

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

На правах рукопису

КОВАЛЬЧУК Костянтин Федорович

УДК 519.8:681.3

**МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ
ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ**

08.03.02 — економіко-математичні методи і моделі

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора економічних наук

Київ 1996

АВ 34.109

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній металургійній академії України.

Науковий консультант: доктор економічних наук, професор СУСЛОВ Олег Павлович.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор ДАНИЛІН Юрій Михайлович,

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00740110 (D)

доктор економічних наук, професор, академії технологічних наук Михайло Тимофієвич,
доктор економічних наук, професор БКІЙ Олександр Іванович.

Провідна організація: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка.

14.10.2002
Заявка відбудеться «26» березня 1996 р.
год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.39.06 при Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України за адресою:

252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий «17» лютого 1996 р.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України
[Signature]
РЕВЕНКО В. Л.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради

ДВ - 34. 709

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У 70-х роках почався принципово новий етап розвитку світової економіки, зміст якого був обумовлений пошуком виходу з матеріально-енергетичної та соціально-економічної кризи суспільного виробництва. Основним напрямком виходу з кризи став перехід економічно розвинутих країн від матеріально-енергетичних технологій виробництва до переважно інформаційно-інтелектуальних технологій, де економія матеріально-енергетичних ресурсів досягається за рахунок удосконалення управління виробництвом, розподілом, перерозподілом, обміном та споживанням шляхом переходу від обробки інформації до обробки знань. Інтелектуальна підтримка суспільно економічних процесів дозволяє раціонально розв'язати триєдину задачу розвитку сучасного суспільства - підвищити ефективність, гуманістичність та екологічність виробництва.

Суспільна ефективність в умовах переходу до соціально-орієнтованих ринкових відносин принципово залежить від якості прийняття економічних рішень на різних рівнях та етапах управління. Це надає актуальності проблемам розробки інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Інтелектуальне складова дозволяє формалізувати у вигляді знань інтереси суб'єктів господарчої діяльності, моделювати особистий фактор при прийнятті економічних рішень, перетворити його з недоліку суб'єктивізму у перевагу можливості реалізації остаточних рішень. Проте проектування та впровадження у практику господарювання таких систем потребує розв'язання ряду теоретичних проблем у галузі представлення, поповнення, обробки та збереження знань стосовно проблемних економічних ситуацій.

Сучасні діалогові системи прийняття рішень, які здобули широке розповсюдження, не розв'язують головної проблеми - проблеми вибору. Вони переводять її в іншу, більш комфортну для виживання, площину вибору методу прийняття рішень. Принципова відзнака інтелектуальних систем прийняття рішень - це наявність формального механізму вибору методу прийняття рішень, який повинен бути адекватним початковим знанням про проблемну ситуацію. Тут користувач (суб'єкт господарювання) здійснює тільки цілепокладання, тобто опис у комфортній для себе вербальній формі особистого економічного інтересу у вигляді цілі прийняття рішень.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження у такому новому науковому напрямку: розробка методів інтелектуальної підтримки прийняття

економічних рішень з урахуванням рівнів адекватності, несуперечності та повноти доступних знань про проблемну ситуацію. Інтелектуальна підтримка прийняття економічних рішень дозволить підвищити достовірність, обґрунтованість та можливість реалізації рішень за рахунок використання формальних методів обробки знань про ціль функціонування економічної системи (ЕС).

Ця робота присвячена розробці сформульованого наукового напрямку та відповідає Державній науково-технічній програмі України з пріоритетного напрямку НТП "Інформатика, автоматизація та приладобудування" (підпрограма 6.2 - Перспективні інформаційні технології для інтелектуалізації процесів прийняття рішень та керування у технічних, біологічних та соціальних системах).

Метою дисертаційної роботи є: розробка методів інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень на базі математичного апарату теорії нечітких множин для управління ЕС на різних етапах та рівнях з урахуванням критеріїв адекватності, несуперечності та повноти доступних знань про цілі суб'єктів господарчої діяльності.

Відповідно до поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені такі задачі.

Розроблено концепцію інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, у якій визначені основні нап. мки інтелектуалізації - лінгвістичний інтерфейс з користувачем (особою, що приймає рішення - ОПР); формальна відповідність рівнів адекватності, несуперечності та повноти початкових знань методам їх обробки; вибір методу обробки знань, а також дозвизначення даних про проблемну ситуацію до знань.

Узагальнено постановку задачі прийняття рішень як комплексу, окремими випадками якого є задачі вибору та класифікації економічних можливостей суб'єктів господарювання.

Сформульовано критерії адекватності, несуперечності та повноти знань про проблемну економічну ситуацію.

Встановлено формальну відповідність рівнів адекватності, несуперечності та повноти доступних знань математичним операціям їх обробки для прийняття рішень, що дозволяє, з одного боку, повністю та ефективно використовувати доступну інформацію, а з іншого, виключити появу у прийнятих рішеннях фіктивної (тобто наб'язаної формальним апаратом обробки) інформації.

Запропоновано підхід до формалізації суб'єктивної позиції ОПР у процесі цілепокладання, що дозволяє використовувати в інтелектуальній системі прийняття рішень важливий для економічних застосувань

суб'єктивний фактор та таким чином підвищити можливості реалізації рішень.

Розроблено математичну модель інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, котра є формальною оболонкою для створення сучасних систем прийняття рішень на основі обробки знань.

Розроблено структуру економічних рішень, складові якої (розвиток, виробничі ресурси, економічні відносини, технологія, керування) та їх композиції подаються у вигляді окремих випадків загальної задачі прийняття рішень.

Проаналізовано можливості використання методології інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень для керування виробничо-розподільчими системами ринкового типу.

Науковою концепцією роботи є композиція механізмів вибору методу прийняття економічних рішень відповідно до критеріїв адекватності, несуперечності та повноти знань про проблемну ситуацію в ЕС.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є процеси прийняття рішень при управлінні економічними системами.

Методологія дослідження. Методологія дослідження спирається на використання принципів загальної теорії систем та системного аналізу.

У дисертаційній роботі використані спеціальні методи та математичний апарат теорій нечітких множин, штучного інтелекту, міри, імовірності та математичної статистики, багатокритеріальної оптимізації.

Практична перевірка розроблених моделей виконувалася шляхом їх програмної реалізації та проведення машинних експериментів.

Наукова новизна. До нових наукових результатів ми відносимо:

1. Розробку концепції інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, у якій визначені основні напрямки інтелектуалізації – лінгвістичний інтерфейс з користувачем (ОПР); формальна відповідність рівнів адекватності, несуперечності та повноти початкових знань методам їх обробки; вибір методу обробки знань та довизначення даних про проблемну ситуацію до знань.

2. Узагальнення постановки задачі прийняття рішень як комплексу, окремими випадками якого є задачі вибору та класифікації альтернатив.

3. Формулювання критеріїв адекватності, несуперечності та повноти знань про проблемну економічну ситуацію.

4. Опис формальної відповідності рівнів адекватності, несуперечності та повноти доступних знань математичним операціям їх обробки для прийняття рішень, що дозволяє, з одного боку, повністю та ефективно використовувати доступну інформацію, а з іншого – виключи-

ти появу у рішеннях, що виробляються, фіктивної, тобто нав'язаної формальним апаратом обробки, інформації.

5. Підхід до формалізації суб'єктивної позиції ОПР у процесі цілепокладання, що дозволяє використовувати в інтелектуальній системі прийняття рішень визначальний для економічних застосувань особистий фактор для підвищення реалізуємості остаточних рішень.

6. Розробку математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, котра є формальною оболонкою для створення сучасних систем прийняття рішень на основі обробки знань.

7. Аналіз та синтез структури економічних рішень, складові якої (розвиток, виробничі ресурси, економічні відносини, технологія, керування) та їх композиції подаються у вигляді окремих випадків загальної задачі прийняття рішень.

8. Технологію використання методології інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень для управління виробничо-розподільчими системами ринкового типу.

Практична цінність. Розроблені математичні методи та моделі знаходять використання в проектах нових автоматизованих систем управління економічними об'єктами різного рівня та форм власності. Практична цінність при цьому виявляється:

- у підвищенні якості та можливості реалізації рішень;
- у підвищенні ефективності використання сучасної обчислювальної техніки;
- у підсиленні творчого потенціалу менеджера як ОПР та користувача інтелектуальної системи.

Реалізація результатів. Для реалізації результатів дослідження розроблена програмна оболонка системи інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, яка використовується в АСУ ряду підприємств України різних форм власності. Економічний ефект від впровадження є позитивним та одержаний за рахунок підвищення якості управління.

Одержані у дисертації результати використовуються при читанні лекцій, проведенні практичних та лабораторних занять з дисциплін "Економіко-математичні методи і моделі", "Системний аналіз", "Штучний інтелект" на інженерно-економічному факультеті Державної металургійної академії України.

Апробація роботи. Результати виконаних досліджень доповідались на V і VI Всесоюзних симпозиумах "Ситуаційне управління великими системами" (Одеса, 1978 та 1981рр.); на другому та третьому республі-

канських семінарах "Людино-машинні системи" (Боржомі, 1980 та 1981 рр.); на V республіканській науково-технічній конференції "Досвід розробки та впровадження інтегрованих АСУ у чорній металургії" (Дніпропетровськ, 1980р.); на 1-3 Всесоюзних семінарах "Методи вирішення задач оперативного управління в АСУ галузевого та міжвідомчих рівнів" (Москва, 1980, 1982, 1984рр.); на першій та другій координативній нараді по ситуаційному управлінню великими системами (Наукас, Куйбишев, 1982р.); на V і VI науково-технічних семінарах "Управління при наявності розпливчастих категорій" (Пермь, 1982 та 1983рр.); на Всесоюзному науково-практичному семінарі "Прикладні аспекти управління складними системами" (Хемарово, 1983р.); на першій та другій науково-технічній конференції "Проблеми вдосконалення управління та планування виробництва на металургійних підприємствах" (Свердловськ, 1982 та 1984рр.); на науково-технічній конференції "Вдосконалення організації виробництва та праці на підприємствах чорної металургії" (Свердловськ, 1983р.); на XI міжгалузевій науково-технічній конференції (Москва, 1983р.); на республіканській науково-методичній конференції "Розробка, експлуатація та розвиток автоматизованих навчаючих систем" (Харків, 1984р.); на науково-технічній конференції "Ефективність, якість та надійність управління економічними об'єктами" (Ростов-на-Дону, 1983р.); на Всесоюзній конференції "Психологічні проблеми створення та використання ЕОМ" (Москва, 1985р.); на науково-технічному семінарі "Обмін досвідом розробки та впровадження АСУ в чорній металургії на основі використання мікропроцесорної техніки" (Дніпропетровськ, 1986р.); на республіканській науково-практичній конференції "Союз науки та практики до 100-річчя Ленінки" (Дніпропетровськ, 1987р.); на Всесоюзній науково-технічній конференції "Задачі технічного переозброєння листопрокатного виробництва" (Дніпропетровськ, 1987р.); на Всесоюзній науково-практичній конференції "Вдосконалення обліку, аналізу та контролю на підприємствах в умовах повного господарчого розрахунку" (Москва, 1988р.); на другій Всесоюзній нараді "Застосування ЕОМ у наукових дослідженнях та розробках" (Дніпропетровськ, 1989р.); на науковому семінарі математичного факультету Пекінського університету (Пекін, 1988-1989рр.); на першому Азіатському симпозиумі з нечітких систем (Сінгапур, 1993р.); на науковому семінарі Вищої школи ім.Р.Вагнера при Нью-Йоркському університеті (Нью-Йорк, 1995р.); на науковому семінарі кафедри економічної інформатики та АСУ Державної металургійної академії України (1985-1995рр.).

Публікація результатів досліджень. Основні положення дисертації опубліковані в монографії, 4 брошура: та препринтах і 18 наукових статтях.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається: зі вступу, чотирьох глав, закінчення, викладених на 343 аркушах машинописного тексту, 8 таблиць, 20 рисунків, 8 додатків та списку літератури із 423 наїменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

Теоретичні основи підтримки прийняття рішень

У першій главі було запроваджено системний аналіз проблем прийняття економічних рішень; зконано узагальнену постановку задачі прийняття економічних рішень як комплексу задач вибору та класифікації; досліджено систему прийняття рішень, функції та механізми вибору і класифікації; визначено структуру системи інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень (СИПЕР).

Ключовим поняттям або спонукальним мотивом постановки довільної проблеми прийняття рішень є категорія цілі як деякий компроміс між дійсним і бажаним, засобами та результатами, витратами та корисністю. Носієм цілі виступає ОПР, у якої вона формується в процесі виникнення потреб (інтересів). У ролі ОПР може виступати як окремий суб'єкт (активний елемент), так і група суб'єктів (підсистема активних елементів). В останньому випадку виникає окрема проблема погодження індивідуальних цілей активних елементів, яка вирішується різноманітними методами в залежності від рівня суперечності локальних цілей (по шкалі "узгоджено-компромійно-антагоністично").

Результатом декомпозиції цілі на функції (способи її реалізації) є множина альтернатив X , які пред'явлені для прийняття рішень. Дана множина повинна містити не менше двох альтернатив $|X| > 1$ і бути підмножиною універсальної (складеної з усіляких підмножин X) множини альтернатив $\Omega: X \subseteq \Omega$. Потужність X може бути скінченна або нескінченна (зліченна або континуальна). Додаткова інформація B про функціональну структуру цілі може бути використовуваною для розбивання X на класи еквівалентності. Така структуризація X дозволяє без зниження загальності розглядати його у вигляді скінченної множини $X = \{x_j\}_m$, де x_j - образ альтернативи (центр класу) для класу $X_j, j = \overline{1, m}$, і ставити задачу прийняття рішення як задачу вибору агрегату (комплексу)

на 2^{Ω} множині всіх підмножин Ω . Кожна альтернатива $x_j \in X$ може мати складну структуру, тобто складатися з рішення (частини умов, котрими спроможна управляти ОПР) і з наслідків (частини неконтрольованих умов стану зовнішнього середовища, на які ОПР впливу не справляє). Тут у склад B виключається розподіл імовірностей (частот) $(p_j)_m$ на класах $X_i = X, j = \overline{1, m}$. У цьому випадку можна виділити такі відомі типи залежності наслідків від рішень: кожна альтернатива приводить до єдиного наслідку – умова визначеності; кожна альтернатива може з визначеною імовірністю привести до одного з кількох наслідків (стохастична залежність) – умова ризику; кожна альтернатива може привести до одного з кількох наслідків з невідомими мірама досяжності – умова невизначеності.

Результатом атрибутивної декомпозиції цілі є множина властивостей (атрибутів) $A = (A_i)_n$. Множина A має ієрархічну структуру, котра описується у вигляді ТА/АВО-графу. Для опису наявності властивостей $A_i, i = \overline{1, n}$, у альтернатив $X_j, j = \overline{1, m}$ використовується процес вимірювання, який формально визначається відповідністю $F: X \times A \rightarrow W$, де W – числова вісь. Відповідність F звичайно задається у вигляді вирішуючої матриці $\|f_i(x_j)\|_{n, m}$, де $f_i(x_j)$ – вимірювання ступеня наявності i -ї властивості у j -ї альтернативи. Рівень інформативності матриці F визначається типами шкал, які використовувались для вимірювання властивостей. Зокрема, вимірювання в шкалі порядку дозволяє одержувати мінімально необхідну інформацію для коректного прийняття рішень у вигляді бінарних рефлексивних відношень переваги $R_i \subset X \times X, i = \overline{1, n}$. Вимірювання в більш інформативних кількісних (інтервалів, відношень, різниць, абсолютів) шкалах дозволяє отримати формальний опис переваг у вигляді значень критеріїв $\{f_i\}_n$. Таким чином, проблемна ситуація для прийняття рішень формально представляється у вигляді кортежу $SP = \langle X, A, B, F \rangle$.

Рішення одержується за допомогою механізму M перетворення проблемної ситуації SP за правилом π . В результаті повинна бути одержана, по-перше, апроксимація відношення слабокї переваги $R = \Phi(R_i, i = \overline{1, n}), R \subset X \times X$, на множині альтернатив X як певна модель агрегованого атрибуту (процедура атрибутивної композиції) і, по-друге, взаємозалежна з R функція прийняття рішень $C_R^X(x) \subset X$ як визначене зуження або розбивання множини альтернатив X . Системне представлення моделі прийняття рішень зображено на рис.1.

Відношення слабокї переваги R можна представити у вигляді

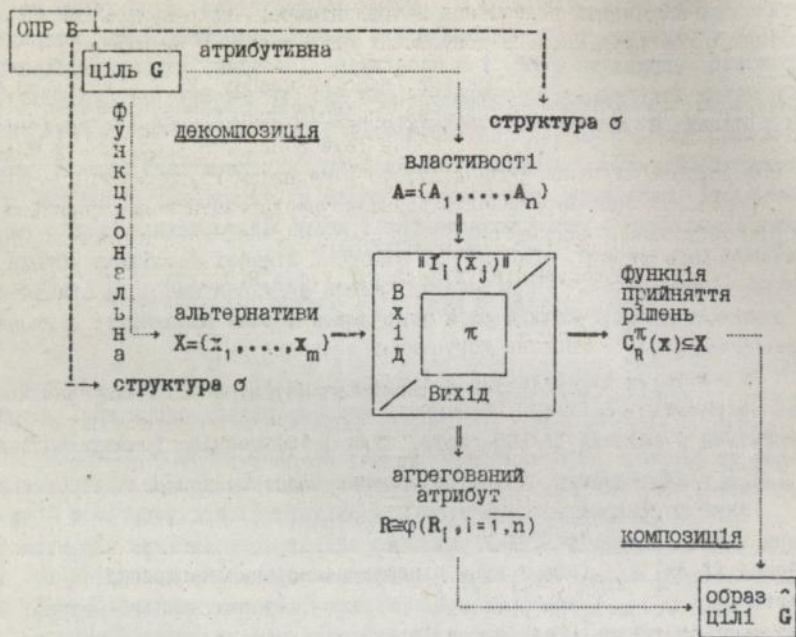


Рис.1. Системне представлення моделі прийняття рішень

об'єднання антисиметричного та антирефлексивного відношення строгої переваги P і симетричного та рефлексивного відношення схожості S : $R = P \circ S$. Це представлення дозволяє зробити фундаментальний висновок про те, що процес прийняття рішень є сукупністю процесів вибору (P) і класифікації (S). Зокрема, якщо використовується відношення

строгої переваги $P = R \setminus R^{-1} = \bar{R}^{-1}$, то одержуємо модель вибору; якщо - відношення схожості $S = R \circ R^{-1}$, то - модель класифікації, окремим випадком якої при $S = E$ - відношенні рівності, є модель ідентифікації.

Достовірність інформації V про ціль ОПР можна оцінювати рівнем її несуперечності, яка формалізується транзитивністю відношення R . Якщо в механізмі вибору відношення R задовольняє умові транзитивності, то результатом моделювання є упорядкована послідовність альтернатив множини X . Зокрема, існують нижня $x^- = \inf X$ і верхня $x^+ = \sup X$ грані множини X , що є реалізацією механізму оптимізації. Якщо в ме-

ханізмі класифікації відношення S транзитивне, то результатом моделювання є розбиття множини допустимих альтернатив X на класи еквівалентності X_1, X_2, \dots, X_N . Зокрема, якщо на класах $X_i, i=1, \overline{N}$ задати, з точністю до лінійного перетворення операцію осереднення $\bar{x}_i \in [x_i^-, x_i^+]$, то реалізується механізм агрегування (стиснення), а якщо кожний клас X_i має нормальний закон розподілу, то – механізм групування.

Невзведений системний аналіз дозволяє представити модель прийняття рішень у такому вигляді:

$$DMS = \langle SP, M, R, C_R^\pi(x) \rangle = \langle X, A, F, V, \sigma, \pi, R, C_R^\pi(x) \rangle, \quad (I)$$

де $A = \{A_i\}_n$ – множина атрибутів властивостей цілі ОПР;

$X = \{x_j\}_m$ – множина допустимих альтернатив;

$F: X \times A \rightarrow W$ – відображення (вимірювання) атрибутів альтернатив на числовій осі;

$V = \langle V, \sigma \rangle$ – додаткова (структурна) інформація про ціль ОПР, V – тип (вид) задачі прийняття рішень,

σ – структура множини властивостей цілі A ;

$M = \langle B, \pi \rangle$ – механізм прийняття рішень;

π – правило прийняття рішень;

$R \subset X \times X$ – рефлексивне бінарне відношення нестрогої переваги на X ;

$$C_R^\pi(x) \subseteq X = \left\{ \begin{array}{l} C_P^\pi(x) \subseteq X, \text{ вибір} \\ C_S^I(x) \subset X, i=1, \overline{N}, \text{ класифікація} \end{array} \right\} \text{ - функція прийняття рішень.}$$

Таким чином, процес прийняття рішень – це процес відновлення (апроксимації) за допомогою механізму $M = \langle B, \pi \rangle$ агрегованого рефлексивного бінарного відношення нестрогої переваги $R \subset X \times X$ на множині допустимих альтернатив X на основі інформації $V = \langle V, \sigma \rangle$ з метою одержання звуження $C_P^\pi(x) \subseteq X$ (вибір) та (або) розбиття $C_S^I(x) \subset X, i=1, \overline{N}$.
 $\bigcup_{i=1}^N C_S^I(x) = X$ (класифікація) множини X .

Розглянемо довільний механізм прийняття рішень моделі (I) у вигляді трійки: $M = \langle V, \sigma, \pi \rangle$. До структури σ множини властивостей цілі входять типи шкал, у яких вимірні властивості цілі A й інформація про їх відносну значущість. Тип шкали задає структуру значень атрибутів і дозволяє виділити: 1) вимірювання властивостей в якісних шкалах (найменувань, порядку) і, відповідно, формальний опис властивостей цілі $\{A_i\}_n$ у вигляді системи відношень (схожості, порядку) $R_i \subset X \times X, i=1, \overline{n}$, на множині альтернатив X ; 2) вимірювання властивостей у

кількісних шкалах (з визначенням точки відліку й одиниці вимірювання) 1, відповідно, формальний опис властивостей цілі $\{A_i\}_n$ у вигляді системи критеріїв $F = \{f_i\}_n$, $f_i: X \rightarrow W$, $i = \overline{1, n}$; 3) змішаний випадок, коли частини властивостей вимірюється в якісних, а інша - в кількісних шкалах, який зводиться до одного з двох розглянутих в залежності від наявності або відсутності додаткової інформації про вимірювання властивостей. Інформація про відносну значущість властивостей цілі задає структуру атрибутів A . Джерелом даної інформації є ОПР чи експерт. Її вигляд, форма, кількість істотно впливає на вибір методу прийняття рішень.

Правило прийняття рішень π повинне бути адекватним структурі переваг ОПР σ і типу задачі V . При формальному заданні π використовується агреговане відношення

$$R = \varphi(R) = \varphi(R_1, \dots, R_n), \quad (2)$$

де φ - правило агрегування, представлене теоретико-множинними операціями об'єднання (\cup), перетину (\cap) і заперечення (доповнення) відношень;

$\{R_i\}_n$ - якісне вимірювання властивостей $\{A_i\}_n$.

Якщо властивості $\{A_i\}_n$ виміряні в кількісній шкалі, тобто вони представлені критеріями $\{f_i\}_n$, то (2) має вигляд цільової функції:

$$\varphi = \varphi(f_1, f_2, \dots, f_n) \rightarrow \text{extr}. \quad (3)$$

Принциповою є можливість представлення формули агрегування (2), (3) у вигляді композиції або суперпозиції теоретико-множинних операцій (\cup, \cap), а отже, і їх логічними (\max, \min), арифметичними (Σ, Π), нечіткими (α -норма, t -норма) та іншими аналогами.

Системний аналіз існуючих механізмів вибору та класифікації дозволяє зробити висновок, що основною проблемою ОПР, **отже**, центральною функцією системи інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень (СІПТЕР) є вибір адекватного методу обробки доступних знань про проблемну ситуацію в ЕС.

Математичний апарат інтелектуальної підтримки економічних рішень

У другій главі розробляється оригінальний математичний апарат формалізації вибору механізму прийняття рішень, котрий можна вважати формально-математичною основою СІПТЕР. З єдиних методологічних позицій описуються види невизначеності економічних рішень

та засоби їх формалізації; визначаються формальні критерії несуперечності та повноти знань про ціль ЕС; встановлюється формальне співвідношення між рівнями несуперечності, повноти і адекватності знань про проблемну економічну ситуацію та типом композитивного механізму прийняття рішень.

Невизначеність проблемної економічної ситуації є наслідком відомої в економічній теорії суперечності між необмеженістю потреб та обмеженістю доступних (з точністю до відношення власності) матеріально-енергетичних та інформаційно-інтелектуальних ресурсів. Ціллю СІПЕР є пом'якшення (в ідеалі - зняття) обмеження на інформаційно-інтелектуальні ресурси та максимальне підвищення їх еластичності

щодо матеріально-енергетичних ресурсів господарчої діяльності.

Розглянемо методологічні аспекти невизначеності як фундаментальної характеристики забезпечення процесу прийняття економічних рішень знаннями про проблемну ситуацію. Ієрархія видів невизначеності показана на рис.2. Вона може виражатися у вигляді невідомості (ефект "туману"), недостовірності (ефект "міражу") та неоднозначності (ефект "нечіткості").

Невідомість припускає повну або часткову відсутність інформації про проблемну ситуацію, причинами якої можуть бути неповнота, неструктурованість, неінтерпретованість та несприйнятливості необхідної для прийняття рішень інформації. Неповнота показує різницю між наявністю доступних для реєстрації і необхідними для рішення даними про проблемну ситуацію. Неструктурованість істотно ускладнює або практично виключає доступ до даних, що є в наявності. Неінтерпретованість показує відсутність однозначної відповідності між якісною та кількісною складовими інформаційних спільностей. Несприйнятливості пов'язана з незрозумілою для ОПР формою реєстрації та зображення даних, наприклад вимірювання значення показника у невідомих користувачу одиницях.

Недостовірність припускає появу фіктивної, тобто інформації, що не відображає об'єктивно проблемну ситуацію. Її причинами можуть бути неадекватність, суперечність, змінність та викривлення інформації. Неадекватність призводить до втрати корисної або появи фіктивної інформації внаслідок її переформування. Виділяють неадекватність: вимірювання (порушений гомоморфізм відображення емпіричної системи у числову); обробки (метод обробки інформації не відповідає типам шкал, у котрих вона зафіксована); збереження (часткова або повна невіднов-

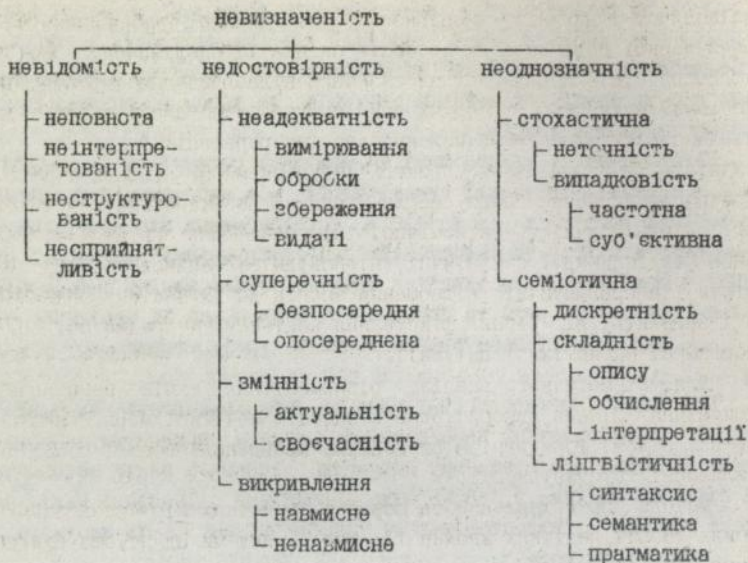


Рис.2. Ієрархія видів невизначеності економічних рішень

ліваність інформації після архівування або стиснення); видачі (форма видачі інформації не відповідає можливостям її сприйняття ОПР). Суперечність визначається як одночасна істинність та хибність визначеного факту. Суперечність може бути одержана безпосередньо (факт та антифакт надходять від різних джерел інформації) або опосереднено шляхом логічного висновку з ряду первинних фактів суперечливого наслідку. Змінність описує процес старіння інформації за часом і характеризується актуальністю та своєчасністю подачі інформації про зміни в проблемній ситуації. Викривлення економічної інформації буває ненавмисним та навмисним. Останнє пов'язане з тим, що економічні показники виконують оціночну функцію, тобто для суб'єктів господарювання стають мотиваційним фактором рівня споживання.

Неоднозначність описує об'єктивно існуючі межі невизначеності. Тут виділяють стохастичну (неоднозначність зовнішнього середовища) та семіотичну (неоднозначність знакового описання) неоднозначності. Причинами стохастичної неоднозначності є випадковність (несорганізована складність) та неточність вимірювань. Випадковність може бути фор-

малізовану у вигляді ймовірності події двояко: як границя частоти появи деякої події або як особиста оцінка її сподівання. Семіотична неоднозначність пов'язана зі знаковим відображенням інформації про проблемну ситуацію. Її причинами можуть бути дискретність даних, складність їх опису, обчислення або інтерпретації даних та лінгвістичність, яка пов'язана з використанням ОПР природної мови. Дискретність визначає певну верхню границю розрізняльної здатності даних. Лінгвістичність економічної інформації має синтаксичні (відношення між знаками), семантичні (відповідність знакового поняття його змісту) та прагматичні (відношення знаків до їх застосування) аспекти і залежить від рівня фіксування контексту (предметної області) проблемної економічної ситуації.

Для математичного аналізу різноманітних типів невизначеності економічних рішень використаємо концепцію нечіткої міри, яка покриває всі відомі формальні міри довіри, правдоподібності, необхідності, можливості та ймовірності.

Методи представлення та обробки нечітких мір розробляються у рамках теорії нечітких множин (Л. Заде), яку ми адаптуємо для розв'язання проблем інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень.

Нечіткою множиною (НМ) A називається сукупність упорядкованих пар $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, складених із елементів x універсальної множини Ω та відповідних ступенів належності $\mu_A(x): \Omega \rightarrow [0, 1]$.

Додатком НМ A є НМ \bar{A} з функцією належності у вигляді $\mu_{\bar{A}}(x) = \bar{c}(\mu_A(x))$, де $\bar{c}: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ - операція заперечення.

Перетином НМ A_1 та A_2 називається НМ $A_1 \cap A_2$ з функцією належності у вигляді $\mu_{A_1 \cap A_2}(x) = t(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x))$, де $t: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ - операція нечіткої кон'юнкції.

Об'єднанням НМ A_1 та A_2 називається НМ $A_1 \cup A_2$ з функцією належності у вигляді $\mu_{A_1 \cup A_2}(x) = s(\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x))$, де $s: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ - операція нечіткої диз'юнкції.

У найбільш загальному вигляді нечіткі операції кон'юнкції t та диз'юнкції s визначаються у класі, відповідно, трикутних норм (t -норм) та конорм (s -норм). У теорії НМ також природно описуються відомі операції осереднення (MID), до яких відносяться різні середні (мода, медіана, степеневі середні - арифметичне, геометричне, гармонічне, квадратичне та ін.) і різноманітні (на базі t - і s -норм) си-

метричні суми.

У сукупності нечіткі кон'юнкції, диз'юнкції і осереднення об'єднуються в клас \ast -норм [37].

Нечіткою відповідністю ϕ називаються НМ з областю визначення $X_1 \times X_2$ та функцією належності $\mu_\phi(x_1, x_2): X_1 \times X_2 \rightarrow [0, 1]$, де X_1, X_2 - множини.

Оберненою нечіткою відповідністю ϕ^{-1} називається нечітка відповідність з функцією належності $\mu_{\phi^{-1}}(x_2, x_1) = \mu_\phi(x_1, x_2)$ та областю визначення $X_2 \times X_1$.

Нехай ϕ_1 та ϕ_2 - дві нечіткі відповідності з функціями належності $\mu_{\phi_1}(x, y): X \times Y \rightarrow [0, 1]$ та $\mu_{\phi_2}(y, z): Y \times Z \rightarrow [0, 1]$ відповідно. Тоді (T, \ast) -композицією ϕ_1 і ϕ_2 зветься нечітка відповідність $\phi_3 = \phi_1 \ast \phi_2$ з функцією належності

$$\mu_{\phi_3}(x, z) = \underset{j=1}{T} (\mu_{\phi_1}(x, y_j) \ast \mu_{\phi_2}(y_j, z)), \quad (4)$$

де $X = \{x_j\}_n$, $Y = \{y_j\}_n$, $Z = \{z_k\}_k$ - скінченні множини;

T - t -норма ($T=t$) або s -норма ($T=s$), причому

$$\underset{j=1}{T} (\mu_j) = T(T(\dots T(\mu_1, \mu_2), \mu_3, \dots, \mu_{m-1}), \mu_m) \text{ для будь-якого}$$

$$\mu_j = \mu_{\phi_1}(x, y_j) \ast \mu_{\phi_2}(y_j, z) \in [0, 1].$$

Якщо у (4) $T=t$, то маємо визначення t -композиції $(\phi_3 = \phi_1 \ast_t \phi_2)$, а якщо $T=s$, то s -композиції $(\phi_3 = \phi_1 \ast_s \phi_2)$.

У моделі прийняття рішень (I) відношення R є ключовою формальною конструкцією для представлення знань. Нечітким відношенням (НВ) R на множині X називається НМ з носієм $X \times X$: $\mu_R(x, y): X \times X \rightarrow [0, 1]$, $x, y \in X$. Його можна інтерпретувати як нечітке логічне висловлювання: " $x R y$ " - альтернатива $x \in X$ знаходиться у відношенні R з альтернативою $y \in X$, значення істинності якого дорівнює $\mu_R(x, y)$.

Прообразом відношення $R: X_1 \times X_1 \rightarrow [0, 1]$ відносно відповідності $\phi: X_1 \times X_2 \rightarrow [0, 1]$ називається відношення $\hat{R}: X_2 \times X_2 \rightarrow [0, 1]$ вигляду $\hat{R} = \phi^{-1} \cdot R \cdot \phi$.

НВ $R: X \times X \rightarrow [0, 1]$ називається сильно повним, якщо $s(\mu_R(x, y), \mu_R(y, x)) = 1$ для $\forall (x \neq y) \in X$, та слабо повним, якщо $s(\mu_R(x, y), \mu_R(y, x)) > 0$ для $\forall (x \neq y) \in X$.

Тоді ступенем (критерієм) повноти називається величина

$$\rho^{full}(R) = \&_{x \neq y} s(\mu_R(x, y), \mu_R(y, x)) + 1. \quad (5)$$

НВ $R: X \times X \rightarrow [0,1]$ називається транзитивним, якщо $R \circ_S R \leq R \leq R \circ_L R$. Транзитивне НВ R є позитивно ($R \circ_S R \leq R$) та негативно ($R \leq R \circ_L R$) транзитивним НВ.

Тоді ступенем (критерієм) транзитивності (несуперечності) називається величина

$$\beta^{TR}(R) = \bigwedge_{x \neq z} (\mu_{R \circ_S R}(x, z) \leftrightarrow \mu_R(x, z)) \geq \frac{1}{2}. \quad (6)$$

Таким чином, сім'єю НВ прийняття рішень моделі (I) називається сукупність класів НВ строгої переваги $\Phi = (P)$ (модель вибору), схожості $\Xi = (I)$ (модель класифікації) та нестрогої переваги $\mathcal{R} = \Phi \cup \Xi$ (модель прийняття рішень у цілому) з різними виглядами властивостей повноти (5) та транзитивності (6).

Нехай на скінченній множині альтернатив $X = \{x_j\}_m$ задано множину критеріїв, що адекватно описують мету ОПР, у вигляді вимірювань $f_i: X \rightarrow \langle R^1, \Phi_i \rangle$, де $R^1 = [+\infty, -\infty]$ - числова вісь; $\Phi_i: R^1 \rightarrow R^1$, $i = \overline{1, n}$ - група припустимих перетворень шкали i -го вимірювання; $r_{ij} = f_i(x_j) \in R^1$.

Для k вимірювань $r_{ik} = (r_{ij})_{n, m}$, $i = \overline{1, k}$, оператор g , поданий у вигляді відображення $g(r_1, r_2, \dots, r_k): R^k \rightarrow R^1$, називається адекватним, якщо

$$g(r_1, r_2, \dots, r_k) = g(\varphi_{i_1}(r_1), \varphi_{i_2}(r_2), \dots, \varphi_{i_k}(r_k)), \quad \forall \varphi_{i_A} \in \Phi_{i_A}, \quad i_A = \overline{1, k}. \quad (7)$$

Оскільки в моделі прийняття рішень (I) результат пов'язаний з відновленням відношення нестрогої переваги $R = " \geq "$, то вимогу адекватності операторів обробки g (7) можна значно пом'якшити умовою збереження даного відношення.

Оператор $g(r_1, r_2, \dots, r_k): R^k \rightarrow R^1$ називається адекватним відносно порівняння альтернатив, якщо з нерівності

$$g(r_1, r_2, \dots, r_k) > g(r'_1, r'_2, \dots, r'_k)$$

$$g(\varphi_{i_1}(r_1), \varphi_{i_2}(r_2), \dots, \varphi_{i_k}(r_k)) > g(\varphi_{i_1}(r'_1), \varphi_{i_2}(r'_2), \dots, \varphi_{i_k}(r'_k)), \quad \text{а з}$$

$$\text{рівності } g(r_1, r_2, \dots, r_k) = g(r'_1, r'_2, \dots, r'_k) \text{ випливає рівність}$$

$$g(\varphi_{i_1}(r_1), \varphi_{i_2}(r_2), \dots, \varphi_{i_k}(r_k)) = g(\varphi_{i_1}(r'_1), \varphi_{i_2}(r'_2), \dots, \varphi_{i_k}(r'_k)) \text{ для}$$

$$\forall r_A, r'_A \in R^1, \quad i_A = \overline{1, k} \quad \text{і} \quad \forall \varphi_{i_A} \in \Phi_{i_A}, \quad i_A = \overline{1, k}.$$

Моделі та алгоритми інтелектуальної підтримки
прийняття економічних рішень

У **т р е т і й** главі проводиться аналітичний огляд моделей інтелектуальної підтримки прийняття рішень з позиції їх застосування в економіці; розроблена концептуальна модель інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, яка містить у собі моделювання функцій: цілепокладання, генерації та структуризації альтернатив, адекватного відображення (реєстрації) альтернатив у просторі атрибутів цілі (критеріїв), вибору механізму прийняття рішень по критеріях повноти, несуперечності та адекватності доступних ОПР знань про проблемну ситуацію; розглянуті проблеми комп'ютерної реалізації функцій, що моделюються, для чого розроблені відповідні алгоритми та сценарії, ефективність котрих підтверджена доказом системи теорем та результатами машинного експерименту.

Концептуальна модель інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень є методологічним ядром СИПТЕР. Вона включає моделі бази знань, вибору адекватних операцій їх обробки та прийняття рішень.

Основним призначенням моделі бази знань є довізначення проблеми прийняття рішень до нормативної постановки дачі у вигляді проблемної ситуації $SP = \langle X, A, B, F \rangle (I)$. Результатом довізначення є: множина критеріїв $\{f_i\}_n$, що адекватно описують цілі ЕС; множина альтернатив $\{x_j\}_m$, що описує комплекс допустимих рішень; відображення $\{x_j\}_m$ в просторі критеріїв $\{f_i\}_n$: $\|f_i(x_j)\|_{n,m}$. Для моделювання списків критеріїв $\{f_i\}_n$ та альтернатив $\{x_j\}_m$, які визначаються у процесі атрибутивної та функціональної декомпозиції цілі ЕС, пропонується використовувати формальну конструкцію ТА/МІЖ/АБО-ієрархії.

ТА/МІЖ/АБО-ієрархією називається граф $\Theta = (G, R)$, де $G = (G^0, G^1, \dots, G^{l-1})$ - множина рівнів ієрархії; $G^1 = (g_1^1, g_2^1, \dots, g_{n_1}^1)$ - множина елементів 1-го рівня ієрархії, $l = \overline{0, L-1}$, $G^0 = (g_0^0)$; $R = (r_{ij}^1)$ - множина ребер r_{ij}^1 , що описують зв'язок між i -м елементом i -го рівня (g_i^1) та j -м елементом $(i+1)$ -го рівня (g_j^{i+1}), $i = \overline{0, L-1}$, $i = \overline{1, n_i}$, $j = \overline{1, n_{i+1}}$. Кожному елементу графа (крім елементів нижнього $(L-1)$ -го рівня) відповідає конкретна операція агрегування (логічне ТА, МІЖ, АБО). Відповідні елементи зветься ТА-, МІЖ-, АБО-елементами (вершинами).

Якщо у графі $\Theta=(G,R)$ R подати у вигляді нечіткого відношення (НВ) нестрогої переваги, то відповідне НВ схожості $I=R^{-1} \circ R$ дозволяє поставити у відповідність кожному ребру r_{ij}^1 ступінь належності (впливу, близькості, еквівалентності) елемента g_j^{1+1} до елемента g_i^1 : $\mu_1(r_{ij}^1) = \mu_1(g_j^{1+1}, g_i^1)$, а відповідне НВ строгої переваги $P=\bar{R}^{-1}$ - кожному елементу g_i^1 ступінь його значущості $\mu_{P_{NB}}(g_i^1) = \lambda(g_i^1)$.

Щодо інших елементів 1-го рівня. Таким чином, НВ схожості I для кожного елемента g_i^1 у залежності від відповідної йому операції агрегування набуває вигляду: будь-який елемент g_j^{1+1} дорівнює елементові g_i^1 зі ступенем $\mu_1(r_{ij}^1)$ для операції логічне АБО; елементи g_j^{1+1} відповідають елементові g_i^1 як еталону зі ступенем $\mu_1(r_{ij}^1)$ для операції логічне МІЖ; елементи g_j^{1+1} утворюють клас (еквівалентності або толерантності) з ім'ям елемента g_i^1 зі ступенем $\mu_1(r_{ij}^1)$ для операції логічне ТА. НВ строгої переваги P дозволяє впорядкувати елементи одного рівня ієрархії за значущістю $g_1^1 > g_2^1 > \dots > g_{n_1}^1$.

Для ТА/МІЖ/АБО-ієрархії існує природна операція композиції елементів вищих рівнів за відомими вимірюваннями елементів рівнів, що стоять нижче:

$$g_i^1 = \begin{cases} s_{j=1}^{n_{l+1}} t(g_j^{1+1}, \mu_1(r_{ij}^1)), & \text{якщо } g_i^1 - \text{АБО-елемент}; \\ \text{MID}_{j=1, n_{l+1}} t(g_j^{1+1}, \mu_1(r_{ij}^1)), & \text{якщо } g_i^1 - \text{МІЖ-елемент}; \\ t_{j=1}^{n_{l+1}} t(g_j^{1+1}, \mu_1(r_{ij}^1)), & \text{якщо } g_i^1 - \text{ТА-елемент}. \end{cases} \quad (8)$$

Рекурентне застосування формули (8) дозволяє одержати оцінку кореневого елемента g_1^0 ієрархії за відомою декомпозицією $\mu_1(r_{ij}^1)$ та значенням цільових елементів g_i^{l-1} , $l=1, n_{l-1}$. Вибір конкретних операторів MID, s- і t-норм визначається типами шкал вимірювань цільових елементів.

Для нормативної моделі прийняття рішень (І) послідовність апроксимації відношення $R=P \circ I$ включає два етапи. На першому етапі здійснюється розбиття множини альтернатив X на класи X_1, X_2, \dots, X_n ,

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

тобто апроксимація відношення схожості I , на другому - впорядкування множини класів, тобто апроксимація відношення строгої переваги P . Виділяються два рівні моделювання: якісний та прийняття рішень. Якісний рівень забезпечує діалог у термінах, змістовних з точки зору ОПР. На рівні прийняття рішень може здійснюватися як класифікація альтернатив (модель класифікації), так і їх упорядкування з подальшим вибором найкращої (модель вибору).

На якісному рівні встановлюється відповідність між описом довільної альтернативи $x \in X$ в системі оціночних критеріїв $f_i = v_i, i = \overline{1, n}$, або класифікаційних ознак $p_i = v_i, i = \overline{1, n}$, показників (V_1, V_2, \dots, V_n) та в системі лінгвістичних показників (критеріїв) (U_1, U_2, \dots, U_m) , $m < n$.

Відображення множини альтернатив X у просторі показників $V = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$ можна представити у вигляді нечіткої відповідності ϕ_1 з функцією належності:

$$\mu_{\phi_1}(x, v): X \times V \rightarrow [0, 1]. \quad (9)$$

Тут $\mu_{\phi_1}(x, v)$ інтерпретується як ступінь наявності в альтернативі $x \in X$ властивості, що описана показником $f_i: X \times V_i, i = \overline{1, n}$, та визначається операцією нормування: $\mu_{\phi_1}(x, v) = \hat{f}_i, \hat{f}_i \in [0, 1], v_i \in V_i, i = \overline{1, n}$

Ціль ЕС може бути структурованою у вигляді НВ нестрогої переваги $R_1 \in V \times V$ у просторі показників $V = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$. Здійснимо декомпозицію $R_1 = I_1 \cup P_1$, I_1 - НВ схожості за змістом (властивістю) між показниками; P_1 - НВ строгої переваги за значущістю між показниками. НВ I_1 відповідає нечіткому розбиттю множини показників $(V_i)_n$ на класи, кожний з котрих описується агрегованим показником $U_j, j = \overline{1, m}$. Система агрегованих показників визначається моделлю генератора ієрархії цілей (8) та відповідає системі ціння, за допомогою яких ОПР оцінює різні якісні сторони цілі. НВ I_1 дозволяє отримати нечітку відповідність ϕ_2 з функцією належності:

$$\mu_{\phi_2}(v, u): V \times U \rightarrow [0, 1]. \quad (10)$$

Тут $\mu_{\phi_2}(v, u)$ інтерпретується як ступінь впливу показника $v \in (V_i)_n$ на значення агрегованого показника $u \in (U_j)_m$. Структура системи агрегованих показників $U = (U_1, U_2, \dots, U_m)$ формально може бути задана у вигляді прообразу відношення \hat{P}_1 відносно відповідності ϕ_2 :

$$P_1 = \phi_2^{-1} \circ \hat{P}_1 \circ \phi_2. \quad (11)$$

Абсолютний вираз значущості кожного з агрегованих показників $U_j, j=\overline{1, m}$ описується відношенням недовіданості R_1^{NB} з функцією належності $\mu_{R_1^{NB}}(u): U \rightarrow [0, 1]$. Тут $\mu_{R_1^{NB}}(u)$ інтерпретується як значущість $\lambda(u)$ кожного агрегованого показника $u \in (U_j)_m$.

Відображення множини альтернатив X у просторі агрегованих показників U_1, U_2, \dots, U_m являє собою нечітку відповідність Φ_3 , виражену у вигляді такої композиції:

$$\Phi_3 = \Phi_1 \circ \Phi_2 \quad (12)$$

Функція належності $\mu_{\Phi_3}(v, u)$ нечіткої відповідності Φ_3 інтерпретується як ступінь наявності в альтернативі $x \in X$ якісного аспекту цілі $u \in (U_j)_m$.

Для реалізації на якісному рівні змістовного з точки зору ОПР діалога до визначимо агрегований показник $U_j, j=\overline{1, m}$ до лінгвістичної змінної (ЛЗ) :

$$U_j = \langle N_j, T(U_j), V, M_j \rangle, \quad (13)$$

де N_j - ім'я ЛЗ;

$T(U_j) = \{t_1^j\}_L$ - терм-множина ЛЗ;

M_j - семантичне правило, яке формалізує зміст термів у вигляді нечітких множин $M(U_j)$ з функціями належності $\mu(M(t_1^j)|V), \forall t_1^j \in U_j$.

Автором дисертації показано, що функція належності первинного за змістом терму $t_1^j \in T(U_j)$ збігається з функцією належності нечіткого відображення Φ_3 , тобто $\mu_{\Phi_3}(x, U_j) = \mu(M(t_1^j)|V)$.

Для визначення терм-множин $(T(U_j))_m$ та семантичних правил $(M_j)_m$ задамо структуру простору значень функції належності $\mu_{\Phi_3}(x, U_j) = \mu(M(t_1^j)|V)$ у вигляді НВ нестрогої переваги $R_2^J = \mu_{\Phi_3}(\cdot) \times \mu_{\Phi_3}(\cdot)$. Відносно до $R_2^J = I_2^J \cup \hat{P}_2^J$ зробимо декомпозицію НВ R_2^J на I_2^J - НВ схожості за змістом значень $\mu_{\Phi_3}(x, u)$ та \hat{P}_2^J - НВ строгої переваги за рівнем наявності якісного аспекту $U_j, j=\overline{1, m}$. Відношення I_2^J відповідає нечіткє розбиття області припустимих значень $\mu_{\Phi_3}(x, u)$ на класи, кожний з яких

описується визначенням термом $t_{\alpha}^j \in T(U_j)$, $\alpha = \overline{1, r}$.

Семантичні правила $(M_j)_m$ задаються нечіткою відповідністю ϕ_4^j з функцією належності: $\mu(M(t_{\alpha}^j)|V): \phi_3 \times T(U_j) \rightarrow [0, 1]$, $j = \overline{1, m}$. Тут $\mu(M(t_{\alpha}^j)|V)$ інтерпретується як ступінь належності альтернативи $x \in X$ до нечітких множин $M(t_{\alpha}^j)$, $j = \overline{1, m}$, $\alpha = \overline{1, r}$. Кожному агрегованому показникові U_j ставиться у відповідність лінгвістична шкала порядку $t_r^j < t_{r-1}^j < \dots < t_1^j$ на $T(U_j)$, що задається у вигляді прообразу відношення \hat{P}_2^j відносно відповідності ϕ_4^j :

$$P_2^j = (\phi_4^j)^{-1} \cdot \hat{P}_2^j \cdot \phi_4^j, \quad j = \overline{1, m}. \quad (14)$$

Перехід від нечіткого опису (у вигляді функції належності μ) альтернативи $x \in X$ до лінгвістичного (у вигляді термів ЛЗ) називається вербалізацією. Вербалізація дає змогу отримати словесну оцінку альтернативи $x \in X$ у формі речень мови ділової (економічної) прози та формально має бути представлена для лінгвістичних критеріїв U у вигляді

$$U_j = (t_{\alpha}^j | t_{\alpha}^j \in T(U_j), \mu(M(t_{\alpha}^j)|V) = \max_{\alpha} \mu), \quad j = \overline{1, m}. \quad (15)$$

Перехід від лінгвістичного опису альтернативи до нечіткого називається девербалізацією. Вона дає змогу отримати чисельні оцінки альтернативи x у вигляді екстремальних (16) або інтервальних (17) значень функції належності:

$$\mu_{\phi_3}(x, u) = (\mu(M(t_1^j)|V) | u = t_{\alpha}^j, \mu(M(t_{\alpha}^j)|V) = 1), \quad (16)$$

$$\mu_{\phi_3}(x, u) \in [\mu^-(M(t_1^j)|V), \mu^+(M(t_1^j)|V) | u = t_{\alpha}^j]. \quad (17)$$

У моделі прийняття рішень процедури (15)–(17) використовуються для перетворення інформації, що надходить від ОПР, із форми, зручної для її сприйняття (лінгвістичний опис), у форму, зручну для обробки в комп'ютерній системі (чисельний опис), та навпаки.

На рівні прийняття рішення встановлюється відповідність між описом довільної альтернативи x у системі агрегованих показників $U = (U_1, U_2, \dots, U_m)$ та значеннями глобального критерію $Y = g_1^0$, який подається у вигляді ЛЗ: $Y = \langle N_y, T(Y), V, M_y \rangle$; де N_y – ім'я ЛЗ; $T(Y) = (y_1^j)_L$ – терм-множина ЛЗ; (y_1^j) – множина первинних за змістом термів; V – універсальна множина; M_y – семантичне правило, яке формалізує зміст термів із $T(Y)$ у вигляді нечітких множин $M(Y)$ з функціями належності

$\mu(M(y)|V), \forall y \in T(Y)$.

Між класами X_1, X_2, \dots, X_N розбиття X та множиною первинних термів $Y^1 = \{y_1^1, y_1^2, \dots, y_1^N\} \subseteq T(Y)$ існує взаємно однозначна відповідність.

Розбиття множини альтернатив X на класи X_1, X_2, \dots, X_N описується нечітким відображенням ϕ_3 :

$$\phi_3 = \phi_3 \circ P_1^{Nd}. \quad (18)$$

Тут $\mu_{\phi_3}(x, y)$ інтерпретується як ступінь належності альтернативи $x \in \bar{X}$ до нечіткої множини $M(y)$, $y \in Y^1$. Кількісно вона оцінює належність альтернативи до відповідного класу розбиття X_1, X_2, \dots, X_N .

Множина первинних термів Y^1 має структуру, яку можна визначити у вигляді відношення квазіпорядку $R_3 \subseteq Y^1 \times Y^1$. Наприклад, якщо в ролі Y^1 використовується множина абсолютних оцінок якості альтернатив ЛЗ $Z_{1,2}$ = ОЦІНКА: y_1^1 = "відмінно", y_1^2 = "добре", y_1^3 = "задовільно", y_1^4 = "погано", то ми маємо такий звичайний порядок: $y_1^4 < y_1^3 < y_1^2 < y_1^1$ [8]. Тому відношення R моделі (I) можна відновити у вигляді прообразу заданого відношення R_3 відносно відповідності ϕ_3 :

$$R = \phi_3^{-1} \circ R_3 \circ \phi_3. \quad (19)$$

Таким чином, нормативне моделювання прийняття рішень (I) є послідовністю операцій композиції (II), (I2), (I4), (I8) та (I9).

Модель вибору конкретних операцій композиції рішень забезпечує основну інтелектуальну функцію СИПТЕР. Критеріями вибору виду композиції (4) для процедури прийняття рішень є:

- адекватність операцій s-, t- та *-норм шкалам, у котрих вимірено атрибути цілі (7), (8);

- несуперечність знань про ціль ЕС. Тут адекватними вважаються ті види операцій композиції (4), для яких у максимальній мірі виконується умова транзитивності (6) НВ R (I);

- повнота знань про проблемну ситуацію. Тут адекватними вважаються види s-норм, для яких у максимальній мірі виконується умова повноти (5) НВ R (I). З повнотою безпосередньо пов'язаний показник точності прийняття рішень $|C_R^{\pi}(x)| \rightarrow 1$.

Конкретна реалізація моделі залежить від якісно-кількісних характеристик поданих знань про ціль ЕС, носієм яких є ОПР. У дисертації виділено дві можливості визначення, структуризації та діалогового коригування формального опису цілі ЕС з боку ОПР : вер-

бальний опис репрезентативних класів альтернатив у просторі критеріїв; опис загальної структури системи критеріїв у вигляді відносних коефіцієнтів їх значущості. Перший випадок, як правило, є більш зручним для користувача, проте вимагає більш складної інтелектуальної підтримки процесу прийняття рішень.

Науково-методичні рекомендації для використання методології інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень

У ч е т в е р т і й г л а в і зроблено аналіз структури системи економічних рішень, яку можна розглядати як процедурну оболонку бази знань СИПЕР. Науково-методичні рекомендації для використання СИПЕР подані у вигляді технології інтелектуальної підтримки процесу прийняття економічних рішень і розглянуті на прикладах мікроекономічного аналізу рішень різних ступенів ієрархії. Накреслені головні напрями подальших досліджень.

Економічні відносини між суб'єктами господарювання виникають у процесі виробництва, розподілу, перерозподілу, обміну та споживання товарів і послуг.

Взаємозв'язок моделей прийняття рішень для економічних відносин подано на рис.3.

Суб'єктом виробництва на мікрорівні є підприємство. Тут можна виділити такі моделі прийняття рішень (I).

Модель пропозиції (МП). Тут у ролі множини альтернатив X виступає сукупність можливих видів товарів і послуг, яка оцінюється відомими техніко-економічними показниками ефективності виробництва. Для вибору найкращого набору товарів і послуг необхідно відновити відношення строгої переваги $R=P$ на множині наборів $2^{|X|}$.

Модель забезпечення ресурсами (МЗР). Тут у ролі множини альтернатив X виступає сукупність необхідних для виробництва матеріально-енергетичних та інформаційно-інтелектуальних ресурсів. Критеріями вибору є оціночні показники виробничих ресурсів. Стратегія вибору найкращого набору ресурсів визначається відношенням строгої переваги $R=P$ на множині наборів $2^{|X|}$.

Модель забезпечення фінансовими ресурсами (МЗФ). Тут у ролі множини альтернатив X виступають стратегії одержання позикових коштів для фінансового забезпечення виробництва. Критеріями вибору є ціна та термін подання фінансових ресурсів. Для вибору найкращої стратегії фінансового забезпечення використовується часова згортка критеріїв (3), яка дозволяє відновити відношення R на множині X .

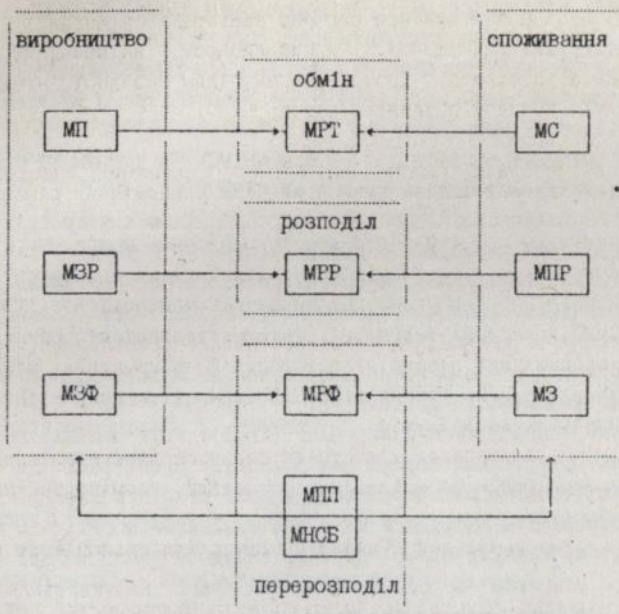


Рис.3. Взаємоз'язок моделей прийняття рішень для опису економічних відносин

Суб'єктом споживання на мікрорівні є домогосподарство. Тут можна виділити наступні моделі прийняття рішень (І).

Модель споживання (МС). Тут у ролі множини альтернатив X виступає сукупність можливих видів товарів і послуг, яка оцінюється відомими у кваліметрії споживчими властивостями (якостями). Перевага споживача формально описується відношенням R на множині наборів споживчих благ Z^{IX} з урахуванням бюджетного обмеження.

Модель переваги ресурсів (МПР). Тут у ролі множини альтернатив X виступають можливі ресурси, що віддаються домогосподарством для виробничого використання. Критерії їх оцінки визначаються типом ресурсів (праця, земля, засоби виробництва). Для визначення найкращих стратегій вибору за допомогою відновлення відношення R на множині X використовуються інтегральні економічні показники зарплати, ренти, відсотка та прибутку.

Модель збереження (МЗ). Цю модель можна подати як модель класифікації, що дозволяє визначити клас споживання (X_1) та клас накопичення (X_2) суб'єкта споживання. Розглядаючи заощадження як фінансові резерви домогосподарства, їх можна, у свою чергу, ранжувати відповідно до часової згортки (З).

Суб'єктом перерозподілу на мікрорівні є державний орган. Тут можна виділити такі моделі прийняття рішень (І).

Модель податкової політики (МПП). Множина альтернатив X формується у вигляді сукупності податкових стратегій держави та оцінюється показниками, які характеризують суб'єктів оподаткування (виробника, споживача, посередника, власника), оцінку частки споживання суспільних благ та вид податку (прогресивний, регресивний, рівномірний). Стратегії оподаткування ранжуються за якістю відповідно до обсягу надходжень коштів до бюджету.

Модель надання суспільних благ (МНСБ). Тут множина альтернатив X визначається різними варіантами розподілу суспільних благ між підприємствами та домогосподарствами. Модель реалізує класифікацію альтернатив (розбиття множини X на класи еквівалентності) за часткою у споживанні суспільних благ. Окремим випадком даної моделі є модель субсидій, у котрій в ролі суспільного блага виступають кошти, що субсидуються суб'єктам господарювання.

Розглянуті моделі прийняття рішень для фаз виробництва, споживання та перерозподілу є багатокритеріальними та детермінованими з точки зору проблемної ситуації. Вони визначають мікроекономічний оптимум виробництва, споживання та перерозподілу для відповідних суб'єктів (підприємств, домогосподарств, державних органів) у вигляді класу найкращих стратегій, кінцевий вибір яких реалізується на відповідних ринках ресурсів, товарів і фінансів.

Моделі ринку ресурсів (МРР), товарів і послуг (МРТ), фінансів (МРФ) природно представляються механізмом вибору в умовах конфлікту між суб'єктами господарювання. Тут множина альтернатив X формується з множин припустимих стратегій продавця та покупця. Вибір рівноважного кортежу стратегій здійснюється за критеріями Неша та (або) Парето. Комбінація цих критеріїв визначається типом ринку (досконала конкуренція, монополістична конкуренція, олігополія, монополія) та організацією продажу (прості, термінові, опціонні контракти, різні типи аукціонів). На вибір оптимальної альтернативи суттєвий вплив чинить рівень асиметричності розподілу знань про ринок між суб'єктами господарювання.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Процес прийняття рішень є фундаментальною рисою Судь-якої діяльності людини. Специфічні проблеми прийняття рішень виникають у контексті функціонування економічних систем, для яких характерні природна обмеженість матеріально-енергетичних та інформаційно-інтелектуальних ресурсів, асиметричність розподілу економічної інформації між суб'єктами господарювання, різноманітність їх цілей та інтересів. Стійке (рівноважне) та ефективне функціонування ринкової економіки насамперед залежить від раціональної поведінки її учасників (споживачів, посередників, виробників, урядовців), котру можна представити як визначену послідовність адміністративно-господарчих рішень.

Творча, неформальна складова завжди займала центральне місце у процесі прийняття рішень і, особливо, в економічних застосуваннях, для яких особиста (суб'єктивна) та природна невизначеності проблемних ситуацій виступають факторами раціонального господарювання. Проте донедавна інтелектуальні аспекти прийняття рішень знаходились за межами формального аналізу, що накладало істотні обмеження на ефективність використання комп'ютерних систем в економіці.

Сучасні результати в галузі теорії штучного інтелекту, інженерії знань, теорії нечітких множин та економіки дозволяють поставити і математично вирішити проблему комп'ютерного забезпечення інтелектуальної підтримки економічних рішень.

2. Виходячи з запропонованого аналізу актуальним є опрацювання методів інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень на базі математичного апарату теорії нечітких множин. Практично це дозволить підвищити достовірність, обґрунтованість та можливість реалізації рішень за рахунок використання формальних методів обробки знань про ціль функціонування економічної системи.

3. У зв'язку з вищевикладеним сформульований новий науковий напрямок: розробка методів інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень з урахуванням рівня адекватності, несуперечності та повноти доступних знань про проблемну ситуацію.

4. Узагальнена та формалізована постановка проблеми прийняття рішень як комплексу задач вибору та класифікації. Показана доцільність такої узагальненої постановки в економічних застосуваннях.

5. Для постановки задач цього наукового напрямку систематизова-

ні проблеми прийняття економічних рішень та виконаний аналіз механізмів вибору та класифікації. Системний аналіз показав, що дані механізми, незважаючи на можливість їх використання у діалогових системах підтримки прийняття рішень, є недосконалими через відсутність критеріїв і процедур адекватного їх застосування в конкретних економічних ситуаціях.

6. Діалогові механізми підтримки прийняття рішень доцільно вдосконалювати в таких напрямках:

- адаптація та використання методів теорії штучного інтелекту для представлення знань про проблемну економічну ситуацію;
- представлення механізмів прийняття рішень у вигляді гнучкої послідовності процедур композиції (суперпозиції) нечіткологічних аналогів теоретико-множинних операцій об'єднання (\cup) та перетину (\cap);
- розробка формальних критеріїв і методів адаптації механізмів прийняття рішень до рівня несуперечності та повноти доступних знань про проблемну ситуацію.

7. Закони господарювання слід опрацювати таким чином, щоб існували ситуації, для яких суспільні інтереси (оптимальність за Парето) узгоджувались із приватними (оптимальність за Нешем), тобто прямувати до випадку, коли перетин множин ситуацій, ефективних за Парето та Нешем, буде непустим. Дана умова є соціально-економічним обмеженням на множину припустимих економічних рішень.

8. Аналіз невизначеності економічних рішень та відповідних нечітких мір їх формального опису дозволив обґрунтувати використання математичного апарату теорії нечітких множин для аналізу невизначеності знань про проблемну економічну ситуацію.

9. Формально узагальнено уявлення про композицію (суперпозицію) рішень за допомогою визначення взаємозв'язку між оператором агрегування знань про проблемну ситуацію та нечіткими операторами кон'юнкції (t -норми), диз'юнкції (s -норми) та осереднення (середні та симетричні суми).

10. На основі аналізу елементарного акту прийняття економічних рішень виділено сім'ю нечітких відношень прийняття рішень, яка включає нестрогу та строгу перевагу, схожість та відмінність, а також невизначеність альтернатив.

11. Сформульовані критерії повноти та несуперечності знань ОПР про проблемну економічну ситуацію у вигляді ступеня повноти та транзитивності відповідних нечітких відношень прийняття рішень як функцій їх композиції.

12. Запропонована раціональна технологія прийняття рішень на основі відновлення (апроксимації) нечітких відношень нестрогої та строгої переваги, схожості та відмінності з необхідним рівнем їх повноти та транзитивності.

13. Сформульовано критерій адекватності механізму прийняття рішень типам шкал рестрації знань про проблемну економічну ситуацію. Установлено рівні адекватності існуючих механізмів вибору та класифікації. Доведені твердження, що дозволяють оптимізувати адекватність механізму прийняття рішень.

14. Встановлено формальну відповідність між рівнями адекватності, несуперечності та повноти доступних знань і математичними операціями їх обробки для прийняття рішень, що дозволяє, з одного боку, повністю й ефективно використовувати доступну інформацію, а з іншого - виключити появу в рішеннях, які виробляються, фіктивної (нав'язаної формальним апаратом обробки) інформації. Таким чином, розроблено оригінальний математичний апарат підтримки повноти, несуперечності та адекватності економічних рішень, що є основою СПШЕР.

15. Аналітичний огляд сучасних моделей прийняття рішень дозволяє виділити такі їх обмеження:

- штучний розподіл на моделі вибору та класифікації, що не відповідає методологічній єдності моделі прийняття рішень;

- відсутність механізму підтримки відповідності між рівнями повноти, несуперечності та адекватності знань про проблемну ситуацію й агрегованими операторами їх обробки;

- нормативний характер існуючих моделей, який не підтримує всі етапи процесу прийняття економічних рішень.

16. Розроблена модель абстрагування та відновлення суб'єктивної позиції ОПР, яка підвищує можливість реалізації рішень. Для цього формально визначені та описані суб'єктивні позиції ОПР за шкалами "песиміст-нейтрал-оптиміст" та "екстреміст-нейтрал-центрист"

Формально доведено, що опонент більш докладно оцінює альтернативи, котрі відповідають протилежній позиції, зокрема песиміст - кращі альтернативи, оптиміст - гірші, екстреміст - середньої якості, центрист - крайні. Практично це обґрунтовує об'єктивну вимогу до формування експертного колективу осіб з різними суб'єктивними позиціями.

17. Розроблена концептуальна модель інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, у рамках якої:

- для моделей генерації альтернатив і цілей запропонована фор-

мальна конструкція ТА/МЛЖ/АБО-ієрархії;

- побудовані нормативні моделі прийняття рішень з механізмами відбору агрегованих операторів обробки за критеріями адекватності, повноти та несуперечності /зокрема, точності та стійкості/ знань про проблемну ситуацію;

- для формалізації змісту та суб"єктивізму лінгвістичних оцінок техніко-економічних показників запропонована модель апроксимації багатовимірних функцій належності.

18. Наведено алгоритмічний опис обчислювальних процедур для концептуальної моделі інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень. З ключовими компонентами моделі проведені машинні експерименти, які практично підтвердили теоретичні положення та висновки.

19. Сформульовані науково-методичні рекомендації для практичного використання концепції інтелектуальної підтримки рішень у економічних застосуваннях, для чого:

- визначена логічна оболонка бази знань СІПЕР у вигляді складу та структури системи економічних рішень;

- запропонована технологія інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень як організаційна основа функціонування ОПР у середовищі СІПЕР.

20. Моделі, алгоритми та процедури СІПЕР використовуються на підприємствах різних форм власності. Економічний ефект від впровадження - позитивний та одержаний за рахунок: підвищення якості та можливості реалізації остаточних рішень, ефективності використання комп'ютерних систем; зміцнення творчого потенціалу менеджера.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Лисовенко Н.Н., Сысуев Е.В., Ковальчук К.Ф. Диалоговые модели в оперативном управлении производством. - Днепропетровск: ДМетИ, 1980. - III с.
2. Лисовенко Н.Н., Ковальчук К.Ф. Диалоговая система управления кооперированными поставками// Интерактивные системы. - Тбилиси: Мецниереба, -т. 2. 1980. - С.70-71.
3. Ковальчук К.Ф., Лисовенко Н.Н. Оперативное планирование прокатного производства в интерактивном режиме// Интерактивные системы. - Тбилиси: Мецниереба, 1981. -т.3. - С.19-22.

4. Лисовенко Н.Н., Ковальчук К.Ф. Процесс опенивания плановых решений при их формировании в интерактивном режиме. - Деп. в УкрНИИТИ СИ.04.81, № 2724. - 2, 33 п.л.
5. Лисовенко Н.Н., Ковальчук К.Ф. Лингвистический интерфейс для диалоговых систем планирования. - Деп. в УкрНИИТИ 20.10.81, № 3107. - I, 44 п.л.
6. Ковальчук К.Ф., Лисовенко Н.Н. Оценка плановых решений в диалоговых системах оперативного управления на уровне предприятия и отрасли// Методы решения задач оперативного управления в АСУ отраслевого и межведомственного уровней. - М.: ВНИИТОУ, 1982. - С.62-64.
7. Романий А.Ф., Ковальчук К.Ф., Лисовенко Н.Н. Диалоговая модель специализации обжимно-заготовочного производства// Прикладные аспекты управления сложными системами. - М.: КМС ВСНТО, 1983. - С.96-97.
8. Ковальчук К.Ф., Лисовенко Н.Н. Модель вербальной оценки альтернатив в диалоговой системе планирования// Управление при наличии расплывчатых категорий. Ч.2. - Пермь: НИИУМС, 1982. - С.70-73.
9. Ковальчук К.Ф. Модель выбора рекомендаций в диалоговой системе управления// Управление при наличии расплывчатых категорий. - Пермь: НИИУМС, 1983. - С.84-87.
10. Ковальчук К.Ф. Лингвистическое прогнозирование в диалоговой системе оперативного управления производством// Методы решения задач оперативного управления в АСУ отраслевого и межведомственного уровней. - М.: ВНИИТОУ, 1984. - С.176-180.
11. Кузнецов М.С., Ковальчук К.Ф., Карлов В.И. Технология проектирования программ системы малинной обработки экономической информации. - Днепропетровск: ДМетИ, 1985. - 96с.
12. Ковальчук К.Ф., Лебедева В.К. Психологические аспекты целеполагания в диалоговых системах принятия решений// Психологические проблемы создания и использования ЭВМ. - М.: МГУ, 1985. - С.73-74.
13. Романий А.Ф., Ковальчук К.Ф. Совершенствование специализации обжимно-заготовочного производства// Сталь, -1986. - №3. - С.62-63.
14. Ковальчук К.Ф., Савчук Л.Н., Сычев Ю.М. Классификация и принятие решений при автоматизации оперативного управления производством// Проблемы управления производством. - Донецк: ИЭП АН УССР, 1987. - С.15-24.

15. Ковальчук К.Ф., Лебедева В.К., Сычев Д.М. Модель управления жизненным циклом производственной системы. - Донецк: ИЭП АН УССР, 1988. - 17с.
16. Ковальчук К.Ф. Классификационная модель учета, анализа и контроля функционирования производственной системы// Совершенствование учета, анализа и контроля на предприятиях в условиях полного хозяйственного расчета. Ч.2. - М.: ИИО СССР, 1988. - С.118.
17. Ковальчук К.Ф., Лисовенко Н.Н., Мальцева Т.В., Савчук Л.Н. Диалоговая система оперативного управления сталеплавильным производством// Металлургия и коксохимия. - Киев: Техника, Вып.96. 1988. - С.39-43.
18. Кузнецов М.С., Ковальчук К.Ф., Бинкевич В.В., Болбенко Н.И., Дегтерев Ф.Н. Адаптивная система оперативного планирования прокатного производства// Бюллетень научно-технической информации. Черная металлургия. 1989. - №1 /1077/. - С.73-75.
19. Kovalchuk K.F. Interactive Multicriteria Decision Making Model for Industrial System Management // Fuzzy Systems and Mathematics, - 1990,-Vol.4, №2. - P.79-86.
20. Гринев А.Ф., Кузнецов М.С., Ковальчук К.Ф. Применение системного анализа в металлургическом производстве. Научное издание. - М.: Металлургия, 1992. - 129с.
21. Кузнецов М.С., Ковальчук К.Ф., Зелинский А.Ф., Болбенко Н.И., Андриенко В.И., Автоматизированная система управления трудовыми ресурсами в условиях экономической дестабилизации// Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1993. - №4. - С.84-86.
22. Kovalchuk K.F. Intellectual Decision Support System // Proceedings First Asian Fuzzy Systems Symposium. - Singapore: November 23-26, 1993. - P.510-516.
23. Ковальчук К.Ф. Опидание субъективной позиции менеджера в процессе принятия экономических решений// Экономика, управление и информатика. - Днепрпетровск: ГМетАУ, 1995. - С.80-83.

Особистий внесок автора. Усі результати, що складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. У монографії [20] дисертантом запропоновано системний підхід до прийняття адміністративно-господарських рішень, а також опрацьована модель їх

інтелектуальної підтримки. У брошурах [1,11] і-принтах [14,15], підготовлених у співавторстві, автором визначені такі концептуальні напрямки інтелектуальної підтримки прийняття економічних рішень, як: класифікація проблемних ситуацій щодо їх невизначеності; розробка лінгвістичного інтерфейсу з користувачем /ОП/; автоматизація програмування задач прийняття економічних рішень; опрацювання функцій управління виробничими системами у вигляді моделей прийняття рішень. У статтях, які були опубліковані разом з іншими вченими, дисертанту належить приблизно 70 відсотків тексту.

Handwritten signature

Ковальчук К.Ф.

Методы интеллектуальной поддержки принятия экономических решений.

Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 09.03.02 - Экономико-математические методы и модели. Институт кибернетики им. В.М. Глушкова, Киев, 1996.

Разработана концепция интеллектуальной поддержки принятия экономических решений, обобщена постановка задачи принятия решений, частными случаями которой являются задачи выбора и классификации, сформулированы критерии адекватности, непротиворечивости и полноты знаний о проблемной экономической ситуации, установлено формальное соответствие между ними и математическими операциями композиции экономических решений, предложен подход к формализации субъективной позиции ЛПР в процессе целеполагания, позволяющий повысить реализуемость принимаемых решений.

Разработанные математические методы и модели являются формальной оболочкой системы интеллектуальной поддержки принятия экономических решений (СИПЭР), использование которой повышает эффективность управления производственно-распределительными системами рыночного типа.

Ключові слова: економічна система, інтелектуальна підтримка, прийняття рішень, проблемна ситуація, композиція.

Kovalchuk K.F.

Methods of Intellectual Support for Making Economic Decisions. Thesis for Doctoral Degree in Economics in the speciality: 09.03.02 - Economic and Mathematical Methods and Models, The Institute of Cybernetics named after V.M. Glushkov, Kiev, 1996.

The work is focused on developing the concept of intellectual support for making economic decisions. The formulation of decision-making problem, including the special cases of choice and classification problems, is generalized. The criteria of adequacy, non-contradictoriness and completeness of knowledge about the problem economic situation are formulated. Formal correspondence between them and mathematical operations of economic decision composition is found out. Fuzzy mathematical approach to the formalization of DM's subjectivity during the process of determining the goal is offered, the approach allows to increase the fulfilment level of the final decisions.

The mathematical methods and models, which have been developed are the formal cover of the System of Intellectual Support of Making Economic Decisions (SISMEU); its using increases effectiveness of production and distribution system of management in market economy.

Key words: Economic System, Intellectual Support, Decision-Making, Problem Situation, Composition.

AB 34.109