технологій дозволить усунути невідповідності майбутньої СЕД

потребам клієнта, оскільки експерти є найбільш компетентними спеціалістами у заданій предметній області, здатними найбільш точно виявити такі невідповідності і врахувати їх під час формулювання вимог.

Не-функціональні вимоги являють собою слабо структуровану предметну область (проблематично визначити зв'язки між ними та кількісно описати їх). Отже, одним з найзручніших способів опису не функціональних вимог буде застосування ієрархічного підходу, тобто, побудова ієрархії вимог [50], до якої увійдуть як функціональні (відчутні), так і не-функціональні (невідчутні) вимоги. На відміну від підходу, викладеного у [91], в основу ієрархії критеріїв пропонується покласти готовий стандарт MoReq. Частина вимог можна взяти прямо зі стандарту, та сформувати з них універсальний фрагмент ієрархії, адже, даний стандарт стосується усіх типів СЕД. Також слід зазначити, що вимоги, викладені у MoReq, тісно пов'язані між собою і їх буде зручно представити у вигляді графу ієрархії. Водночас MoReq залишає простір для додавання нових вимог у випадку конкретних конфігурацій СЕД. Проектна група, звичайно, включатиме спеціалістів з більш вузьких галузей (експертів у предметній області, розробників, аналітиків, адміністраторів, тестерів, менеджерів тощо). Отже, кожен групу вимог, що відносяться до цих конкретних галузей мають формулювати відповідні спеціалісти зі складу проектної групи. Також саме ці спеціалісти мають оцінювати ступінь відповідності майбутньої конфігурації СЕД вимогам клієнта, що відносяться до відповідних галузей. Коли ієрархію побудовано, експерти мають присвоїти усім критеріям ієрархії відносні ваги. Потім усі можливі варіанти конфігурацій СЕД мають бути оцінені за усіма критеріями, після чого мають бути розраховані агреговані оцінки (показники відносної ефективності або рейтинги) варіантів конфігурацій за ступенем відповідності потребами клієнта.

4.5.2 Опис гіпотетичного прикладу

Технологія комплексного цільового експертного оцінювання, коротко описана вище, реалізована у серії СППР сімейства “Солон”, розроблених у лабораторії СППР Інституту проблем реєстрації інформації НАНУ (<http://www.dss-lab.org.ua/Main.html>). Підкреслимо, що СППР “Солон-3” [1] призначена для забезпечення експертної підтримки прийняття рішень у будь-яких слабо-структурованих предметних областях. Багатокритеріальний експертний вибір найбільш прийнятної конфігурації СЕД є лише одною з задач, які можна розв’язувати за її допомогою.

Пропонуємо розглянути роботу СППР на гіпотетичному прикладі, де оцінюються та порівнюються 5 альтернативних конфігурацій СЕД. У даному прикладі ієрархію вимог формулювали автори доповіді (на основі стандарту MoReq та загальних засад розробки СЕД), у дійсності ж передбачається, що її будують експерти у відповідній галузі. СЕД, варіанти конфігурації якої оцінюються в даному випадку, призначена для управління архівом гідрометеорологічної інформації. Архів призначений для накопичення та зберігання гідрометеорологічної інформації, та для інформаційної підтримки метеорологічних досліджень. Обсяги та типи даних наступні: 50 000 цифрових магнітних стрічок з даними про метеорологічну обстановку за кілька десятиліть, 1500 Тб супутникових даних на магнітооптичних носіях, 1000 Тб інших інформаційних матеріалів; 200 мільйонів різноманітних паперових документів форматів А0-А4, 400 мільйонів фотографій, у тому числі – документи на фотопапері, книги та рукописи. Загальний обсяг архіву – 6 Рб. Річний приріст обсягу даних – приблизно 10 Тб, у тому числі, 1 Тб даних наземних вимірювань та 8 Тб супутникових даних. Ключові завдання створення архіву: переведення до цифрового вигляду паперових носіїв; міграція даних на сучасні пристрої для зберігання; надання доступу до різних типів даних; впровадження веб-технологій та багаторівневого (ієрархічного) збереження даних.

На основі цих завдань були сформульовані наступні варіанти конфігурацій:

Конфігурація 1: стрічкова бібліотека IBM TS3500 (1 шт) (<http://www-03.ibm.com/systems/storage/tape/ts3500/>), дискова система зберігання даних IBM DS8300, Сервер управління на базі IBM system z9 BC під управлінням ОС z / vm і zLinux, ПЗ керування архівними даними IBM DB2 Content Manager OnDemand і IBM Tivoli Storage Manager (<http://www-01.ibm.com/software/tivoli/products/storage-mgr/productline/compare.html>).

Конфігурація 2: Архівні оптичні накопичувачі ЕЛАР НСМ 7000-BD (40 шт) (http://ncm.ru/nsm_bd.shtml), дискова система зберігання даних IBM DS8300, сервер управління на базі IBM system z10 EC (http://ru.wikipedia.org/wiki/IBM_System_z10) під управлінням ОС z / vm і zLinux, ПЗ системи архівації та управління документами Saperion (<http://www.saperion.ru/>).

Конфігурація 3: Архітектура системи зберігання даних EMC Centera, що представляє надлишковий масив незалежних вузлів – RAIN (Redundant Array of Independent Nodes). Вузли доступу й вузли зберігання, що входять в архітектуру, представляють собою сервери платформи Intel з АТА дисками. Сервера з'єднані між собою у внутрішню Ethernet LAN, а також мають Ethernet для зовнішнього підключення. Всі вузли працюють під управлінням модифікованої ОС Linux, що має назву CentraStar Operating Environment. Пошук у архіві EMC Centera здійснюється через ПЗ Centra Seek and Chargeback Reporter (<http://www.emc.com/products/detail/hardware/centera.htm>).

Конфігурація 4: бібліотека на магнітній стрічці Quantum Scalar i2000 (10 шт.). (<http://www.quantum.com/ServiceandSupport/SoftwareandDocumentationDownloads/S2K/Index.aspx>); системи зберігання на магнітних дисках COPAN 400M Native MAID (1 шафа) від компанії SGI. (<http://www.sgi.com/products/storage/maid/400M/specifications.html>); сервер управління на базі IBM system z9 BC під управлінням ОС z / vm і zLinux. ПЗ QStar HSM.

Конфігурація 5: бібліотека на основі UDO або магнітооптичних носіїв Plasmon G638 (70 шт.) (http://www.dataarchivecorp.com/udo-plasmon_g-638.htm); системи зберігання на магнітних дисках COPAN 400M Native MAID (1 шафа) від компанії SGI ; сервер управління на базі IBM system z9 BC під управлінням ОС z / vm і zLinux. ПЗ системи архівації та управління документами Saregon.

Гіпотетична ієрархія критеріїв, за якими оцінюються альтернативні варіанти конфігурацій, будується наступним чином. На найвищому (0-му) рівні знаходиться лише головна ціль – „побудова ефективної системи архівного збереження даних”. Наступний, 1-й рівень включає її безпосередні під-цілі (або під-критерії) – “виконання вимог до системи збереження даних”, “низька собівартість”, “схвалення з боку вищого керівництва організації”. Ці цілі декомпонуються більш детально; 4-й та 5-й рівні ієрархії складаються з критеріїв, що відповідають вимогам стандарту MoReq (у тому числі, нефункціональні вимоги). Загалом, до ієрархії входить близько 90 критеріїв, пов’язаних між собою. Структура ієрархії наведена на рис. 4.63. Відносний вплив кожного критерію на свого „предка” у графі ієрархії оцінюється експертами. Коли усі впливи оцінені, обраховується відносна ефективність (рейтинги) усіх альтернативних варіантів конфігурацій. Відносні ваги (рейтинги) 5 наведених конфігурацій (що входять до ієрархії у якості проектів під номерами 87-91) показані у таблиці 4.2. Повний перелік критеріїв (вимог), що входять до ієрархії, наведений нижче. Як бачимо з таблиці 4.2, Конфігурація 2 є найкращою за вказаними критеріями.

Таблиця 4.2 Рейтинги (відносна вагомість) альтернативних варіантів конфігурацій

Номер конфігурації	1	2	3	4	5
Відносна вагомість	0.2153	0.2361	0.1875	0.1667	0.1944
Ранг	2	1	4	5	3

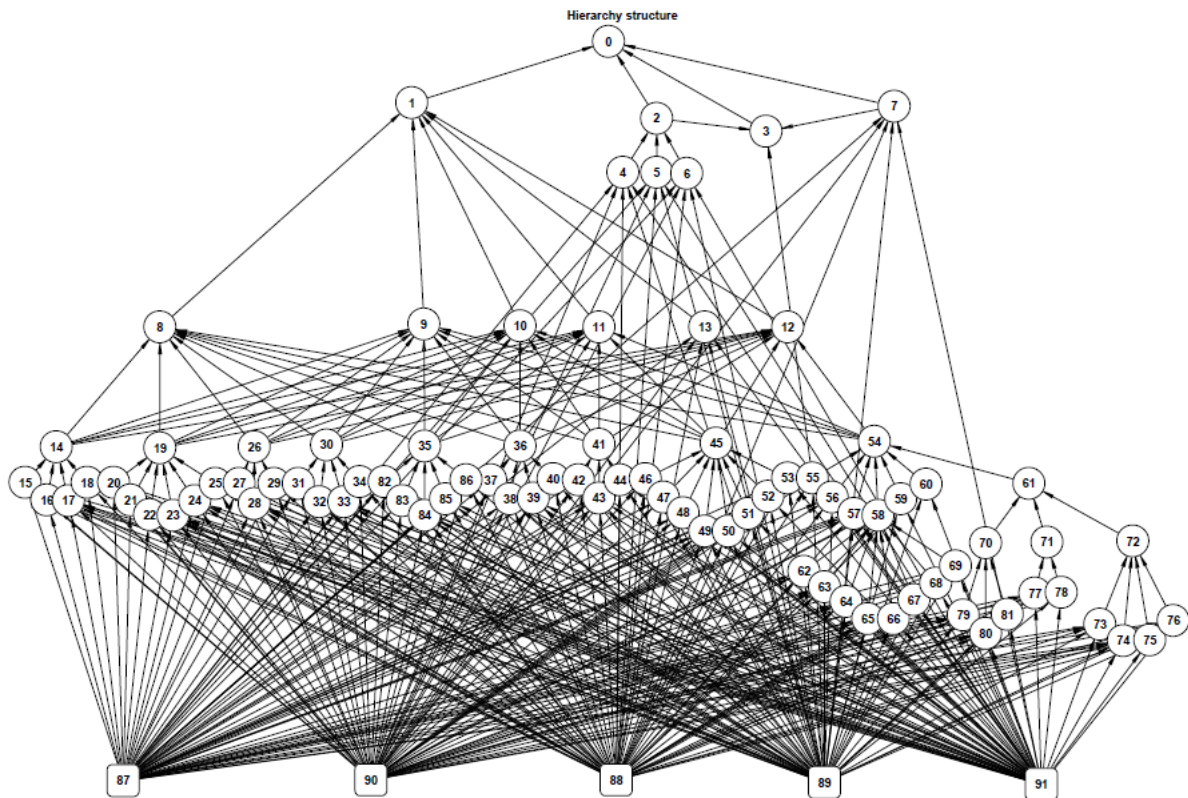


Рис. 4.63 Структура ієрархії критеріїв

Перелік критеріїв (під-цілей, або вимог):

- 0 Створення системи збереження даних архіву
- 1 Задоволення вимог до системи збереження даних
- 2 Фінансові затрати на створення системи збереження даних
- 3 Сприяння створенню системи з боку менеджерів вищої ланки
- 4 Наявність типових рішень
- 5 Наявність фахівців з попереднім досвідом розробки
- 6 Ступінь інтенсивності участі кожного фахівця
- 7 Затрати часу на створення системи збереження даних
- 8 Принцип системної єдності
- 9 Принцип розвитку
- 10 Принцип комплексності
- 11 Принцип стандартизації
- 12 Принцип універсальності
- 13 Принцип нових задач
- 14 Схема класифікації

- 15 Налаштування схеми класифікації
- 16 Класи і папки
- 17 Тома
- 18 Обслуговування схеми класифікації
- 19 Управління доступом й безпека
- 20 Доступ
- 21 Аудит/Системний журнал
- 22 Резервне копіювання й відновлення
- 23 Управління переміщенням документів
- 24 Автентичність
- 25 Категорії доступу
- 26 Порядок зберігання док-тів на протязі встановленого терміну та подальші дії
 - 27 Порядок зберігання
 - 28 Експертиза цінності
 - 29 Переміщення, експорт та знищення документів
 - 30 Реєстрація документів
 - 31 Реєстрація
 - 32 Масовий імпорт
 - 33 Типи документів
 - 34 Управління електронною поштою
 - 35 Ідентифікація інформаційних об'єктів
 - 36 Пошук, вибирання й представлення
 - 37 Пошук й вибирання
 - 38 Представлення: відображення на екрані
 - 39 Представлення: друк
 - 40 Представлення: інше
 - 41 Адміністративні функції
 - 42 Загальне адміністрування
 - 43 Звітність

- 44 Змінення, видалення, редагування й перегляд документів
- 45 Інші функції
- 46 Управління неелектронними документами
- 47 Зберігання на протязі встановленого терміну й подальші дії з гібридними папками
- 48 Управління інформаційними документами
- 49 Управління робочими процесами
- 50 Електронний підпис
- 51 Шифрування
- 52 Електронні водяні знаки
- 53 Інтероперабельність та відкритість
- 54 Нефункціональні вимоги
- 55 Простота використання
- 56 Продуктивність та масштабування
- 57 Доступність системи
- 58 Технічні стандарти
- 59 Законодавчі та нормативні вимоги
- 60 Аутсорсінг та управління даними третіми сторонами
- 61 Довготермінове зберігання та боротьба з застаріванням технологій
- 62 Апаратне забезпечення
- 63 Операційні системи
- 64 Промислові стандарти інтерфейсу користувача
- 65 Реляційні СУБД
- 66 Мережеві протоколи й операційні системи
- 67 Використання кодування на різних рівнях
- 68 Стандарти обміну
- 69 Інтерфейс прикладного програмування й комплекти розробника
- 70 Деградація носіїв інформації
- 71 Застарівання обладнання
- 72 Застарівання форматів

- 73 Міграція форматів
- 74 Емуляція
- 75 Консервація технологій
- 76 Зв'язування даних та програмного забезпечення
- 77 Моніторинг стану обладнання
- 78 Міграція інформації на нові сучасні носії
- 79 Дотримання відповідних умов зберігання, використання та обробки носіїв інформації
- 80 Забезпечити поточну заміну носіїв
- 81 Забезпечити збереження декількох копій документів та їх систематичне порівняння
- 82 Ідентифікація класу
- 83 Ідентифікація теки
- 84 Ідентифікація тому
- 85 Ідентифікація документа
- 86 Ідентифікація витягу з документу
- 87 Конфігурація 1
- 88 Конфігурація 3
- 89 Конфігурація 4
- 90 Конфігурація 2
- 91 Конфігурація 5

4.6 Застосування системи підтримки прийняття рішень для побудови Системи кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки

Космічна галузь, яка, на перший погляд, може здаватися окремим, незалежним напрямком діяльності людини, в дійсності має відповідати загальним пріоритетам розвитку, зокрема, суспільним, економічним, екологічним та іншим потребам.

Для забезпечення найкращої відповідності між космічною діяльністю та цими потребами виникає необхідність у побудові стратегій розвитку космічної галузі в цілому та космічної діяльності зокрема. Наявні в Україні стратегії розвитку космічної діяльності не в повній мірі задовольняють потреби в плануванні внаслідок недостатнього фінансування, недостатньої чіткості та адекватності.

Для побудови комплексних довгострокових стратегій, програм та планів виникає потреба у оцінці конкретних заходів та проектів, що входять до їхнього складу. Якщо йдеться про довгострокові заходи, виконання яких розраховано на кілька років чи навіть десятиліть, і які не спрямовані на отримання комерційної вигоди, постає питання адекватної оцінки ефективності цих заходів.

Множина показників ефективності, запропонована у наявній в Україні нормативній базі, не є вичерпною, і не відбиває зв'язків між показниками.

Отже, проблема, якій присвячене дослідження, полягає у побудові системи кількісних та якісних, пов'язаних між собою показників, що дозволить оцінювати ефективність виконання заходів з реалізації загальнонаціональної космічної програми.

4.6.1 Проблема оцінки ефективності космічної діяльності у контексті космічної Програми на 2013-2017 роки та Плану Заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік

Інколи космічна галузь здається відокремленою від інших галузей діяльності людини. Втім, більш детальний розгляд галузі та окремих її складових свідчить про існування зв'язків майже з усіма сферами життя і діяльності людей.

Космічна діяльність є важливою складовою космічної галузі. Наукові, технологічні та прикладні здобутки космічної діяльності мають суттєвий вплив на

- хід технічного прогресу,
- появу та розвиток нових галузей та ринків,
- управлінські рішення,
- підвищення рентабельності галузі в цілому.

Загальнодержавна цільова науково-технічна космічна програма на 2013-2017 роки (проект закону про затвердження Програми можна знайти за посиланням [70]) спрямована саме на забезпечення більш ефективного використання космічного потенціалу для вирішення актуальних завдань соціально-економічного, екологічного, культурного, інформаційного і науково-освітнього розвитку суспільства, забезпечення національної безпеки та захисту геополітичних інтересів держави. Зокрема, пріоритетними напрямками виконання Програми є

- задоволення суспільних потреб у сфері дистанційного зондування Землі, а також супутникових навігаційних і телекомунікаційних послуг;
- розширення присутності вітчизняних підприємств на світовому ринку космічних послуг, забезпечення доступу в космос;

- проведення наукових космічних досліджень, прикладних наукових досліджень з питань створення перспективних зразків ракетно-космічної техніки та передових технологій, реалізації престижних національних проектів, а також виконання науково-освітніх програм;
- прискорення темпів розвитку ракетно-космічної техніки та підвищення її конкурентоспроможності;
- поглиблення міжнародного співробітництва.

У контексті актуалізації космічної діяльності Програма передбачає виконання низки завдань:

забезпечення розвитку космічних технологій та їх інтеграції до реального сектору національної економіки і сфери національної безпеки та оборони:

- здійснення дистанційного зондування Землі з космосу;
- удосконалення космічних систем телекомунікації та навігації;
- провадження космічної діяльності в інтересах національної безпеки та оборони;

оборони;

проведення наукових космічних досліджень;

удосконалення ракетно-космічної техніки та технологій її виготовлення:

- створення космічних комплексів;
- забезпечення промислово-технологічного розвитку;
- поглиблення міжнародного співробітництва.

Кожне з Завдань Програми передбачає виконання низки конкретних проектів.

Комерційну ефективність космічної галузі можна намагатися оцінити в грошовому еквіваленті (припустимо, як розміри прибутків від продажу нових технологій, приладів, дослідних зразків, супутникових знімків тощо), зосередившись на економічних показниках. У той же час, ефективність поточної космічної діяльності, яка, зазвичай, передбачає виконання довгострокових проектів, розрахованих на декілька десятиліть, оцінити

важко. Наприклад, Програмою передбачається створення оптичної космічної системи з просторовою розрізненістю 2,5 метра “Січ-2М” (запуск запланований на 2018 рік), виконання початкових етапів робіт щодо створення космічної системи “Січ-3Р” (запуск – орієнтовно 2020 рік), чи потенційна участь вітчизняних учених у програмі Європейського Союзу Horizon-2020. Говорити про економічний ефект даних проектів у 2013-2017 роках проблематично.

Навіть якщо прийняти до уваги орієнтацію Програми на максимальний рівень комерціалізації космічної галузі та діяльності, існують проекти (пріоритетні та важливі), оцінити прямий економічний ефект яких фактично неможливо.

Також слід зазначити, що затверджений Розпорядженням кабінету Міністрів №790-р від 17 жовтня 2012 р. [71] План заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік, переважно, складається саме з заходів проміжного характеру в рамках кожного з Завдань Програми. У Плані наведений затверджений обсяг бюджетного фінансування відповідних заходів, при тому що переважна більшість цих заходів не передбачає досягнення економічного ефекту у короткостроковій перспективі. Втім, навіть якщо проект не приносить прямої комерційної вигоди, неможна говорити, що він неефективний: можливо прибутковість просто не відноситься до числа апріорних вимог до проекту. Наприклад, про ефективне виконання проекту чи заходу може свідчити виконання усіх завдань цього проекту в рамках виділеного обсягу фінансування.

Якщо відмовитися від ідеї оцінки ефективності галузі в грошовому еквіваленті, то одразу постає декілька питань:

- Які альтернативні критерії чи величини (окрім грошового еквіваленту) дозволять оцінити економічну ефективність космічної діяльності?
- Як оцінювати ефективність довгострокових проектів, які виконані лише частково?

– Як оцінювати ефективність проектів, завідомо не орієнтованих на комерційну вигоду?

4.6.2 Аналіз наявних підходів до оцінювання ефективності та побудови стратегій у сфері космічної діяльності

Як видно із назви Плану Заходів, План включає дві складові. На перший погляд, задача оцінки ефективності виробництва космічної техніки є менш проблематичною, ніж оцінка ефективності космічної діяльності. Втім, як і довгострокові проекти в рамках космічної діяльності, виробництво космічної техніки також може тривати протягом довгого терміну і передбачати виконання низки етапів та заходів.

Нижче проаналізовані наявні підходи до побудови стратегій та оцінювання ефективності, що використовуються у космічній та споріднених галузях.

Протягом останніх років у світі не робилося спроб цілеспрямованої оцінки космічної діяльності, оскільки завдання отримання такої оцінки – вкрай важке та трудомістке. Втім, розроблялися та пропонувалися інструменти для оцінки окремих аспектів космічної діяльності, наприклад, її здобутків у галузі науки чи оборони.

Слід пам'ятати, що на рівні кожної країни, або політичної чи економічної формації, ставлення до космічної діяльності характеризується певними особливостями. Наприклад, у США результатом космічної діяльності прийнято вважати кількість нових технологій, переданих у приватний сектор (*technology transfer*). Доречі, США є одним з ключових гравців світової космічної індустрії, який вкладає у дану галузь рекордні обсяги ресурсів. Тому, перед тим, як звертатися до українського контексту, доцільно буде проаналізувати досвід США у розробці оцінок ефективності окремих складових космічної діяльності.

В контексті українських реалій не існує чіткої методики, орієнтованої саме на оцінювання ефективності космічної діяльності. Низку показників ефективності виконання Програми Заходів наведено у тексті Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми на 2013-2017 роки [70]. Ці показники ґрунтуються на методиці оцінки ефективності інвестиційних проектів, затвердженої відповідними нормативними документами [72-74], та методиці оцінки економічної ефективності витрат на наукові дослідження, затвердженої відповідним Наказом Мінекономіки [75]. Проводиться експертиза, за результатами якої робиться позитивний чи негативний висновок щодо реалізації інвестиційного проекту [76]. Існує ще декілька документів, які ілюструють американські підходи до побудови таких оцінок та відповідних стратегій [77-80].

На основі розгляду низки зарубіжних (світових) та вітчизняних підходів до побудови стратегій у космічній сфері та оцінки їхньої ефективності, можна стверджувати, що наявні підходи характеризуються низкою недоліків:

1) Відсутність системності. Жоден з підходів не надає системи показників для оцінки космічної діяльності; навіть якщо у певних документах (навіть державного рівня) і наводяться загальні показники, за якими слід оцінювати космічну (і будь-яку іншу, наприклад, наукову) діяльність, у них не вказується, яким чином ці показники пов'язані між собою.

2) Відсутність можливості побудови проміжних оцінок. Наявні підходи не дозволяють оцінювати ефективність проектів, які ще не повністю виконані, або проектів, що перебувають на проміжних, чи навіть початкових стадіях виконання. Дана особливість є особливо актуальною в контексті космічної діяльності, де виконується велика кількість високовартісних довгострокових проектів. Наприклад, якщо проект розрахований на 20-30 років, а необхідно оцінити його ефективність після перших 5 років виконання, то наявні методи не дають змоги це зробити.

3) Недостатньо чіткі методи декомпозиції масштабних проектів. Наявні підходи не надають чіткого інструментарію для декомпозиції проектів космічної діяльності (зокрема, Завдань Програми та їхніх складових) на більш «атомарні» проекти. При цьому дана можливість є вкрай важливою у контексті довгострокових багатоетапних проектів та завдань, які виконуються у космічній галузі. Припустімо, певний масштабний проект, завдання чи ціль передбачає виконання певної послідовності кроків чи етапів. Поки проект не реалізований повністю, і не може приносити прямої економічної вигоди, лише ступінь виконання кожного з окремих етапів такого проекту може служити бодай якимсь індикатором того, що кошти, інвестовані в проект витрачені за призначеннями, а кількість виконаних етапів і можливість подальшого їх виконання дозволять судити про ступінь виконання проекту в цілому.

4) Неможливість обґрунтування припинення проекту (і уникнення подальших витрат). Наявні підходи не дозволяють визначати доцільність продовження виконання довготермінових проектів. Така можливість є вкрай важливою з огляду на такі проблеми як застарівання технологій та обладнання, закінчення строку придатності компонентів та матеріалів тощо. До того ж цілком можливі ситуації, коли на момент, коли має бути виконане загальне завдання, ще не виконані окремі його складові.

5) Відсутність профільної методики. В контексті Українських реалій немає методики оцінки ефективності, орієнтованої суто на космічну галузь та діяльність. Наявні методики оцінки призначені для визначення ефективності інноваційних проектів чи наукової діяльності в цілому, і при цьому не враховують особливостей, притаманних конкретним сферам людської діяльності.

З огляду на викладені міркування, виникає необхідність у розробці методики оцінки ефективності космічної діяльності у контексті виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік, яка б дозволяла би наступне:

1) максимально точно врахувати не прямий прибуток чи вплив, а саме опосередкований ефект від космічної діяльності, наприклад, шляхом визначення:

- кількості нових технологій, що з'явилися завдяки космічній діяльності
- кількості нових ринків та галузей, та оцінки фінансового обігу на відповідних ринках
- економічного ефекту від управлінських рішень, прийнятих під впливом результатів космічної діяльності
- приросту рентабельності космічної чи інших галузей (зумовленого космічною діяльністю)
- прогнозованої доданої вартості та інших факторів.

2) будувати не тільки кінцеві, а й проміжні оцінки ефективності виконання проектів, зокрема Завдань Програми, які виконані не повністю, або які щойно почали виконуватися.

3) оцінювати ступінь виконання як довгострокових загальних завдань та проектів космічної діяльності, так і їхніх окремих складових на певному інтервалі часу, а також доцільність подальшого виконання проектів, які виконані не повністю.

4.6.3 Процедура побудови системи кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану Заходів

Для побудови системи показників пропонується застосувати ієрархічний підхід, а саме МЦДОА [3], який реалізовано в рамках СППР „Солон-3” [1]. Результатом роботи з застосуванням СППР має бути ієрархічна структура з кореневою вершиною позначеною, як головна мета функціонування слабо структурованої складної системи, деяка досить глобальна ціль, наприклад, „Забезпечення економічної могутності,

незалежності й безпеки країни”. Компонентами такої структури є деякі проміжні цілі, які можуть носити як кількісний (коли значимість цілей для досягнення головної цілі може бути подана у вигляді деякої визначеної величини), так і якісний (у протилежному випадку) характер. Компоненти структури пов’язані між собою зв’язками (впливами), які у свою чергу теж можуть мати різноманітні властивості, наприклад, бути позитивними чи негативними. Побудована таким чином система класифікується як складна система [81] на відміну від існуючих так званих „великих” систем. Відома класифікація базується на тому, що розмір системи відображає лише кількість її компонентів і зв’язків між ними, а складність характеризує неоднорідність цих елементів і зв’язків.

У ході побудови системи показників, при декомпозиції сформульованої глобальної головної цілі „Забезпечення економічної могутності, незалежності й безпеки країни” (див. вершина „0” на рис. 4.64) використовувалась як інформація, отримана від експертів, що представляють Замовника, так і дані керівних та нормативних документів держави [70-71, 73], профільних друкованих видань [82-83].

Колегіально було досягнуто згоди, що основними факторами, що забезпечують економічну могутність, незалежність та безпеку країни є:

- 1 Економічний розвиток
- 2 Науково-технічний потенціал країни
- 3 Оборона й безпека
- 4 Стійкий розвиток
- 5 Соціальна сфера
- 6 Зовнішня політика.

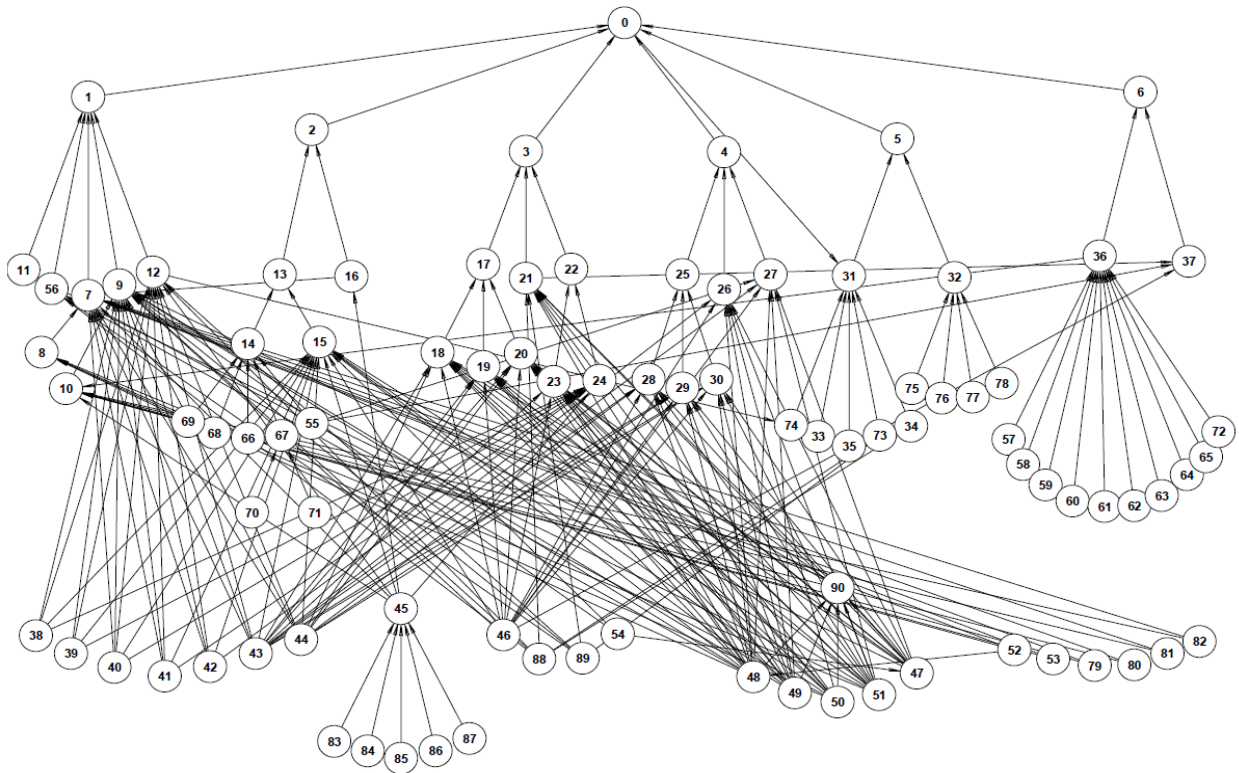


Рис. 4.64 Ієрархічна структура системи показників

Наведемо опис ієрархічної структури системи показників, зображеної на рис. 4.64 (числам відповідають вершини графа) :

- 0 Забезпечення економічної могутності, незалежності й безпеки країни
- 1 Економічний розвиток
- 2 Науково-технічний потенціал країни
- 3 Оборона й безпека
- 4 Стійкий розвиток
- 5 Соціальна сфера
- 6 Зовнішня політика
- 7 Підвищення інноваційного потенціалу економіки
- 8 Впровадження інновацій в інші галузі економіки
- 9 Завоювання ринків космічних послуг
- 10 Підвищення експортного потенціалу
- 11 Удосконалення управлінських рішень в галузях економіки
- 12 Рентабельність космічної галузі

- 13 Підвищення науково-технічного рівня
- 14 Участь у фундаментальних дослідженнях на сучасному рівні світової науки
- 15 Прикладні дослідження й розробки з найвищим інноваційним потенціалом
- 16 Створення потенціалу проривних рішень, що визначають майбутній розвиток
- 17 Підвищення рівня безпеки життєдіяльності громадян
- 18 небезпечні явища
- 19 Природні катастрофи
- 20 Техногенні катастрофи
- 21 Сприяння розв'язку задач продовольчої, енергетичної, інформаційної та інших аспектів безпеки держави, а також виконанню міжнародних договорів
- 22 Сприяння зміцненню оборонного потенціалу
- 23 Застосування космічних засобів спостереження
- 24 Створення ракетної техніки оборонного призначення
- 25 Екологічний моніторинг
- 26 Раціональне природокористування і контроль ресурсів
- 27 Вивчення кліматичних змін
- 28 Моніторинг забруднення навколишнього середовища
- 29 Моніторинг міських агломерацій
- 30 Моніторинг біорізноманітності
- 31 Підвищення якості життя громадян
- 32 Надихання молодого покоління
- 33 Створення кваліфікованих робочих місць
- 34 Свобода комунікації
- 35 Підвищення рівня освіти
- 36 Підвищення рівня міжнародного співробітництва
- 37 Підвищення престижу та геополітичної значимості держави

- 38 Модернізація існуючих ракетоносіїв для надання пускових послуг
- 39 Розвиток перспективних ракетоносіїв для надання пускових послуг
- 40 Розробка нових двигунів ракето-космічної техніки для комерційного використання
- 41 Розробка нових систем керування ракето-космічної техніки для комерційного використання
- 42 Розробка нових приладів ракето-космічної техніки для комерційного використання
- 43 Створення космічних апаратів для послуг з космічного моніторингу
- 44 Створення космічних апаратів для наукового спектра космічних послуг
- 45 Дослідження та розробки в інтересах створення перспективних виробів ракето-космічної техніки
- 46 Реалізація наукових (моніторингових) проектів як демонстраторів нових виробів ракето-космічної техніки
- 47 Створення та підтримка постійно діючого угруповання спостереження Землі з космосу в різних діапазонах довжин хвиль
- 48 Створення та розвиток центрів прийому і обробки інформації вітчизняних й іноземних засобів космічного моніторингу
- 49 Створення та розвиток мережі підсупутникових полігонів
- 50 Розробка та експлуатація ситуаційних центрів
- 51 Розробка та експлуатація центрів обробки й архівації тематичної інформації
- 52 Адаптація технічних характеристик центрів прийому інформації до міжнародних стандартів
- 53 Адаптація програмно-апаратних засобів до міжнародних стандартів

- 54 Створення засобів виведення на низькі навколоземні орбіти
- 55 Проведення наукових досліджень орієнтованих на вивчення кліматич-них змін
- 56 Створення внутрішнього ринку космічних послуг
- 57 Розвиток співробітництва з Російською Федерацією
- 58 Розвиток співробітництва з країнами Європейського Союзу
- 59 Розвиток співробітництва з Федеративною Республікою Бразилія
- 60 Розвиток співробітництва з Канадою
- 61 Розвиток співробітництва з Республікою Білорусь
- 62 Розвиток співробітництва зі Сполученими Штатами Америки
- 63 Розвиток співробітництва з Республікою Казахстан
- 64 Розвиток співробітництва з країнами Азіатсько-Тихоокеанського регіону
- 65 Розвиток співробітництва з країнами Балтійсько-Чорноморського регі-ону
- 66 Дослідження впливу "космічної погоди" (або сонячно-земних зв'язків) на живий і неживий світ Землі
- 67 Дослідження біології космосу
- 68 Дослідження з астрофізики
- 69 Дослідження з матеріалознавства
- 70 Вивчення процесів розвитку організмів в умовах мікрогравітації
- 71 Пошук механізму виникнення життя
- 72 Розвиток співробітництва з іншими країнами
- 73 Розширення можливості доступу громадян до сучасних інформаційних технологій
- 74 Підвищення рівня заробітної плати
- 75 Посилення в суспільстві інтересу до проблем дослідження космосу
- 76 Підвищення серед молоді престижу науково-технічної діяльності
- 77 Залучення творчої молоді до космічних досліджень

- 78 Встановлення наукових зв'язків творчої молоді із закордонними ровесниками
- 79 Гармонізація національних стандартів у галузі створення ракетно-космічної техніки з міжнародними та європейськими
- 80 Запровадження визнаних на міжнародному рівні систем сертифікації
- 81 Запровадження визнаних на міжнародному рівні систем метрологічного забезпечення
- 82 Запровадження визнаних на міжнародному рівні систем управління якістю
- 83 Створення ракет-носіїв, транспортних космічних засобів для освоєння траси "Земля Місяць"
- 84 Створення реактивних рушійних установок на екологічно чистих компонентах палива
- 85 Створення космічних апаратів дистанційного зондування з радіолокатором із синтезованою апертурою антени і оптичним сканером
- 86 Створення системи управління для ракет-носіїв і космічних апаратів
- 87 Створення приладів службової бортової апаратури космічних апаратів
- 88 Розвиток засобів космічного зв'язку та мовлення
- 89 Розвиток Системи координатно-часового та навігаційного забезпе-чення
- 90 Створення інтегрованої багатофункціональної Системи контролю та аналізу космічної обстановки

Надалі, кожний із цих факторів підлягав подальшій декомпозиції, причому експерти, що приймали участь у цьому процесі, мали відповісти на питання на кшталт: „Які, на Вашу думку, фактори впливають на забезпечення економічного розвитку країни?“. Після формування (формулювання) множини таких факторів експерти визначались який саме,

позитивний чи негативний, вплив спричиняє кожен із цих факторів та чи є затримка у розповсюдженні цього впливу. Крім цього, вводились характеристики (властивості) кожного з факторів, а саме: „Чи будь-який прогрес у досягненні цілі впливає на досягнення головної цілі?” та пропонувалось визначитись кількісна чи якісна по своїй природі дана ціль.

У результаті роботи з СППР розроблено систему взаємопов'язаних показників у вигляді ієрархічної структури – графа типу мережі (див. рис. 4.64). У подальшому визначати ефективність проектів (альтернатив) можливо буде за будь-якими з цілей, наявних у ієрархічній структурі.

4.6.4 Сутність методики обчислення ефективності виконання Плану Заходів

В основу методики обчислення ефективності виконання Плану заходів пропонується покласти метод МЦДОА, як було сказано вище. Ефективність виконання Плану E слід обчислювати як співвідношення двох показників: рівня ефективності виконання Плану за реальних рівнів фінансування усіх окремих проектів E_{real} та гіпотетичного рівня ефективності виконання Плану за умови повного (стовідсоткового) фінансування усіх проектів E_{full} .

$$E = \frac{E_{real}}{E_{full}}$$

Запропонована методика передбачає кілька етапів:

- 1) Побудова системи кількісних та якісних показників у вигляді ієрархії критеріїв, що відповідає системі показників оцінки заходів Плану. Узагальнений показник ефективності декомпозиується до рівня проектів, на здійснення яких може впливати особа, що приймає рішення. Даний етап детально описаний у пункті 4.6.3.
- 2) Визначення коефіцієнтів впливу окремих показників на головну ціль (узагальнений показник ефективності), яке здійснюється експертним шляхом.
- 3) Оцінка ефективності виконання Плану за умови, що усі проекти фінансуються (і, відповідно, виконуються) у повній мірі E_{full} .

- 4) Оцінка ефективності виконання Плану за реального рівня фінансування і виконання усіх проектів E_{real} .
- 5) Визначення ефективності виконання Плану E як співвідношення двох щойно наведених показників.

Запропонована методика використовується за допомогою інструментарію експертної підтримки прийняття рішень в рамках СППР „Солон-3” [1].

Таким чином запропоновано універсальний багатофункціональний апарат підтримки прийняття рішень для оцінки відносного впливу космічних проектів на ефективність космічної діяльності.

До основних переваг методики слід віднести відсутність прив'язки до суто фінансових (комерційних) показників та можливість оцінювати різномірні проекти у контексті ефективності космічної діяльності за кількісними та якісними критеріями.

Розроблена методика може використовуватися не тільки для оцінки конкретних заходів Плану чи окремих космічних проектів, але й для розподілу ресурсів між ними, та для формування стратегій розвитку космічної діяльності в контексті загальнонаціональних пріоритетів.

4.7 Висновки за розділом 4

1. Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності для СППР “Солон-3” [1] та системи “Консенсус” [102].

2. Для використання, зокрема в рамках методу визначення змістової подібності, розроблено новий програмний інструментарій експертного оцінювання (систему “Рівень” [101]), в якому реалізована нова технологія експертного оцінювання, яка дозволяє уникнути спотворень при отриманні експертної інформації.

3. Отримані результати експериментального дослідження технології ЕО дають змогу зробити низку наступних висновків:

а) запропонована у [63-64, 90, 99] технологія ЕО дозволяє проводити експертизи з оцінки факторів впливу у слабо структурованих предметних областях;

б) технологія ЕО, яка використовує різні шкали, має суттєві переваги у порівнянні з іншими, широко розповсюдженими, технологіями, з якими проводилось порівняння;

в) той факт, що більшість респондентів, які брали участь у експерименті, надали запропонованій технології перевагу, вказує на те, що можливість введення оцінок у різних шкалах дійсно дозволяє підвищити ступінь адекватності результатів експертизи;

г) експеримент підтверджує доцільність використання запропонованої технології у наявних та нових системах підтримки прийняття рішень.

4. Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності для СППР "Солон-3" та системи "Консенсус". Розглянемо підсистему визначення змістової подібності та її практичне застосування.

5. На характерному прикладі, показано поліпшення якості рекомендацій для особи, яка приймає рішення, завдяки підвищенню адекватності моделі предметної області.

6. Запропоновано технологію експертної підтримки прийняття рішень для оцінки варіантів конфігурацій СЕД на етапі перед-проектного дослідження. Технологія є особливо актуальною у контексті оцінки варіантів конфігурацій щодо їхньої відповідності не-функціональним вимогам. Технологія дозволяє відобразити взаємні впливи та зв'язки між різними вимогами (представленими булівськими, кількісними та якісними критеріями). Рейтинги варіантів конфігурацій обраховуються на основі алгоритмічно побудованої функції агрегації оцінок, що включає булівські,

чисельні вирази, а у випадку наявності в графі ієрархії зворотних зв'язків – передбачає ітераційний обрахунок рейтингів. Одним з можливих напрямків подальших досліджень є узагальнення підходу на інші стандарти розробки СЕД, окрім MoReq.

7. Обґрунтовано концепцію оцінювання ефективності космічної діяльності. Розроблено систему кількісних та якісних показників для аналізу та оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік. Дана система складається з множини факторів, що впливають на ефективність, та зв'язків між ними. Як і переважна більшість наявних підходів до оцінки ефективності космічної діяльності, дана система використовує принцип декомпозиції (розбиття) масштабних завдань та проектів на більш атомарні заходи. Більшість показників верхнього рівня визначені на основі Загальнодержавної цільової космічної програми та низки нормативних документів. Втім, запропонована система також включає значну кількість показників нижніх рівнів, що впливають на більш загальні фактори. Характерною особливістю системи показників є те, що в ній у явному вигляді задані зв'язки між різними факторами. Повнота множини показників та наявність зв'язків між ними дозволяють стверджувати, що система являє собою модель космічної галузі у контексті загальнонаціональних пріоритетів, і ця модель характеризується високим рівнем адекватності.

8. Розроблено комплексну методику оцінки Плану Заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік. Розроблена методика базується на широкому інструментарії експертної підтримки прийняття рішень та використанні автоматизованих СППР. Зокрема, в основу методики покладено метод цільового динамічного оцінювання альтернатив. Ефективність виконання заходів Плану (і космічної Програми в цілому) запропоновано визначати як відношення узагальненого показника ефективності при реальному (дійсному) рівні фінансування (і, відповідно, виконання) космічних проектів до значення цього показника при

максимальному (стовідсотковому) фінансуванні (і виконанні) проектів. Вплив кожного космічного проекту на ефективність виконання Заходів Плану (та космічної Програми) визначається експертним шляхом. Проекти оцінюються з точки зору їхнього впливу на множину взаємопов'язаних факторів, що будується експертами.

ВИСНОВКИ

У рамках виконання завдань дисертаційного дослідження отримано наступні нові наукові результати:

1. Визначено особливості моделей слабо структурованих предметних областей, поданих у вигляді БЗ експертних СППР та визначено найважливіші фактори, що впливають на якість рекомендацій для ОПР, а саме: надлишковість, неоднозначність та наявність протиріч у БЗ СППР.

2. Проведено аналіз наявних підходів та методів визначення змістової подібності, в результаті якого вибрані напрями досліджень для вирішення задачі визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР.

3. Розроблено метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ слабо структурованих предметних областей в експертних СППР, який, на відміну від існуючих, не потребує наявності навчальної вибірки (корпусу текстів). Метод дозволяє підвищити адекватність моделей предметних областей, запобігти помилковому введенню у БЗ однакових за змістом об'єктів, зокрема, при об'єднанні БЗ, сформованих різними експертними групами, а також може використовуватись для пошуку за КС у БЗ об'єктів, точні формулювання яких невідомі.

4. Запропоновано імітаційну модель ЕО та створено відповідний моделюючий комплекс для перевірки достовірності методу визначення змістової подібності. Отримані результати тестування (більш ніж 90% усіх випробувань відрізняються менш ніж на 10% від заданих експертним шляхом еталонних значень) дають змогу зробити висновок про достовірність та практичну цінність методу.

5. Метод визначення змістової подібності об'єктів БЗ експертних СППР реалізовано у вигляді підсистеми визначення змістової подібності в рамках системи групової побудови БЗ “Консенсус”, яка дозволяє проводити територіально розподілену експертизу. Також розроблено програмний

інструментарій експертного оцінювання (система “Рівень”), який, зокрема в рамках методу визначення змістової подібності, дозволяє уникати спотворень при отриманні експертної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на твір №8669. Міністерство освіти і науки України державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма "Система підтримки прийняття рішень СОЛОН-3" (СППР СОЛОН-3) / В.Г.Тоценко, П.Т.Качанов, В.В.Циганок // зареєстровано 31.10.2003.
2. *Миллер Дж.* Магическое число сем плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию / Дж. Миллер – Инженерная психология. – М.: Прогресс, 1964. с. 192–225. – 696 с.
3. *Тоценко В.Г.* Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К.: Наук. думка, 2002. – 382 с.
4. *Таран Т.А.* Искусственный интеллект. Теория и приложения / Т.А. Таран, Д.А. Зубов; Восточноукр. нац. ун-т им. Владимира Даля. — Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. — 239 с.
5. *Глибовець М.М.* Штучний інтелект / М.М. Глибовець, О.В. Олецкий – К.: Видавничий дім «КМ Академія», 2002 – 366 с.
6. *Тузовский А.Ф.* Системы управления знаниями (методы и технологии) / А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
7. *Самарский А.А.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
8. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – Москва: Радио и связь, 1993. – 278 с.
9. *Глушков В.М.* Прогнозування і керування науковими дослідженнями [Електрон. ресурс] / В.М. Глушков // Наукові доповіді на засіданнях Президії НАН України 1970- 2001 рр; ІПРІ НАН України. - Київ, 2008. – 1 DVD.
10. *Meadow Charles T.* Text Information Retrieval Systems 2nd edition / Charles T. Meadow, Donald H. Kraft and Bert R. Boyce. – Academic Press San

Diego, 1999. – 364 p.

11. *Srivastava Ashok N.* Text Mining: Classification, Clustering, and Applications / Ashok N. Srivastava, Mehran Sahami. – Chapman and Hall/CRC, 2009. – 328 p.

12. *Sahami Mehran* A web-based kernel function for measuring the similarity of short text snippets / Mehran Sahami and Timothy D. Heilman // Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web, WWW '06. – New York, NY, USA. ACM, 2006. – pp. 377–386.

13. *Mihalcea Rada* An Evaluation Exercise for Word Alignment / Rada Mihalcea and Ted Pedersen // Proceedings of the HLT/NAACL Workshop on Building and Using Parallel Texts: Data Driven Machine Translation and Beyond. – Edmonton, Canada, May 2003. – pp. 1–10.

14. *Corley Courtney* Measuring the Semantic Similarity of Texts / Courtney Corley and Rada Mihalcea // Proceedings of the ACL Workshop on Empirical Modeling of Semantic Equivalence and Entailment – Ann Arbor, Michigan, USA, 2005. – pp. 13-18.

15. *Caselli Tommaso* Automatic Domain Assignment for Word Sense Alignment / Tommaso Caselli and Carlo Strapparava // Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP) – Doha, Qatar, October 25-29, 2014. – pp. 414–418.

16. *Šarić Frane* TakeLab: Systems for Measuring Semantic Text Similarity / Frane Šarić, Goran Glavaš, Mladen Karan, Jan Šnajder and Bojana Dalbelo Bašić // Proceedings of First Joint Conference on Lexical and Computational Semantics (*SEM) – Montreal, Canada, June 7-8, 2012. – pp. 441–448.

17. *Socher Richard* Parsing Natural Scenes and Natural Language with Recursive Neural Networks / Richard Socher, Cliff Lin, Andrew Y. Ng, and Christopher D. Manning // Proceedings of The 28th International Conference on Machine Learning (ICML 2011) – Bellevue, Washington, June 28-July 2, 2011. – pp. 129-136.

18. *Resnik Philip* Semantic similarity in a taxonomy: An information-based measure and its application to problems of ambiguity in natural language / Philip Resnik // J. Artif. Intell. Res.(JAIR) . – 1999. – v. 11. – pp. 95-130.
19. *Leacock Claudia* Combining local context and WordNet similarity for word sense identification / Claudia Leacock, Martin Chodorow // WordNet: An electronic lexical database. – 1998. – v. 49., Issue 2 – pp. 265-283.
20. *Wu Jian* Similarity-based Web service matchmaking / Jian Wu, Zhaohui Wu // Proceedings of Services Computing, 2005 IEEE International Conference on. – 2005. – v. 1. – pp. 287-294.
21. *Lesk Michael* Automatic sense disambiguation using machine readable dictionaries: How to tell a pine cone from an ice cream cone. / Michael Lesk // In Proceedings of the 5th Annual International Conference on Systems Documentation SIGDOC'86. – New York, NY, USA. ACM., 1986. – pp. 24–26.
22. *Pedersen Ted* WordNet:: Similarity: measuring the relatedness of concepts / Ted Pedersen, Siddharth Patwardhan, Jason Michelizzi // Demonstration papers at HLT-NAACL 2004. – Stroudsburg, PA, USA, 2004 – pp. 38-41.
23. *Deerwester Scott* Indexing by Latent Semantic Analysis / Scott Deerwester, Susan T. Dumais, George W. Furnas, Thomas K. Landauer, Richard Harshman // Journal of the American Society for Information Science. — 1990. — v.41 issue 6. – pp. 391–407.
24. *Hofmann Thomas* Probabilistic Latent Semantic Indexing / Thomas Hofmann // Proceedings of the 22nd Annual ACM Conference on Research and Development in Information Retrieval. – Berkeley, California, August 1999. – pp. 50-57.
25. *Blei David M.* Latent Dirichlet Allocation / David M. Blei, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan // Journal of Machine Learning Research. – 2003. – v.3 (4–5). – pp. 993-1022.
26. *Turney Peter D.* Measuring Semantic Similarity by Latent Relational Analysis / Peter D. Turney// Proceedings of the Nineteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI IJCAI-05. – Edinburgh, Scotland, UK,

July 30-August 5, 2005. – pp. 1136-1141.

27. *Chang Kai-Wei* Multi-Relational Latent Semantic Analysis / Kai-Wei Chang, Wen-tau Yih, Christopher Meek // Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing — Seattle, USA, October 18–21, 2013. – pp. 1602-1612.

28. *Lund Kevin* Representing Abstract Words and Emotional Connotation in a High-dimensional Memory Space / Kevin Lund and Curt Burgess // Proceedings of the 19th Annual Conference of the Cognitive Science Society — Stanford University, USA, August 7-10, 1997. pp. 61-66.

29. *Sahlgren Magnus* An introduction to random indexing / Magnus Sahlgren // Proceedings of the Methods and applications of semantic indexing workshop at the 7th international conference on terminology and knowledge engineering, TKE 2005. — Copenhagen, Denmark, August 16, 2005. — v. 5. — pp. 1-9.

30. *Beltagy Islam* Probabilistic Soft Logic for Semantic Textual Similarity / Islam Beltagy, Katrin Erk and Raymond Mooney // Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. — Baltimore, Maryland, USA, June 23-25 2014. — pp. 1210–1219.

31. *Анисимов А.В.* Методы вычисления мер семантической близости слов естественного языка / А.В. Анисимов, К.С. Лиман, А.А. Марченко // Штучний інтелект. — 2010. — № 3. — С. 170-175.

32. *Додонов О.Г.* Імовірнісна модель виявлення латентних зв'язків у мережах понять / О.Г. Додонов, Д.В. Ланде // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – Т.13, №2. – С.38-46.

33. *Tsyganok V.V.* Investigation of the aggregation effectiveness of expert estimates obtained by the pairwise comparison method / V.V. Tsyganok // Mathematical and Computer Modelling, – v.52. – №3-4, August 2010, pp.538-544.

34. *Кофман А.* Введение в теорию нечётких множеств: Пер. с франц. / А. Кофман – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

35. *Колмогоров А.Н.* Элементы теорий функций и функционального

анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976 – 544 с.

36. *Шостак А.П.* Два десятилетия нечеткой топологии: основные идеи, понятия и результаты / А.П. Шостак // Успехи математических наук. – 1989. – т. 44, вып. 6(270). – С.99-147.

37. Chang C. Fuzzy topological spaces / С Chang // J. Math. Anal. Appl.— 1968.—V. 24.— pp 182-190.

38. *Жамбю М.* Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 342 с.

39. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

40. *Орлов, А.И.* Современный этап развития теории экспертных оценок [Электронный ресурс] / А.И. Орлов – 1996 // Режим доступа:

<http://www.antorlov.chat.ru/expertoc.htm>

41. Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. – М.: Наука, 1985. - 221 с.

42. *Тюрин Ю.Н.* Анализ нечисловой информации / Ю.Н. Тюрин, Б.Г. Литвак, А.И. Орлов, Г.А. Сатаров, Д.С. Шмерлинг // Препринт / Научный совет АН СССР по комплексной проблеме "Кибернетика", – М., 1981. – 80 с.

43. *Тюрин Ю.Н.* Анализ нечисловой информации / Ю.Н. Тюрин, Б.Г. Литвак, А.И. Орлов, Г.А. Сатаров, Д.С. Шмерлинг // Заводская лаборатория. 1980. Т.46. No.10. С.931-935.

44. *Кемени Дж.* Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения. / Дж. Кемени, Дж. Снелл - М.: Советское радио, 1972. - 192 с.

45. *Orlov A.I.* Design of experiments and data analysis: new trends and results. Ed. by prof.E.K.Letzky / A.I. Orlov - Moscow: ANTAL, 1993.- P.52-90.

46. *David H.A.* The Method of Paired Comparisons / H.A. David. – New York: Oxford University Press, 1988.

47. *Saaty T.L.* The Analytic Hierarchy Process / T.L. Saaty. – N. Y.: McGraw-Hill, 1980.

48. *Загоруйко Н.Г.* Доверие к информации и ее источнику в экспертных системах / Н.Г. Загоруйко // Эксперт, системы и распознавание образов. – 1988. – Вып. 126. – С. 3–23.

49. *Любченко В.В.* Исследование значимости учета коэффициентов компетентности в групповой экспертной оценке [Электронный ресурс] / В.В. Любченко // Труды Одесского политехнического университета. – вып.1 (23). – 2005. – Режим доступа:

[http://storage.library.opu.ua/online/periodic/opu_2005_1\(23\)/5/5_2.pdf](http://storage.library.opu.ua/online/periodic/opu_2005_1(23)/5/5_2.pdf).

50. *Saaty T. L.* Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making; Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors; The Analytic Hierarchy/Network Process / T. L. Saaty // RACSAM – 2008 – 102 (2). – P. 251–318.

51. *Newcomb S.* Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers / S. Newcomb // Amer. J. Math. – 1881. – 4. – pp.39–40.

52. *Benford F.* The law of anomalous numbers / F. Benford // Proc. Amer. Philos. Soc. – 1938. – 78. – pp.551–572.

53. *Циганок В.В.* Агрегація групових експертних оцінок, що отримані у різних шкалах / В.В.Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №4.– С.74-83.

54. *Циганок В.В.* Вибір шкали оцінювання експертом у процесі виконання ним парних порівнянь в системах підтримки прийняття рішень / В.В.Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №3.– С.92-105.

55. *Гнатієнко Г.М.* Експертні технології прийняття рішень / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. – К.: ТОВ “Маклаут”, 2008 – 444 с.

56. *Saaty T.L.* Scales from Measurement Not Measurement from Scales! [Electronic resource]: Proceedings of MCDM 2004. – Whistler, B.C., Canada.- Aug. 6-11 / T.L. Saaty // Access mode:

[http://www.bus.sfu.ca/events/mcdm/MCDMProgram/Papers/AP168 CF Saaty Scales.pdf](http://www.bus.sfu.ca/events/mcdm/MCDMProgram/Papers/AP168_CF_Saaty_Scales.pdf).

57. *David H.A.* The Method of Paired Comparisons / H.A.Devid // N.Y.:Oxford Univ.Press.– 1988.
58. *Borda J.C.* Mémoire sur les elections au scrutin. Historie de l'académie Royale des Sciences, [Текст]/ J. C. Borda; Paris, 1781. – 657 p.
59. *Condorcet M.* Essai sur l'application de l'analyse á la probabilité des décisions rendues á la pluralité des voix: 1785 [Електрон. ресурс] / Marquis de Condorcet // – Режим доступу: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k417181>
60. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В.Подиновский, В. Д. Ногин // – Москва: Наука – 1982 – 255 с.
61. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа [Текст] / Б.Г.Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 185 с.
62. Циганок В.В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом / В.В.Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2000. – Т.2, №2. – С.92-102.
63. Циганок В.В. Вибір шкали оцінювання експертом у процесі виконання ним парних порівнянь в системах підтримки прийняття рішень / В.В.Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №3.– с.92-105.
64. Циганок В.В. Агрегація групових експертних оцінок, що отримані у різних шкалах // В.В.Циганок / Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №4.– с.74-83.
65. Циганок В.В. Метод обчислення ваг альтернатив на основі результатів парних порівнянь, проведених групою експертів. // В.В.Циганок / Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2008. – т.10, №2.– с.121-127.
66. Циганок В.В. Визначення ефективності методів агрегації експертних оцінок при використанні парних порівнянь / В.В.Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2009. – т.11, №2. – С.83-89.
67. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process / T. L. Saaty – Pittsburgh, RWS Publications, 1996 –

370 p.

68. MoReq Specification: Model Requirements for the Management of Electronic Records (2001). [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.cornwell.co.uk/moreq.html>.

69. Петров, І.В. Аналіз характеристик носіїв при побудові систем архівного зберігання інформації / І.В. Петров, Б.О. Березін, А.М. Стеценко, Н.В. Солоніна, В.О. Лєсков // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2010, Т. 12, № 2 – С. 209-215.

70. Проект Закону про затвердження Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми на 2013-2017 роки [Електрон. ресурс]. Режим доступу: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=45766.

71. Розпорядження Кабінету Міністрів України №790-р від 17 жовтня 2012 р. Про затвердження плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/790-2012-%D1%80>.

72. Постанова Кабінету Міністрів України №684 від 18 липня 2012 р. Про затвердження Порядку та критеріїв оцінки економічної ефективності проектних (інвестиційних) пропозицій та інвестиційних проектів [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/684-2012-%D0%BF>.

73. Наказ Міністерства економіки України №1279 від 13 листопада 2012 р. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення інвестиційного проекту, для реалізації якого може надаватися державна підтримка [Електрон. ресурс]. Режим доступу: http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/category/main?cat_id=32854&stind=1.

74. Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України №243 від 13 березня 2013 р. Про затвердження Методики проведення державної експертизи інвестиційних проектів та форми висновку за її результатами [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0437-13>.

75. Наказ Міністерства економіки та з питань Європейської інтеграції України та Міністерства фінансів України №218/446 від 25.09.2001 Про затвердження Методики визначення економічної ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження у виробництво [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.licasoft.com.ua/index.php/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=138228&menu=113975>.

76. Постанова Кабінету Міністрів України №701 від 9 червня 2011 р. Про затвердження Порядку проведення державної експертизи інвестиційних проектів [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/701-2011-%D0%BF>.

77. Joint Vision 2010 [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://www.wslfweb.org/docs/dstp2000/jwstppdf/04-VS.pdf>.

78. 2011 NASA Strategic Plan [Електрон. ресурс]. Режим доступу: http://www.nasa.gov/pdf/516579main_NASA2011StrategicPlan.pdf.

79. 2010 NASA Science Plan [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://science.nasa.gov/media/medialibrary/2010/08/10/2010SciencePlan.pdf>.

80. NASA – National Aeronautics and Space Administration \ Small Business Innovation Research & Technology Transfer 2012 Program Solicitations \ Method of Selection and Evaluation Criteria [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <http://sbir.gsfc.nasa.gov/SBIR/sbirsttr2012/solicitation/contents.html>.

81. Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю.Лоскутов, А.С.Михайлов // М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и стохастическая динамика», 2007. – 612 с.

82. Перспективы космических исследований Украины / Науч. ред. О.П.Федоров. – К.: Академперіодика, 2011. – 240 с.

83. Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року. – К.: ДКА України, 2012. – 48 с.

84. Циганок В.В. Урахування компетентності експертів при визначенні групового ранжирування / В.В. Циганок, О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – т.13. – №1. – С. 94-105.

85. Цыганок В.В. Имитационное моделирование экспертных оценок для тестирования методов обработки информации в системах поддержки принятия решений / В.В. Цыганок, С.В. Каденко, О.В. Андрійчук // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». – 2011. – №6. – С. 84-94. (Tsyganok V.V. Simulation of Expert Judgements for Testing the Methods of Information Processing in Decision-Making Support Systems / V.V. Tsyganok, S.V. Kadenko, O.V. Andriichuk // Journal of Automation and Information Sciences. – 2011. – Volume 43 / Issue 12. p.21-32.).

86. Цыганок В.В. Експериментальний аналіз технології експертного оцінювання / В.В. Цыганок, П.Т. Качанов, С.В. Каденко, О.В. Андрійчук, Г.А. Гоменюк // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – т.14. – №1. – С. 91-100.

87. Tsyganok V.V. Significance of Expert Competence Consideration in Group Decision Making using AHP / V.V. Tsyganok, S.V. Kadenko, O.V. Andriichuk // International Journal of Production Research. – 2012. – v.50, issue 17. – P.4785-4792.

88. Andriichuk O.V. An Approach to Decision Support System Usage for Data Storage Configuration Variant Selection / O.V. Andriichuk, S.V. Kadenko, V.V. Tsyganok // Qualitative and Quantitative Methods in Libraries (QQML) issue 3 – 2012, pp. 327 –333.

89. Андрійчук О.В. Метод змістової ідентифікації об'єктів баз знань систем підтримки прийняття рішень / О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014, - Т.16, №1 – С.65-78.

90. Цыганок В.В. Експериментальне дослідження методу визначення змістової подібності об'єктів баз знань систем підтримки прийняття рішень / В.В. Цыганок, О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2014, - Т.16, №4 – С.65-76.

91. Березін Б.О. Підтримка прийняття рішень при побудові систем довготермінового зберігання інформації / Б.О. Березін, П.Т. Качанов, В.В.

Цыганок, О.В. Андрійчук // Матеріали міжнародного форуму “Проблеми розвитку інформаційного суспільства” (Львів, 7-9 жовтня 2009 р.). – К. УкрІРТІ, 2009. – С. 145-153.

92. Tsyganok V.V. Significance of Expert Competence Consideration while Group Decision-Making using AHP / V.V. Tsyganok, S.V. Kadenko, O.V. Andriichuk // Proceedings of the Eleventh International Symposium for the Analytic Hierarchy/Network Process. (Sorrento, Naples, Italy. June 15-18, 2011) – Access mode: http://204.202.238.22/isahp2011/dati/pdf/154_078_Tsyganok.pdf

93. Андрійчук О.В. Метод змістової ідентифікації об’єктів баз знань систем підтримки прийняття рішень / О.В. Андрійчук // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика: Збірник доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Київ: ІПММС НАНУ, 2011. – С. 161-163.

94. Андрійчук О.В. Розширення можливостей систем підтримки прийняття рішень шляхом врахування динаміки впливів / О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 01-02 березня 2012 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації. – К.: ІПРІ НАН України, 2012. – С 154-157.

95. Андрійчук О.В. Застосування системи підтримки прийняття рішень для вибору конфігурації системи електронного документообігу / О.В. Андрійчук, С.В. Каденко, В.В. Цыганок // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика: Збірник доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Київ: ІПММС НАНУ, 2012. – С.22-26.

96. Andriichuk O.V. An Approach to Decision Support System Usage for Data Storage Configuration Variant Selection / O.V. Andriichuk, S.V. Kadenko // Qualitative and Quantitative Methods in Libraries (QQML-2012) – Limeric (Ireland), May 22-25, 2012, p. 29.

97. Андрійчук О.В. Підвищення адекватності моделей предметних областей шляхом змістової ідентифікації / О.В. Андрійчук // Реєстрація,

зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 27-28 лютого 2013 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації. – К.: ІПРІ НАН України, 2013. – С 246-250.

98. Андрійчук О.В. Особливості застосування методу змістової ідентифікації при експертній підтримці прийняття рішень / О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 14-15 травня 2014 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації. – К.: ІПРІ НАН України, 2014. – 146 с.

99. Tsyganok V.V. Aggregating pair-wise comparisons given in scales of different detail degree / V.V. Tsyganok, O.V. Andriichuk // Proceedings of the Thirteenth International Symposium for the Analytic Hierarchy/Network Process. – (Washington, USA, June 29 – July 2, 2014) – Access mode: <http://www.isahp.org/uploads/p729679.pdf>.

100. Андрійчук О.В. Визначення змістової подібності при експертній підтримці прийняття рішень / О.В. Андрійчук // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. Наук. Праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції 26-27 травня 2015 року / НАН України. Інститут проблем реєстрації інформації. – К.: ІПРІ НАН України, 2015. – 160 с.

101. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 44521 Державної служби інтелектуальної власності України. Комп'ютерна програма “Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь «Рівень»” / В.В. Цыганок, О.В. Андрійчук, П.Т. Качанов, С.В. Каденко // від 03.07.2012.

102. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 45894 Державної служби інтелектуальної власності України. Комп'ютерна програма “Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень - «Консенсус»” // В.В. Цыганок, П.Т. Качанов, О.В. Андрійчук, С.В. Каденко // від 03.10.2012.

ДОДАТКИ





„ЗАТВЕРДЖУЮ”
 директор Інституту космічних
 досліджень НАН України та ДКА
 України



чл.-кор. НАНУ Федоров О.П.

Сергієв 2015 р.

щодо використання результатів дисертаційної роботи Андрійчука О.В. на тему: «Метод визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень». Дисертаційна робота подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.

Цей Акт підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Андрійчука О.В. використовувались в практичній роботі при проведенні групового експертного оцінювання в рамках побудови системи кількісних та якісних показників та відповідної методики оцінки ефективності виконання «Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік» в Інституті космічних досліджень НАН України та ДКА України.

У роботі було використано:

- 1) Систему розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень – „Консенсус”, що застосовувалась для проведення оцінювання розподіленими групами експертів з подальшим використанням зібраної та обробленої інформації в системі підтримки прийняття рішень (СППР);
- 2) Підсистему визначення змістової подібності об'єктів баз знань (БЗ) експертних СППР, що дозволяє підвищити адекватність моделей предметних областей, запобігати помилковому введенню у БЗ однакових за змістом об'єктів, зокрема, при об'єднанні БЗ, сформованих різними експертними групами;
- 3) Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь „Рівень”, що дає змогу уникати спотворень при отриманні інформації від експертів.

Завідувач лабораторії системного аналізу
 ІКД НАН України та ДКА України,
 д.т.н.

Самойленко Л.І.



ТОВ «Комп'ютерні інформаційні технології»
01004, м. Київ, вул. Горького, буд. 26/26, офіс 28
(044) 287-01-49, факс: (044) 289-19-73

company@kitsoft.kiev.ua

www.kitsoft.kiev.ua

№ 115 від 28 серпня 2015 року

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи
Андрійчука О.В. на тему:

«Метод визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень» в ТОВ «Комп'ютерні інформаційні технології»

Дисертаційна робота подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.

Комісія у складі:

голови: Генерального директора ТОВ «Комп'ютерні інформаційні технології»,
к.т.н., доцента Петропавловського О.Ю.,
членів: Директора з розвитку Єфремов О.С
Керівника проектів, с.н.с. Гриценко В.Г.

в період з 29 липня по 26 серпня 2015 року провела роботу зі встановлення фактичного використання результатів дисертаційної роботи Андрійчука О.В. при розробці інформаційно-телекомунікаційної системи «Єдиний веб-портал територіальної громади міста Києва».

Інформаційно-телекомунікаційна система «Єдиний веб-портал територіальної громади міста Києва» (далі – ЄВП) розроблена ТОВ «Комп'ютерні інформаційні технології» є багатокомпонентною інтегрованою системою. Впроваджені в дію та на цей час активно використовуються наступні технологічні складові ЄВП:

- Серверна платформа;
- Засоби адміністрування;
- Засоби ідентифікації користувачів;
- Бази даних користувачів порталу;

- Засоби забезпечення відмовостійкості системи, та інші.

На функціональному рівні Єдиний веб-портал включає наступні компоненти:

- веб-портал КМДА;
- портал звернень громадян 1551;
- сервіс;
- медичний портал;
- мобільні додатки «КМДА 1551» для: Android, iPhone, Windows;
- інтеграційну складову.

На основі аналізу компонентів ЄВП комісія встановила, що наступні наукові результати дисертаційної роботи здобувача Андрійчука О.В. реалізовані та застосовуються у програмній системі:

- метод визначення змістової подібності об'єктів баз знань експертних систем підтримки прийняття рішень, який використовується при побудові бази знань для інформаційно-аналітичної діяльності в рамках управління економіко-господарським комплексом міста;
- технологія експертного оцінювання шляхом парних порівнянь, яка дозволяє уникнути спотворення інформації, отриманої від експертів – віддалених користувачів веб-системи та при розробці програмного забезпечення визначення нерелевантної інформації в сервісі електронних петицій.

Голова комісії:

генеральний директор
ТОВ «Комп'ютерні інформаційні технології»
к.т.н., доцент



Петропавловський О.Ю.

Члени комісії:

Директор з розвитку

Єфремов О.С.

Керівник проєктів, с.н.с.

Гриценко В.Г.