

Національна академія наук України  
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова

На правах рукопису

ШАРОВ Олег Ігорович

**ІНТЕГРУВАННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗОВОГО ГРАФУ  
ТА АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ  
ДЛЯ ЕКСПЕРТНОГО АНАЛІЗУ ОБ'ЄКТІВ  
ТА ПРОЦЕСІВ**

01.05.03 — математичне та програмне забезпечення  
обчислювальних машин та систем

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Київ 1995

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті кібернетики імені Г. М. Глушкова НАН України.

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00761423 (N)

Наукові керівники: член-кореспондент НАН України,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор *Госипович*  
ЯДРЕНКО Михайло Михайлович,  
кандидат фізико-математичних наук  
ГРЕЧКО Валерій Олегович.

Офіційні опоненти: член-кореспондент НАН України,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор  
АНІСІМОВ Володимир Владиславович,  
кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
ГУЛЯНИЦЬКИЙ Леонід Федорович.

Провідна установа: Інститут проблем математичних машин та систем НАН України.

Захист відбудеться «*24*» *листопада* 19*95* р. о *11*  
год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.39.02 при  
Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України за  
адресою:

252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий «*23*» *жовтня* 199*5* р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

СИНЯВСЬКИЙ В. Ф.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Розвиток планово-управлінських та виробничих експертних систем надав імпульс потужному самостійному напрямку - розробці та використанню систем підтримки прийняття рішень (СППР), які забезпечують неперервний процес підготовки рішень на основі комплексної обробки різноманітної інформації, у першу чергу нечислової, нечіткої та слабоструктурованої. Для особи, яка приймає рішення (ОПР), готуються рекомендації стосовно поведінки в проблемній ситуації на підставі об'єктивної та реальної інформації, експертних міркувань, власних настанов та пропозицій.

Особливу роль СППР відіграють щодо системного розв'язку задач стратегічного планування, управління та прогнозування. Програмна підтримка процесів декомпозиції проблем та задач, генерації, оцінки та вибору слушних рекомендацій, оцінки їх реалізації, комплексу обробки та збереження релевантної інформації є найважливішою складовою частиною таких систем.

Подання, аналіз узгодженості, обробка та інтерпретація експертних міркувань становить основні етапи розробки СППР. Одночасне опрацювання кількісної та якісної інформації забезпечує ефективність системи на етапі отримання знань від експерта. Наявність засобів графічної (візуальної) декомпозиції проблем дає можливість всебічного їх розгляду та аналізу.

Динамічно розвиваються методи обробки нечіткої та неузгодженої інформації. У ймовірнісних підходах до розв'язання цих проблем забезпечується необхідний рівень математичної строгості, проте не заперечується використання продуктивних евристичних алгоритмів.

Мета дисертаційної роботи - дослідження і розробка нових ефективних методів подання, аналізу узгодженості, обробки та інтерпретації експертних знань, а також програмна реалізація засобів розв'язання спеціалізованих задач планування та прогнозування.

Методи досліджень. Використані методи теорії ймовірностей та математичної статистики, прийняття рішень, штучного інтелекту, проєктування та дослідження операцій, а також сучасні методи проєктування та реалізації програмного забезпечення.

Наукова новизна. У роботі:

1) запропоновано схему та механізм інтеграції графічно - інформаційних моделей методів прогнозового графу Глушкова (МІГ) та аналізу ієрархій Саати (МАІ);

2), розроблено нові схеми та побудовано процедури інтелектуалізації процесу узгодження експертних оцінок у матрицях домінування;

3) запропоновано алгоритми подання та обробки окремих класів експертних оцінок у вигляді випадкових величин;

4) запропоновано форми використання інформації та організації експертизи при інтеграції МІГ та МАІ;

5) розраховані параметри однієї моделі поведінки експерта при коригуванні міркувань.

Теоретична і практична цінність роботи полягає в розробці методів подання, аналізу, обробки та інтерпретації знань для розв'язку прикладних задач планування та прогнозування на основі експертних оцінок у слабоструктурованих предметних областях. Розроблені прикладні програмні засоби використані для розв'язання практичних задач та напрацювання професійних навиків фахівців у галузі планово-управлінської діяльності.

Реалізація результатів роботи. Запропоновані алгоритми та методи реалізовані в модифікованій версії діалогової системи "Експерт" та в новій системі "Фактор", що призначена для аналізу інформації та підтримки прийняття рішень. Проведено інтеграцію систем "Експерт" та "Фактор". Інтегрована система успадкувала назву "Фактор".

Системи використовуються в розробці тренувально-управлінських систем Міністерства оборони України, програмах екологічного моніторингу, для техніко-економічного обґрунтування виробництва нових видів зброї в КВ-А Міністерства машинобудування, ВПК і конверсії України, у наукометричному аналізі сучасних тенденцій розвитку екологічної онкології та в Українському науково-дослідному інституті зв'язку.

Учбова версія системи "Фактор" впроваджена в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та застосовується в спецкурсі "Система проєктів у виборі стратегії фірми" для студентів економічного факультету.

Робота виконана в рамках досліджень по темах: 1/350

"Дослідження математичних засад доказового програмування і трансформаційний синтез класів алгоритмів, програм і програмних систем", 12.3/15 "Формалізація знань про процеси, що реалізуються програмно" Державного фонду фундаментальних досліджень та за проектом ДКНТ 05,10.00/004-95 "Розробка інструментарію для конструювання програмних систем за специфікацією моделі предметної області", а також за проектами НАН України ГР N01910033079 "Розробка методів подання знань і реалізація інструментарію підтримки інтелектуального інтерфейсу" та "Інтегрування методів прогностового графу та аналізу ієрархічних систем для експертного аналізу об'єктів та процесів" (згідно з Постановою Бюро Президії АН України N349-В від 20 грудня 1993р. "Про персональні гранти для молодих учених".)

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на семінарі "Нові інформаційні технології та інструментально-технологічні засоби підтримки прийняття рішень" (с. Кашивелі, Автономна Республіка Крим, 1992) та на Всеукраїнських конференціях молодих вчених (Київ, 1994, 1995), а також на семінарах Наукової ради НАН України з проблеми "Кібернетика" та в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 15 статей.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, трьох розділів, закінчення, списку літератури (97 найменувань). Обсяг роботи - 132 сторінки машинописного тексту, 18 таблиць, 10 рисунків.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, актуальність дослідженої проблеми, сформульована мета роботи, наведено короткий зміст розділів дисертації.

Перший розділ присвячений графічно-інформаційним (графовим) моделям предметних областей (ПРО) задач планування та прогнозування.

Виконано аналітичний огляд найважливіших етапів еволюції морфологічних зображень складних проблем, об'єктів та процесів. Наведено короткі відомості про графові моделі сіткових методів моделювання, оперативного регулювання та уп-

равління проектами (ПЕРГ, МКШ та їх модифікації), експертних прогностичних систем та методів, що базуються на концепції "дерева цілей" (ФОРЕКАСТ, ПАТТЕРН, ПРОФАЙЛ тощо), а також про тогочасні методи організації та проведення експертизи.

В історичному контексті розглянуті виникнення, провідні ідеї, зміст, призначення, модифікації, програмні реалізації та практичні застосування МПГ та МАІ. Відзначено перевагу експертних і кількісних підходів у МПГ та якісних у МАІ. Наведено порівняльну таблицю типів графових моделей, вузлів та продуктів у них, використання математичних алгоритмів, експертних оцінок та класів задач, що розв'язуються в різноманітних методах і концепціях від ПЕРТу до МПГ та МАІ.

Із складових частин графових моделей МПГ та МАІ сконструйовано інтегровану модель (ІМ), що містить об'єкти таких типів:

*варіанти* - події та стани, аналіз яких безпосередньо визначає оцінку ситуації та впливає на прийняття рішень;

*фактори* - об'єкти, які можуть виступати підставою (критерієм) оцінки *варіантів*;

*змінні стани* - характеристики системи, залежні від вибору напрямку дії;

*ресурси* - слабокеровані параметри, які обмежують свавільня вибору.

ІМ складається з сукупності сіток *варіантів* (СВ), *факторів* (СФ), *змінних станів* (СЗС) та множини *ресурсів* (МР):  $ІМ = \{СВ, СФ, СЗС, МР\}$ . Запропоновано загальну схему зв'язків у моделі.

Наведені можливі рольові інтерпретації типів об'єктів ІМ. Основними компонентами ІМ є СВ та СФ.

Нехай  $V$  - непуста скінченна множина *варіантів*, тоді  $СВ = (V, U)$ , де  $U \subseteq V \times V$ . *Варіанти*  $v_i \in V$  будемо розглядати як вершини (вузли) сітки, а їх упорядковані пари  $(v_i, v_j) \in U$  - як орієнтовані дуги (ребра) сітки. Наявність дуги  $(v_i, v_j)$  в СВ вказує на можливість послідовного проходження станів (подій)  $v_i$  та  $v_j$ .

Множина дуг поділяється на дві підмножини, яким відповідають логічні відношення "І" та "АБО":  $U = U_{\text{and}} \cup U_{\text{or}}$ ,  $U_{\text{and}} \cap U_{\text{or}} = \emptyset$ . СВ є "І/АБО" сіткою, яка узагальнює "прогностичний граф" та "сітку подій" В.М.Глушкова.

ОФ узагальнює "ієрархію факторів" Т. Саєті. Фактори припускають додаткові ролі інтерпретації: *задачі і цілі*. ОФ назвемо сукупність  $(Z, C, F, T, R, S)$ , де  $Z, C, F$  - набори непустих скінченних множин "задач", "цілей" та "факторів" (остання може бути порожньою),  $T \subseteq Z \times C$ ,  $R \subseteq C \times F$ ,  $S \subseteq F \times F$ . Зв'язок Т (*проблема*) уособлює перехід від загальної постановки завдання до конкретних цілей дослідження, R (*верхній*) - від конкретних цілей дослідження до критеріїв оцінки, S (*середній*) - від більш насичених до більш вузьких критеріїв оцінки.

Об'єкти типу *варіант* ототожнюються із *задачаю* для ОФ, а *варіанти* наступного рівня виступають в ролі об'єктів оцінки з використанням ОФ. СЗС та МР використовуються для розв'язання спеціальних задач прогнозування та розподілу ресурсів.

У термінах складових ІМ інтерпретовачі стхастичність, багатопродуктовість та узагальненість сіткових зображень.

Розглянуті проблеми взаємопроникнення та взаємодоповнення елементів вихідних моделей та наведено перелік обчислювальних процедур, які підтримуються в ІМ. Серед них подання, інтерпретація та обробка експертних оцінок параметрів об'єктів, оцінка та прогноз складних параметрів, метризоване упорядкування множини об'єктів за деяким критерієм з використанням кількісних та якісних оцінок, коригування неузгоджених міркувань, потокові процедури на графових структурах з метою отримання підсумовуючих впорядкувань, бінарні та багатотільові евристичні алгоритми аналізу і розподілу ресурсів.

Другий розділ дисертації присвячений дослідженням методів подання, аналізу, обробки та інтерпретації експертної інформації, а також іншим проблемам інтеграції МПГ та МАІ.

Проведено порівняльний аналіз базових ідей організації експертного опиту в методі Делфі, МПГ та МАІ. Відзначено, що відповідні процедури в МПГ та МАІ походять від делфійської, але підходять до її модифікації з різних напрямів. Для побудови "прогнозового графу" застосовувалась узагальнююча модифікація Делфі з активним використанням зворотних зв'язків, а при формуванні "ієрархії факторів" частину делфійських процедур замінили на двоїсті, згідно з методологією налагодження та тестування стратегічних припущень, решту залишили

незмінними.

Фрагменти процедури експертного опиту класифіковані щодо ряду питань (загальною кількістю 14) власне організації експертизи, а також подання, аналізу, обробки та інтерпретації знань.

Інтеграція графових моделей МПГ та МАІ поставила проблему організації експертного опиту. Запропоновано параметричну систему організації роботи з експертною інформацією в ІМ, яка враховує зміст аналогічних процедур у вихідних моделях. Базу системи складають сумісні ланцюги процедур організації опиту, елементи яких походять з Делфі, МПГ, МАІ та їх модифікацій. Компоненти ланцюгів класифіковані по 4 напрямках та 23 питаннях проведення експертизи:

організаційно-правові питання (порядок формування експертної групи та розширення її складу, відбір експертів за кваліфікацією, службовим станом та відношенням до предмету досліджень, зобов'язання та відповідальність експертів);

планування експертизи (спеціалізація експертів, форми організації їх роботи, принципи формування графової моделі, етапний характер експертизи);

опит експертів (форма подання питань, характер додаткової інформації про міркування колег, чіткість та форми подання міркувань);

обробка інформації (наявність вимоги експертного консенсусу, оцінка узгодженості та коригування міркувань, обробка неузгоджених міркувань, обробка циклів та тупиків у графовій моделі, механізм прийняття рішень при відсутності консенсусу, оцінка компетентності експертів).

Перелік містить 73 різних значення параметрів для вибору процедури організації експертизи.

Виконано огляд загальних принципів мультиплікативних парних порівнянь (парних порівнянь із степеневим калібруванням).

Нехай  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  - множина об'єктів. Для кожної пари об'єктів  $(x_i, x_j) \in X \times X$  визначаються  $a_{ij}$  - кількісні оцінки ступеня домінування об'єкта  $x_i$  над об'єктом  $x_j$  за деякою шкалою відношень, які задовольняють умовам  $0 < a_{ij} < \infty$ ,  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ,  $a_{ii} = 1$  для довільних  $\{i, j\} \in \{1, \dots, n\}$ .

Матриця  $A = (a_{ij})_{i, j=1, \dots, n}$  називається матрицею домі-

нування (МД). Умовою узгодженості МД є виконання рівностей  $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$  для довільних  $\{i, j, k\} \in \{1, \dots, n\}$ .

Показник неузгодженості (ПН) МД обчислюється за формулою  $ПН = (L - n)/(n - 1)$ , де  $L$  - головне власне значення, а  $n$  - розмірність МД. У роботах Т.Сааті обґрунтовано припущення про зв'язок між ПН у розмірі 0.1 випадкового індексу (ВІ), який обчислюється як математичне очікування ПН МД, випадковим чином заповненої елементами тієї ж шкали відношень.

Запропоновано новий підхід до обчислення ВІ, який дозволяє істотно підвищити точність визначення прийнятності неузгодженості МД. Крім того, уможливується швидке обчислення значень ВІ для довільних шкал, зокрема таких, що формуються експертами.

В основу пропозицій покладене ефективне наближення елементів нормованого головного власного вектора МД (вектора пріоритетів) нормованим вектором геометричних середніх рядків матриці. Таке наближення є найкращим у розумінні логарифмічних найменших квадратів, а при  $n=3$  збігається з фактичним вектором.

Нехай  $\xi$  - випадковий елемент шкали відношень.

**Теорема 1.** Випадковий індекс МД розмірністю  $3 \times 3$  обчислюється за формулою  $ВІ_3 = (M\xi^{1/3})^3 - 1$ .

**Теорема 2.** Випадковий індекс МД розмірністю  $n \times n$  обчислюється за формулою  $ВІ_n \approx M\xi^{(n-2)/n} (M\xi^{1/n})^{2n-4} - 1$ .

Теорема 2 дає наближене значення  $ВІ_n$ , але при  $n > 4$  його точне обчислення неможливе.

Для шкали 1-9 коефіцієнти  $ВІ_n$  ( $3 < n < 16$ ) були обчислені за теоремами 1, 2 та експериментальним шляхом з виборки розміром 1000. Середнє відхилення обчислених за формулою наближень від експериментальних даних не перевищує 1%, а максимальне становить 2%. Експериментальні значення  $ВІ_n$  (якими керуються користувачі МАІ) отримані в Національній лабораторії м.Ок-Ріджа та в школі Уортона (США), припускають максимальні відхилення, відповідно, у 17% та 9%.

Запропоновано комплексний підхід до аналізу узгодженості парних порівнянь у матрицях домінування.

Метою порядкового аналізу є пошук, виявлення, аналіз та усунення порушень транзитивності в МД. Найефективнішим його напрямком є аналіз тріад парних порівнянь  $(a_{ij}, a_{jk}, a_{ik})$ .

Метою позиційного аналізу є вивчення впливу коригування одного парного порівняння (двох симетричних відносно головної діагоналі елементів МД) на ПН матриці домінування.

**Теорема 3.** Максимальна ефективність коригування одного парного порівняння досягається за умови повного його визначення іншими елементами матриці.

Продуктивним алгоритмом позиційного аналізу є обчислення вектора пріоритетів за схемою Харкера, якщо вважати непевними елементи МД, вплив яких вивчається. З відношень елементів цього вектора визначаються оптимальні значення непевних порівнянь.

Метою загального аналізу є визначення окремих елементів, груп елементів та рядків МД, які більше за інших потребують коригування з огляду на різницю між дійсними та очікуваними (за теоремою 3) значеннями оцінок.

Негативною рисою загального аналізу є нав'язування експерту міркувань щодо непевності його ж оцінок. З цього боку переваги мають порядковий аналіз (експерту нав'язується перегляд явно суперечливих оцінок) та позиційний аналіз (експерту пропонуються напрямки та розумна межа коригування оцінки, яку він визнав непевною).

Розроблено алгоритм упорядкування об'єктів з використанням МД, частина елементів якої подана у вигляді випадкових величин на шкалі відношень. Основу алгоритму складає апроксимація випадкових величин трьохатомними дискретними із збереженням моментів до четвертого порядку включно ("оптимальна" апроксимація). Це забезпечує незмінність математичного очікування, дисперсії, коефіцієнтів асиметрії та ексцесу.

Для довільної в.в.  $\xi$  з абсолютним моментом  $M|\xi|^{2r-1} < \infty$  "оптимальною" апроксимацією є д.в.в.  $\eta = (x_k, p_k)$ ,  $k=1, \dots, r$ , компоненти якої визначаються системою рівнянь

$$M\xi^k = \sum_{j=1}^r x_j^k p_j, \quad k = 1, \dots, 2r-1.$$

За деяких припущень, що сприяють встановленню залежностей між елементами МД, вдається істотно скоротити кількість матриць, обчислення пріоритетів за якими необхідне для отримання підсумкового впорядкування.

**Теорема 4.** Існує алгоритм апроксимації головного власного вектора  $n$ -вимірної матриці парних порівнянь у формі ви-

падкових величин дискретною випадковою величиною, кількість атомів якої не перевищує  $3^{n-1}$ .

Найбільша ефективність цього алгоритму в сукупності з найкращою точністю досягається при використанні в матриці чисел та випадкових величин з одним типом розподілу з числа рівномірного, трикутного та нормального.

Обґрунтована нова схема подання експертних оцінок у МПГ. Експертні оцінки характеристик об'єктів подаються у вигляді випадкових величин через притаманні їм атрибути. Запропоновано алгоритм обробки отриманої таким чином суміші щільностей ймовірностей із застосовуванням методів аналізу експериментальних кривих.

Етапами алгоритму є відділення, обчислення математичних параметрів та оптимізація версій. На першому з них відокремлюються інтервали зони фінитності щільності, де її поведінка свідчить про наявність відмінних від інших експертних міркувань.

Для кожної версії обчислюються ймовірність, а також математичне очікування та середньоквадратичне відхилення, як для окремої випадкової величини. Оптимізація передбачає цензурування малоперспективних версій та звуження зон фінитності за рахунок відкидання ділянок з малими значеннями щільності. Ця процедура не обов'язкова та тягне ризик втрати інформації. Результатом первинної обробки даних є заміна щільності суміші на дискретну випадкову величину.

Притаманні МПГ формули обчислень прогнозів за складовими та альтернативами адаптовано до використання дискретних випадкових величин, які уособлюють різні погляди експертів на показник, що оцінюється.

Розширена сфера використання мультиплікативних парних порівнянь в ІМ.

Реалізовано процедури оцінки відносних ваг та інших параметрів "варіантів", використання парних порівнянь для визначення, а ПН МД - для коригування компетентності експертів.

При вивченні методу парних порівнянь та програмній реалізації відповідних алгоритмів постає проблема дослідження поведінки експерта в умовах вибору. Досліджені моделі поведінки експерта при парних порівняннях та їх коригуванні. Для вивчення цього процесу запропоновано використати випадкове

блукання на прямій, пов'язане в телеграфним рівнянням.

Дано опис руху частинки, швидкість якої с розглядається як стимул, а інтенсивність змінюючого напрямку руху пуассонівського процесу  $\lambda$  як контрстимул. Модель випадкового блукання на прямій визначається процесом

$$Y(t) = c \int_0^t (-1)^{N(s)} ds,$$

де  $N(s)$  - число подій однорідного пуассонівського процесу в параметром  $\lambda$  у проміжок часу  $[0, s)$ .

**Теорема 5.** Моменти блукання обчислюються за формулами

$$M_{2n}(t) = 2n c^{2n} \int_0^t M_{2n-1}(\tau) d\tau,$$

$$M_{2n+1}(t) = (2n+1)c^{2n+1} \exp(-2\lambda t) \int_0^t M_{2n}(\tau) \exp(2\lambda \tau) d\tau,$$

вважаючи, що  $M_0(t) = 1$ .

**Наслідок.** Перші моменти випадкового блукання обчислюються за формулами

$$M_1(t) = cY(t) = c(1 - \exp(-2\lambda t))/2\lambda \text{ та}$$

$$M_2(t) = c^2 \left[ t - (1 - \exp(-2\lambda t))/2\lambda \right] / \lambda.$$

**Наслідок.** Справедливе граничне співвідношення

$$\lim_{t \rightarrow \infty} M_Y(t) = c/(2\lambda).$$

За отриманими результатами оцінюється очікуваний вибір міркування експертом. Практичне значення цього дослідження полягає в забезпеченні процесу автоматизації частини коригувань при позиційному аналізі.

Досліджено узагальнення керованого випадкового блукання на евклідовому просторі  $R^n$ . Дано опис руху частинки, параметри якого є функціями  $c=c(Z, t)$  (де  $Z=(z_1, z_2, \dots, z_n)$ ), а  $\lambda=\lambda(t)$ . Отримано диференціальне рівняння для ймовірнісного закону блукання  $p(Z, t)$ .

**Теорема 6.** Щільність ймовірності  $p(Z, t)$  є розв'язком диференціального рівняння в частинних похідних:

$$\begin{aligned} - \int^R p(Z, t) / dt^2 + \left( 2\lambda(t) - [dc(Z, t)/dt] / c(Z, t) \right) dp(Z, t) / dt = \\ = c(Z, t) \int_{j=1}^n \left[ d(c(Z, t) dp(Z, t) / dt) / dz_j \right] / n. \end{aligned}$$

Для випадку незмінних параметрів обчислено щільність ймовірності в явному вигляді.

Третій розділ дисертації присвячений програмній реалізації проведених досліджень та їх практичному застосуванню.

Програмні системи "Експерт" та "Фактор" реалізовані засобами ІК "МікроПошук" на ПЕОМ типу ІВМ РС в операційному середовищі MS DOS. Як базова мова програмування використовується Сі.

Результатом інтеграції МПГ та МАІ є суттєве розширення сфери задач, що розв'язуються, внаслідок синергійних властивостей об'єднання. Інтеграцію систем "Експерт" та "Фактор" здійснено за допомогою нової версії ІК "МікроПошук" в операційному середовищі Windows. Інтегрована система зберегла назву "Фактор".

Система "Фактор" призначена для підготовки та підтримки прийняття планово-управлінських рішень у ситуаціях, що вимагають системного аналізу кількісних та якісних характеристик різного походження. Вона застосовується для розв'язання практичних задач - багатетапного ітеративного планування; аналізу, оцінки, вибору та супроводження проєктів; науково-технічного і економічного прогнозування; підтримки проведення конкурсів; пошуку компромісів та подолання кризових станів; визначення інвестиційної політики; ігрового моделювання; навчання математичним методам планування, прогнозування та прийняття рішень.

Система "Фактор" розв'язує типові задачі - оцінювання характеристик складних об'єктів; метризованого впорядкування об'єктів за характеристикою; вибору із запропонованих альтернатив з використанням СФ; прогнозування з використанням СВ та СЗС; бінарного аналізу варіантів; розподілу ресурсів за пріоритетами варіантів та функціоналами від них.

Система "Фактор" складається із засобів оброблення експертної інформації та службових модулів ІК "МікроПошук". Подано інформацію про основні функціональні можливості програмної системи, сервіс та документування роботи.

Описані структури інформаційної бази даних, яка реалізує ІМ. Реляційно-сіткова база даних містить об'єкти типів: *варіант*, *фактор*, *змінний стан*, *ресурс*, *ціль* (рольова інтерпретація *фактора*), *слово*, *користувач*, *параметр* (службові об'є-

екти), а також зв'язки між ними.

Розглянуті практичні застосування системи "Фактор" для побудови оптимального комплексу захисних контрзаходів в умовах радіоактивного забруднення навколишнього середовища, а також навчання математичним методам планування, прогнозування та прийняття рішень.

У висновку сформульовані основні результати, досягнені в процесі виконання дисертаційної роботи, висновки щодо їх застосування та перспективи подальших досліджень.

Найбільш перспективним напрямком розвитку досліджень вбачається розробка нових алгоритмів та розширення бібліотеки засобів подання, аналізу, обробки та інтерпретації експертної інформації, особливо непевної та неузгодженої. Видається доцільною програмна реалізація комплексної системи планування, зокрема прогнозування, підготовка, оцінка, аналіз, вибір та супроводження проєктів, розподіл ресурсів.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Робота містить такі основні результати:

1. Проведено аналіз відомих результатів за темою досліджень:

- виконано огляд та порівняльний аналіз відомих засобів побудови графічно-інформаційних моделей Про в методах планування та прогнозування;

- проведено порівняльний аналіз схем організації експертизи в методі Делфі, МПГ та МАІ;

- виконано огляд загальних принципів парних порівнянь із ступеневим калібруванням.

2. Розроблено інтегровану модель, що поєднує графові структури МПГ та МАІ, дозволяє інтерпретувати на ній модифіковані задачі вибору, прогнозу, розподілу ресурсів тощо, поширює характерні для МПГ кількісні та експертні методи на МАІ, а характерні для МАІ якісні методи досліджень - на МПГ, запропоновано інтерпретацію деяких відомих графічно-інформаційних моделей в термінах ІМ.

3. Запропоновано ряд механізмів подання, аналізу, обробки та інтерпретації інформації, організації експертизи та моделювання поведінки експерта:

- отримано формулу для обчислення випадкового індекса

матриць парних порівнянь із степеневим калібруванням для довільної шкали відношень;

- побудовано процедуру інтелектуалізації аналізу матриці домінування та усунення неузгодженості експертних міркувань для покращення обґрунтованості упорядкування та коригування компетентностей експертів;

- запропоновано новий алгоритм обробки матриці домінування, який дозволяє використати експертні оцінки у вигляді випадкових величин;

- розвинуто алгоритми МП для використання експертних оцінок у вигляді чисел, інтервалів та випадкових величин;

- вивчено модель поведінки експерта при коригуванні міркувань та її узагальнення;

- запропоновано параметричну систему організації роботи в експертною інформацією в ІМ.

4. Проведено програмну реалізацію результатів досліджень:

- модифіковано діалогову систему "Експерт" для використання різних способів подання експертних оцінок;

- створено систему аналізу інформації та підтримки прийняття рішень "Фактор";

- проведено інтеграцію систем "Експерт" та "Фактор" на єдиній БД за допомогою нової версії ІК "МікроПошук" у середовищі Windows.

Застосування в системах підтримки прийняття рішень сучасних методів подання, аналізу, обробки та інтерпретації експертної інформації суттєво підвищує їх функціональні можливості, сприяє впровадженню наукових методів у практику управління.

Запропоновані в дисертаційній роботі результати дозволили успішно розв'язати ряд теоретичних та практичних задач.

Основні положення дисертації опубліковані в таких статтях:

1. Шаров О.І. Случайный индекс матриц превосходства // Методы представления знаний в информационных технологиях. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, 1994. - С.23-28.

2. Шаров О.І. Випадкові блукання, пов'язані з телеграфним рівнянням у евклідовому просторі // Теорія ймовірностей

та математична статистика. - Київ: ТВИМС, 1993. - № 49 - С. 231-240.

3. Шаров О.І. До обчислення деяких спектральних характеристик випадкових матриць домінування // Праці Всеукраїнської конференції молодих вчених (математика). Ч. 1. - Київ: Київ. ун-т ім. Тараса Шевченка, 1994. - С. 79-86.

4. Шаров О.І. Характеристики випадкового блукання на прямій, пов'язаного з телеграфним рівнянням // Збірник праць студентів та аспірантів Київського університету імені Тараса Шевченка (природничі науки). - Київ: Київський університет імені Тараса Шевченка, 1994 - С. 52-59.

5. Гречко В.О., Шаров О.І. Интеграция структур прогнозного графа и иерархии факторов для решения задач организации и управления // Стохастические задачи теории оптимизации и надежности. - Киев: Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова НАН Украины, 1994. - С. 35-41.

6. Гречко В.О., Шаров О.І. Аналіз неузгодженості парних порівнянь в матрицях домінування // Разработка и внедрение информационных технологий в народном хозяйстве. - Киев: Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова НАН Украины, 1994. - С. 53-61.

7. Гречко В.О., Шаров О.І. Первичная обработка экспертных данных в ДС "Эксперт" // Разработка математического и программного обеспечения ППП и решение задач дискретной оптимизации. - Киев: Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова АН Украины, 1992. - С. 65-71.

Sharov O.I. The Integration of the Forecast Graph Method and Analytic Hierarchy Process for Objects and Processes Expert Analysis.

Thesis for the Degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Speciality: 01.05.03 - Mathematical Support and Software of Computers and Systems; V.M.Glushkov Institute of Cybernetics, NAS of Ukraine, Kiev, 1995.

This Paper is Devoted of Integration Glushkov's Forecast Graph Method and Saaty's Analytic Hierarchy Process for Decision Problem of Planning, Forecasting and Deciding on the Basis of Complex Processing of Expert Information. The Integrated Model Unifying the Graph Structure of the

Methods Has Been Worked Out.

A Number of Question of the Representation, Analysis, Processing and Interpretation Has Been researched. The Software Suggesting Theoretical Approaches and Algorithms Has Been created.

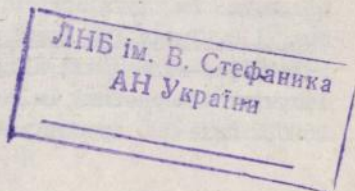
Шаров О.И. Интеграция методов прогнозного графа и анализа иерархических систем для экспертного анализа объектов и процессов. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.05.03 - математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем. Институт кибернетики им.В.М.Глушкова НАН Украины, Киев, 1995.

Работа посвящена интеграции метода прогнозного графа В.М.Глушкова и метода анализа иерархий Т.Саати для решения задач планирования; прогнозирования и принятия решений на основе комплексной обработки экспертной информации. Разработана интегрированная модель, объединяющая графовые структуры методов.

Исследован ряд вопросов представления, анализа, обработки и интерпретации экспертной информации. Предложенные теоретические подходы и алгоритмы программно реализованы и опробованы в решении практических задач.

Ключові слова: системи підтримки прийняття рішень, моделі предметних областей, подання знань, бази даних та знань, програмні системи, інструментальні засоби, прогнозовий граф, експертні оцінки, аналіз ієрархій, парні порівняння, узгодження міркувань, випадкові блукання.



Підп. до друку 16.10.95. Формат 60x84/16. Папір для позмнож.апар.  
Офс.друк. Ум. друк.арк. 0,81. Ум. фарбо-відб. 1,16. Обл.-вид.  
арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам. 781.

---

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею  
Інститут кібернетики Ім.В.М.Глушкова НАН України  
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40

445749

AB 33.219