

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ЦЕНТР ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
ТА ІСТОРІЇ НАУКИ ІМ.Г.М.ДОБРОВА

На правах рукопису  
УДК 001.89

СКОФЕНКО Олексій Володимирович

КОМПЛЕКСНЕ НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ  
ПРОГНОЗУВАННЯ НА БАЗІ СЦЕНАРІЇВ

Спеціальність 08.00.05. — Економіка, планування  
і організація управління народним господарством  
та його галузями

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора економічних наук

Київ 1993

Роботу виконано у Центрі досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва.



00814785 (X)

## Офіційні опоненти:

член-кореспондент АН України,  
доктор економічних наук

Пирожков С.І.

доктор економічних наук

Гінзбург Б. І.

доктор економічних наук

Калитич Г. І.

Провідна організація —

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова АН України.

Захист відбудеться <sup>17</sup> червня 1993 року о <sup>10</sup> годині на засіданні спеціалізованої ради Д 016.10.02 у Центрі досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва за адресою: 252032, Київ-32, бул. Шевченка, 60.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці ЦДПІН АН України.

Автореферат був розісланий <sup>17</sup> травня 1993 р.

Вчений секретар  
Спеціалізованої ради,  
кандидат економічних наук

Каблов В. А.

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Економічний розвиток України на сучасному етапі залежить від успіху реалізації її потенційних можливостей, до яких, у першу чергу, належать висококваліфіковані спеціалісти у різних галузях народного господарства, існуючі високотехнологічні виробництва та досягнення у сфері наукових досліджень.

Саме науково-виробничі комплекси, що спираються на найновітніші результати у фундаментальних та прикладних дослідженнях, досить ефективно пристосовуються до нових економічних реалій. У цілому, тільки науково-технічний потенціал республіки здатний бути базою для подолання перехідного періоду та створення економічно розвинутої європейської держави.

Стратегічне планування та управління розвитком науки і технології спирається в усьому світі на рівні держави, так само, як на рівні корпорацій і компаній, на науково-технічне прогнозування.

Системний розгляд різних підходів та проблем прогнозних досліджень веде до необхідності створення методик комплексного науково-технічного прогнозування, в яких аналіз і прогноз тенденцій кількісних характеристик поєднується з аналізом цілей, подій і шляхів можливого та бажаного розвитку. Одним із підходів до рішення цієї проблеми, що традиційно використовується, є сценарії, які переводять прогнозне дослідження з рівня розгляду даних на рівень роботи із знаннями. Складності формалізації та обробки сценаріїв при цьому визначаються станом справ у галузі роботи із знаннями взагалі. Розвинення методів та моделей роботи із знаннями зробили можливим створення "інтелектуальних" прогнозних систем, здатних урахувати не тільки кількісні характеристики, але й якісні ознаки, що не можуть бути зведені до чисельних. Знання, що використовуються для розробки прогнозів, мають певну специфіку, і потрібні спеціальні засоби, щодо їх представлення і подальшої обробки. Під час роботи з прогнозними знаннями виникають проблеми їх взаємодії, яка повинна базуватися на спеціальних моделях, здатних відобразити хронологічне або причинне слідування подій, рішень, дій так само, як і семантику самої проблемної області прогнозу з її об'єктами, ознаками, цілями, критеріями.

Крім того, багатоаспектність завдань прогнозування вимагає використання великої кількості джерел інформації, до яких разом з фактологічними та статистичними належать також експерти.

Розробка чіткої теоретичної бази оперування зі сценаріями є найбільш актуальною проблемою в галузі теорії та методики науково-технічного прогнозування сучасного етапу, здатною забезпечити суттєвий прогрес у створенні нового типу систем прогнозування та стратегічного планування.

Ціллю дослідження є створення чіткої теоретичної бази щодо використання різних за походженням та природою знань у розробці науково-технічних прогнозів — теорії прогнозних сценаріїв. Хоча дослідження автора були проведені в межах проблематики науково-технічного прогнозування, вказана ціль належить і до створення апарату розробки економічних прогнозів та формування політик у різних галузях, що вимагають стратегічного аналізу.

Головні завдання дослідження, зумовлені поставленою ціллю, можна сформулювати таким чином:

- аналіз існуючого в світі теоретико-методичного забезпечення комплексного науково-технічного і економічного прогнозування і ролі в ньому сценаріїв;

- вибір і обґрунтування релевантної моделі представлення прогнозних знань;

- розробка теоретичної концепції роботи з прогнозними знаннями;

- створення методології розробки комплексного науково-технічного прогнозу на базі сценаріїв;

- створення чіткої формалізованої моделі прогнозного сценарію у вигляді структури, що складається з описів ситуацій;

- розробка теоретичних положень і методів виконання операцій теоретико-множинного типу для описів ситуацій, що прогноуються;

- розробка теоретичних положень і процедур агрегування, порівняння та об'єднання сценаріїв;

- дослідження проблем, зв'язаних з вибором найкращих сценаріїв і створення відповідних підходів до їх вирішення;

- створення моделей і методів обробки експертної інформації, що використовується у сценаріях;

— виконання прогнозу розвитку найважливіших напрямів науки України до 2000 року із застосуванням розроблених методичних підходів.

**Предмет та об'єкти дослідження.** Предметом дослідження є теоретичні та методичні проблеми розробки комплексних науково-технічних прогнозів на базі використання сценаріїв, що є системними знаннями про розвиток ситуацій.

Об'єктами дослідження є розвиток у сфері науки і техніки (технологій); модель цього розвитку у вигляді сценарію; розвиток найважливіших галузей науки в Україні до 2000 року.

Вивченість проблеми і теоретичні основи дослідження. Вивченість питань застосування методу сценаріїв у комплексному науково-технічному прогнозуванні є недостатньою, насамперед, у теоретичному аспекті використання сценаріїв для моделювання майбутнього розвитку.

Загальні теоретичні і методичні проблеми комплексного науково-технічного прогнозування досліджувалися в роботах: В. М. Глушкова, Г. М. Доброва, Б. А. Малицького, Б. І. Гінзбурга, О. О. Корінного, І. К. Цикунова, Н. І. Комкова, В. І. Максименка, Е. Янча, Дж. Мартіно, Д. Брайт.

Окремі аспекти розробки і використання методів сценаріїв досліджувалися Р. Акоффом, Т. Сааті, О. Хелмером, Г. Райфою, М. Годе, Х. Юнгерманном, П. Хамфрисом, В. Цигичком, Ю. Зиковим.

Загальні дослідження проблем представлення знань щодо процесів за допомогою сценаріїв проводилися М. Мінським, Р. Шенком, Р. Абельсоном, Дж. Мандлером.

Разом з тим, єдиної теоретичної бази для побудови прогнозних сценаріїв розвитку складних економічних та науково-технічних об'єктів до цього часу розроблено не було. Рішення цієї проблеми стримувалося відокремленням розвитком досліджень, зв'язаних із сценаріями, з одного боку — у прикладних галузях прогностики і стратегічного планування та управління, і з іншого боку — у дослідженнях у галузі когнітивної психології і обробки знань.

Це дослідження спрямоване до об'єднання цих двох напрямків на чіткій теоретичній базі.

Наукова новизна результатів дослідження. Загальним новим результатом дослідження є створення нової теорії в галузі обробки прогнозової інформації, що використовує як свою основу поняття прогнозного сценарію. У ході розробки положень цієї теорії було вперше:

- сформульована концепція розробки комплексного науково-технічного прогнозу як процесу накопичення та обробки знань, виділено головні завдання та процедури цього процесу, інформаційні зв'язки між ними;

- обґрунтовано використання прогнозного сценарію, що являє собою структуру зв'язаних відношенням наступності описів ситуацій як єдиної форми представлення знань щодо науково-технічного розвитку;

- запропоновано модель представлення за допомогою багаторівневих систем предикатів опису ситуації, у якій перебуває об'єкт, що прогнозується, як структури з явних та неявних фрагментів, що має єдину канонічну форму;

- розроблено метод багатокритеріального вибору рішень щодо ефективного розвитку на базі систем правил-віддання переваги, що враховують будь-які описи альтернативних варіантів;

- запроваджені операції об'єднання, перетину, доповнення, проектування та селекції для описів прогнозних ситуацій;

- розроблені операції та процедури синтезу, агрегування і аналізу прогнозних сценаріїв, що враховують їх структуру та зміст;

- створено методи та моделі обробки експертної прогнозової інформації, що реалізують підхід з позицій теорії нечітких множин;

- розроблена комплексна методика науково-технічного прогнозування, що спирається на послідовне насичення знаннями сценарію розвитку;

- виконано зведення даних прогнозів розвитку найважливіших напрямків науки України до 2000 року.

Головні положення дослідження, що винесено на захист:

- аналіз існуючих методів науково-технічного прогнозування вказує на необхідність їх об'єднання в комплексні процедури розробки прогнозів;

- найбільш виправданою моделлю, що здатна відобразити всі аспекти прогнозу в сфері науки і техніки є прогнозний сценарій;

— існуючі методи і моделі прогнозування за допомогою сценаріїв здатні вирішувати тільки окремі завдання комплексного прогнозного дослідження, створення узагальненої концепції прогнозного сценарію вимагає використання сучасних положень із сфери обробки знань.

Ці положення зумовили розробку в дисертаційному дослідженні теоретичних і методичних положень, до яких належать:

— методологічне обґрунтування процесу розробки комплексного науково-технічного прогнозу як системи взаємозв'язаних процедур збирання та обробки знань про розвиток об'єкту прогнозування, який складається з наукових проблем (напрямок), технологій (технологічних комплексів), програм досліджень та програм розробки (удосконалення) технологій;

— теоретичні положення впровадження концепції прогнозного сценарію як структури, що складається з описів ситуацій, які завдаються за допомогою систем об'єктів спеціальної форми, що зв'язують довільні атрибути та їх значення;

— теоретичні та методичні положення розробки необхідних для аналізу та прогнозу операцій з описами ситуацій і створення на їх основі методів оперування з прогнозними сценаріями;

— методологічні принципи вирішення проблем вибору найкращих сценаріїв, що будуються згідно з багатокритеріальним підходом;

— методологічні та методичні підходи та моделі представлення та обробки експертних оцінок, що утворюють головне джерело інформації для прогнозних сценаріїв.

Результати виконаних емпіричних досліджень щодо прогнозу розвитку найважливіших напрямків науки України до 2000 року підтверджують наступні положення:

— проведення прогнозних розробок, що охоплюють найважливіші напрямки розвитку української науки, є необхідним елементом впровадження політики України у відношенні наукових досліджень;

— прогнозні дані обґрунтовують доцільність запровадження селективної політики України у сфері науки, з підтримкою найбільш розвинених її галузей і зменшенням зусиль у напрямках, де існує і зростає значне відставання від світового рівня.

**Практичне значення та реалізація результатів дослідження.** Робота має теоретичну спрямованість, тому її значення у практичному відношенні, насамперед, полягає у можливості прикладного використання розроблених понять, моделей і методів у створенні конкретних методик та систем у широкому спектрі прогнозних розробок у галузі науки, техніки і технології, соціально-економічних проблем.

Отримані головні наукові результати дослідження були реалізовані у таких, виконаних під керівництвом або за участю автора, роботах щодо удосконалення організації та методичного забезпечення прогнозування та експертизи в управлінні дослідженнями та розробками:

— Прогноз розвитку найважливіших напрямків науки в Україні до 2000 року, що був виконаний за розпорядженням Президіуму Академії наук України;

— Проект Закону України про державну систему науково-технічної експертизи;

— Методика комплексного прогнозування розвитку науки і техніки;

— Програмний комплекс "АРМ розроблювача прогнозу";

— Програмний модуль рішення проблеми вибору та ранжування альтернатив у складі розробленого ЮНЕСКО програмного комплексу IDAMS;

— Положення дослідження використовуються у викладанні курсу "Економічне прогнозування науково-технічного прогресу" на економічному факультеті Київського державного Університету ім. Т. Шевченка.

**Апробація результатів дослідження.** Дисертація є підсумком більш ніж 15-річних досліджень автора в галузі проблем комплексного науково-технічного прогнозування. Її положення доповідалися і отримали позитивну оцінку на міжнародних семінарах і симпозіумах у Франції, Угорщині, Італії, Великобританії, а також Дев'ятому — Тринадцятому Київських міжнародних симпозіумах з наукознавства та науково-технічного прогнозування, конференціях з науково-технічного прогнозування і методів експертизи, що проводилися у Талліні, Вільнюсі, Єревані, Новосибірську, Тамбові, Москві.

Положення дисертації опубліковані у 45 наукових працях, у тому числі 3 монографіях, 4 брошурах, 38 статтях та інших публікаціях (деякі з них у міжнародних виданнях) загальним обсягом близько 40 д.а., найбільш важливі з яких наведені в кінці автореферату.

**Обсяг та структура дисертації.** Дисертація складається з вступу, шости розділів, висновків, бібліографії. Загальний обсяг — 326 сторінок, включаючи 18 таблиць, 34 малюнки, 203 назви використаної літератури.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкривається актуальність теми, її дослідженість, наукове та практичне значення, ціль і завдання дослідження, наукова новизна результатів.

У першому розділі: “Стан проблеми науково-методичного забезпечення комплексного прогнозування розвитку науки і техніки” проведено аналіз існуючих окремих методів економічного та науково-технічного прогнозування, запропоновані узагальнюючі поняття, що стосуються прогнозного дослідження, розглянена роль методу побудови сценаріїв, обґрунтована можливість їх застосування, як засобу розробки комплексних науково-технічних прогнозів.

У роботі проаналізовано історію виникнення спеціальних методів науково-технічного прогнозування, першим з яких вважається “Метод Дельфи”, що застосовується для прогнозування найважливіших подій у науці і техніці. Простежено його розвиток у “Метод перехрещеного впливу”, який вже спирався на структуру подій, зв’язану відношеннями впливу подій одна на одну з точки зору їх імовірності. Простежено залежність розвитку методів прогнозування від прогресу в засобах обробки інформації. Так, показано, що виникнення більш комплексних методик (типу “PATTERN” у США та “Методу прогнозного графу” в Україні) було зв’язано з виникненням поняття бази даних та методів роботи з ними.

Проаналізовані головні методи прогнозування в економіці та управлінні дослідженнями та розробками, наведені їхні

особливості, сильні та слабкі риси. На цій підставі зроблено висновок про необхідність розробки схеми комплексування вирішення окремих завдань прогнозного дослідження. Найбільшим досягненням у галузі розробки комплексних методів автор вважає "Методику програмного прогнозування", що була створена під керівництвом В. М. Глушкова та Г. М. Доброва. Разом з тим, ця методика, виходячи з існуючого на час її створення стану справ у розвитку засобів обробки інформації, не дозволяла перейти на рівень семантики своїх об'єктів. Цілі, події, рішення були зв'язані між собою графовою моделлю, але самі вони залишалися просто назвами. Крім того недостатньо було розвинено дослідницький етап прогнозу.

Як найбільш перспективний щодо розвитку комплексних методів прогнозування у роботі обрано підхід побудови сценаріїв, що зроблено на підставі аналізу його особливостей та можливостей. Головною рисою традиційних методів сценаріїв, а таких відомо біля 20, є їхня першочергова орієнтація на змістовний опис розвитку ситуації, перш за все за допомогою природньої мови, яка здатна відобразити будь-які особливості знань, потрібних для розробки прогнозу.

Цей висновок зумовив розгляд у роботі головних понять прогнозного дослідження з точки зору обробки знань. Об'єкту прогнозу співставляється деяка предметна область, що створює каркас його опису, який і використовується у розробці прогнозу. Введено поняття розвитку як зміни ситуації, що теж існують у прогнозі у вигляді описів.

Оскільки описи узагальнено можна розуміти як знання, запропоновано використати підхід до представлення останніх у прогнозуванні у вигляді фактів та правил. Досліджені головні типи прогнозних підходів з точки зору процедур обробки знань та показано, що в усіх випадках достатньою формою представлення розвитку є структура описів ситуації, що і розуміється як сценарій.

Аналіз головних підходів до побудови сценаріїв довів, що на сучасному етапі використовуються досить прості структури і, особливо, форми опису ситуацій. Найбільш розвиненими є схеми "подія — подія", "подія — рішення", "рішення — подія", "рішення — рішення". Це у найбільшій мірі відображує успіх застосування в економічній діяльності такого засобу побудови планів

перспективного розвитку та вибору найбільш вигідних проєктів, яким є дерево рішень. У роботі, однак, зроблено розширення типології описів ситуацій, які необхідно зображувати, щоб вирішувати завдання прогнозування та стратегічного планування. До головних аспектів розвитку автором віднесено: описи стану, події, рішення, цілі, проблеми, акторів, дії, критерії.

Питання розробки сценаріїв незалежно досліджувалося у галузі когнитивної психології як засіб представлення знань щодо процесів, їх розуміння. Таким чином склалася ситуація, коли прогностичні сценарії потребують використання засобів представлення знань, а для представлення знань використовуються сценарії. Однак, проблема полягала в тому, що ці сценарії зовсім різні і призначені для вирішення різних завдань. Головним напрямком дисертаційного дослідження і є з'єднання цих незалежних ліній науки.

У другому розділі: "Теоретико-методологічні основи розробки комплексного науково-технічного прогнозу" розглядаються питання створення системної моделі взаємодії прогностичної інформації та комплексу процедур, що розв'язують всі принципові проблеми прогностичного дослідження.

У дисертації розвинено підхід до комплексного прогнозування в галузі науки і техніки, що будується на всебічному розгляді об'єкту прогнозу і разом з тим забезпечення суцільності процесу розробки прогнозу. Це досягається завдяки розгляду процесу прогнозування як процесу побудови та зростання бази знань про явище, що прогнозується.

Безвідносно до комп'ютерної обробки, яка, щоправда, є необхідним елементом будь-якої сучасної методики прогнозування, автором досліджуються головні типи знань (відомостей, даних), їх взаємозв'язки, і розглядається розробка прогнозу як процес їх збирання, аналізу та синтезу.

Підхід до побудови структурованої бази знань передбачає розгляд ємного набору аспектів науково-технічного розвитку. Комплексний науково-технічний прогноз повинен всебічно враховувати знання про:

— характер та стан об'єкту науково-технічного прогнозу: головні техніко-технологічні, економічні, соціальні, екологічні,

технічні та інші фактори (з особливою увагою до обмежуючих), що впливають на розвиток об'єкту прогнозу, і зберігаючих свою силу в межах прогнозуемого періоду;

— тенденції розвитку об'єкту прогнозу та подіях, що можуть на нього вплинути;

— необхідний та можливий рівні конкретних соціально-економічних потреб, досягнення яких зв'язано з розвитком об'єкту прогнозування;

— цілі розвитку об'єкту;

— головні науково-технічні проблеми, рішення яких сприяє досягненню обраних цілей;

— шляхи та ресурси досягнення цілей, у тому числі — оцінка основних альтернатив розвитку об'єкту, їх пріоритетності з урахуванням потрібних ресурсів, імовірності успіху, соціально-економічних наслідків.

Крім розгляду об'єкту прогнозу з точки зору аспектів розвитку, його можна представити у вигляді ієрархічної структури за аналогією до підходу аналітичного планування, задаючи його розвиток у вигляді описів ситуацій, які у загальному відображують знання щодо наукових напрямків, знання щодо їх взаємодії та зв'язків з оточенням. Такі описи не вичерпують всієї різноманітності процесу розвитку, до якого належать також події, рішення, критерії, цілі, дії, але мають найважливіше значення, бо фіксують стан, що складається, у часовому інтервалі.

Головним елементом запропонованої концептуальної моделі є наукові дослідження. Вони об'єднуються у наукові напрямки. Серед досліджень обов'язково повинні бути прикладні, що безпосередньо зв'язані з технологією (технологіями) у широкому розумінні, включаючи промислові, соціальні, освітні та інші. Технології та дослідження можуть об'єднуватися в комплекси задля створення нових технологій. Потреба у нових технологіях формується у вигляді проблем. Програми рішення проблем мають вигляд структур проблем ближчого часового інтервалу, або існуючих технологій. Одночасно у наукових напрямках мають програми наукових досліджень, що продиктовані логікою наукового розвитку. Оскільки у науково-технічному прогнозуванні розглядаються технологічні проблеми, які потребують проведення досліджень, врешті решт

кожна програма вирішення проблем повинна бути органічно зв'язана з певною програмою досліджень.

Головними блоками каркасу опису ситуації, в якій перебуває об'єкт науково-технічного прогнозу, є:

часовий інтервал;

опис наукових напрямків (Н);

опис технологічних сфер (Т);

опис програм досліджень (ПД);

опис програм рішення перспективних проблем (ПП).

Теоретично всі можливі завдання прогнозного дослідження, що виникають у межах такої системи опису, можна відобразити відношенням  $i \rightarrow j$ , що має таку інтерпретацію: базуючись на інформації з  $i$ -го аспекту опису щодо часового періоду, що передував часовому інтервалу  $t$ , отримати прогнозну інформацію з  $j$ -го аспекту для періоду, що починається після  $t$ . Завдання  $i \leftarrow j$  аналогічне, але характеризується ретроспективним підходом, у тому числі воно може стосуватися прогнозування ближчого майбутнього виходячи з відомостей про більш далеке.

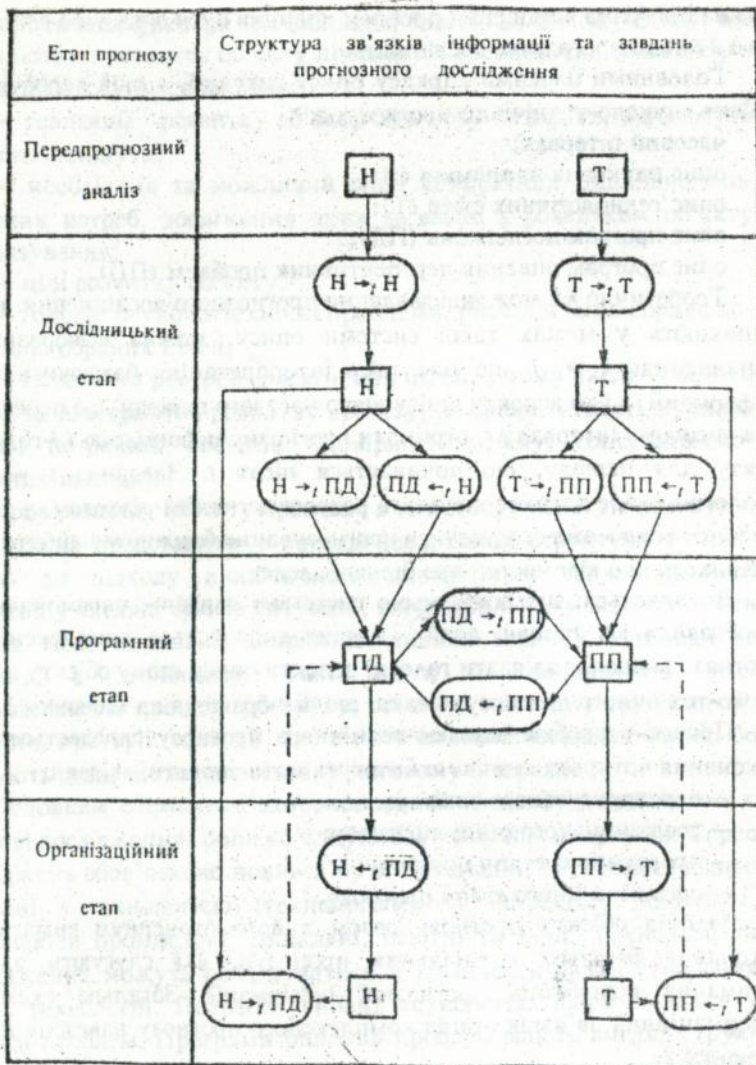
Виявляється, що достатньою системою завдань, спроможною відобразити всі головні етапи, з яких складається комплексний прогноз і водночас зв'язати головні аспекти опису стану об'єкту науково-технічного прогнозу, є така, що відображена на малюнку 1.

Процес розробки науково-технічного прогнозу складається з виконання чотирьох етапів, які можуть мати зворотні зв'язки:

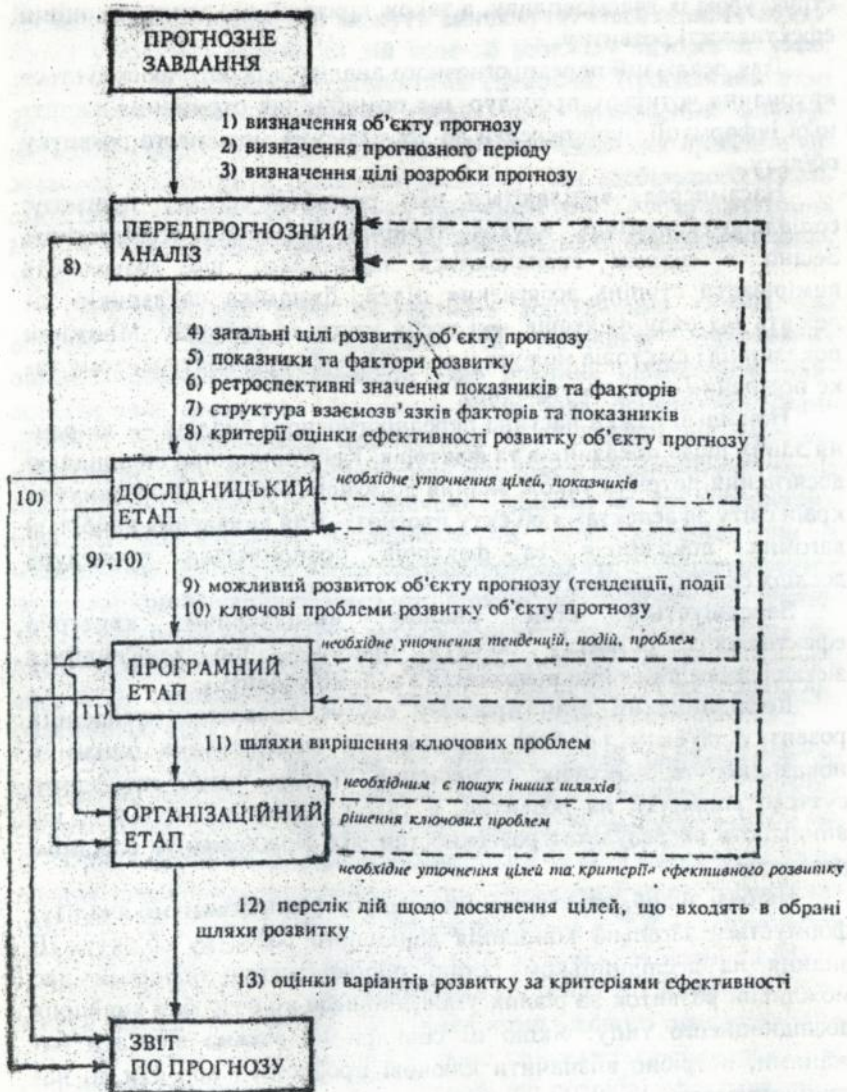
- передпрогнозного аналізу;
- дослідницького етапу прогнозу;
- програмного етапу прогнозу;
- організаційного етапу прогнозу.

Розгляд об'єкту прогнозу разом з його оточенням вимагає виконання багатьох спеціальних процедур, які слугують для отримання різнобічної прогнозної інформації. Загальна схема інформаційних зв'язків етапів комплексного прогнозу наведена на малюнку 2.

Передпрогнозний аналіз є необхідним, щоб отримати детальний опис об'єкту та його оточення. На цьому етапі виділяються найбільш суттєві його риси — цілі, показники (ознаки) та фактори розвитку об'єкту із значеннями в ретроспективному періоді та



Мал. 1. Система завдань прогнозного дослідження



Мал. 2. Етапи розробки прогнозу

структурою їх взаємовпливу, а також критерії, що служать оцінці ефективності розвитку.

Для реалізації передпрогнозного аналізу в роботі пропонується виконання чотирьох процедур, що потрібні для отримання достатньої інформації, щоб перейти до дослідження можливого розвитку об'єкту.

Насамперед, виділяються цілі розвитку об'єкту прогнозу: соціально-економічні, науково-технічні, виробничо-технологічні. Згідно з цілями визначаються показники, що дозволяють вимірювати ступінь досягнення цілей. Динаміка показників залежить від ряду факторів, які треба взяти до розгляду. Множини показників і факторів можуть у великій мірі перетинатися, тому таке поділення є досить умовним.

Найбільш важка частина передпрогнозного аналізу — збирання даних щодо показників та факторів. Крім даних про національні досягнення, потрібні також знання досягнень найбільш розвинутих країн світу за аспектами об'єкту прогнозу. Для виявлення найбільш вагомих показників та факторів пропонується процедура досліджень впливу факторів.

Завершується етап аналізу визначенням критеріїв ефективності розвитку об'єкту прогнозу, що здійснюється зіставленням динаміки показників з цілями розвитку.

Дослідницький етап прогнозу слугує виявленню тенденцій розвитку об'єкту на базі вивчення та моделювання динаміки показників та факторів, визначення складу подій, що здатні суттєво вплинути на розвиток, а також ключових проблем, що виникають як результат розбіжностей між можливим та бажаним розвитком.

На базі знань, що отримані на етапі передпрогнозного аналізу, формується загальна концепція доцільного розвитку об'єкту. Ці знання на дослідницькому етапі поповнюються знаннями про можливий розвиток за різних умов, що веде до розробки сценаріїв дослідницького типу. Якщо ці сценарії не можна вважати бажаними, потрібно визначити ключові проблеми і перейти до наступного етапу.

Програмний етап слугує виявленню шляхів вирішення ключових проблем, що складаються насамперед з рішень та дій, а також їх оцінок з точки зору необхідних ресурсів, часу та очікуваних

наслідків — ситуацій, що можуть виникнути. Необхідність включення у прогноз рішень та дій веде до розгляду акторів та їхніх цілей, що також стають елементами сценарія. Програмний етап науково-технічного прогнозу слугує для визначення альтернативних шляхів взаємозв'язаних науково-технічних проблем, що дозволяє та розв'язує проблеми розвитку, які здебільшого мають соціально-економічний характер, потрібних дій та передумов їх розв'язання, з яких вибираються найкращі для подальшого розгляду.

Організаційний етап прогнозного дослідження слугує для оцінки та вибору необхідних та найбільш ефективних організаційно-управлінських дій, що повинні забезпечити найдоцільніший розвиток. На цьому етапі база прогнозних знань повинна поповнюватися відомостями про потрібні дії, акторів, потрібні ресурси. Важливе значення має також семантичний аналіз проблемно-орієнтованого забезпечення рішення науково-технічних проблем колективами дослідників та розроблювачів, що є можливими акторами прогнозованого розвитку. Завершується організаційний етап, а разом з ним і прогнозне дослідження, процедурою багатокритеріального вибору варіантів дій щодо рішення науково-технічних проблем, що забезпечують найкращий, згідно з обраними економічними та іншими критеріями ефективності, розвиток об'єкту.

Серед існуючих підходів до обробки знань найбачливішим вирішення проблем прогнозування виступає застосування апарату систем, що базуються на продукціях, які мають вигляд "якщо  $A$ , то  $B$ ". Однак проблема постає через вигляд  $A$  та  $B$ . З точки зору прогнозних досліджень достатніми можна вважати схеми "якщо станеться  $A$ , то станеться  $B$ ", та "якщо потрібно  $A$ , і  $B$  — передумова  $A$ , то потрібно  $B$ ", з урахуванням міри можливості подій та багатоступеневості цілей. В існуючих продукційних системах  $A$  і  $B$  можуть мати досить нескладний вигляд. Для цілей комплексного прогнозування ці схеми можна звести до такої: "якщо здійснюється сценарій  $A$ , то здійснюється сценарій  $B$ ". Це означає, що потрібні ефективні процедури перевірки для деякого сценарію  $C$ , чи можна вважати, що він включає в себе сценарій  $A$ , а також приєднання до  $C$  сценарію  $B$ . Ці проблеми зв'язані з вирішенням багатьох інших, що робить необхідною побудову чіткої теорії прогнозних сценаріїв, базовою якою

ження якої розробляються у третьому та четвертому розділах дисертації.

У третьому розділі: "Методологія і методика розробки прогнозних сценаріїв" введено поняття сценарію як структури описів ситуацій, розглянено їх властивості та операції з ними.

Прогнозний сценарій є системою  $\langle S, P, q \rangle$ , де  $S$  — множина описів ситуацій у предметній області  $P$  із завданням на ній відношенням наступності  $q$ . Це може бути причинна наступність, так само як і хронологічна. У роботі розрізняються суворор (безпосередня) наступність та несуворо. Очевидними властивостями суворорі наступності для сценарію є ациклічність та незамкненість (якщо існує ланцюг  $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow \dots \rightarrow s_n$ , не може бути  $s_1 \rightarrow s_n$ , де  $\rightarrow$  — відношення суворорі наступності). Сюжетною лінією сценарію в роботі названо множину описів ситуацій, що є ланцюгом стосовно суворорі наступності.

Повним сценарієм названо такий, для якого всі сюжетні лінії мають спільні початок та кінець, та будь-який опис ситуації належить хоча б одній з них. Початок усіх сюжетних ліній зветься початком, а їхній кінець — кінцем повного сценарію.

Частковим сценарієм названо такий, для якого може не існувати початок та/або кінець.

Для розробки прогнозів важливо не тільки системно відобразити розвиток у предметній області, скажімо — за допомогою сценаріїв, але й мати можливість об'єднувати прогнози, вилучати фрагменти, замінювати одні уявлення іншими, будувати різні варіанти досягнення цілей, агрегувати прогнозну інформацію. Це вимагає, насамперед, вирішити подібні проблеми спочатку на рівні окремих описів ситуацій, тому що, природно, змінення сценарію майже завжди призводить до змінення описів ситуацій. Щоб мати якомога ширші можливості опису, що наближаються до людської мови, в роботі пропонується використовувати підхід до представлення знань, який побудовано на об'єктній формі із укладеними типами, що досягнуто завдяки заміщенню багатомісних предикатів на тримісні — слоти, які зв'язують ім'я інформаційного об'єкту (факту), його атрибут, та значення атрибуту.

Важливим щодо побудови описів ситуацій є використання незалежних фрагментів, що з'єднуються в один опис за допомогою

кон'юнкції. Фрагменти розділені на явні та неявні. Останні сприяють введенню нових об'єктів, що є значеннями атрибутів об'єктів більш високих типів, атрибути у цьому випадку стають неявними посиланнями на фрагменти. Таким чином усі слоти розділяються на змістовні та посилання.

Особливе значення має елементарний факт, що слугує об'єднанню всієї інформації про ситуацію, який названо корінним.

У дисертації продемонстровано, що один і той самий опис ситуації може бути представлений у вигляді різним чином структурованих інформаційних об'єктів, що веде до необхідності пошуку канонічної форми представлення. Запропоновано як канонічну застосовувати таку форму, коли корінний факт містить тільки посилання на явні фрагменти, а ті таких посилань не мають. Введення канонічної форми і обґрунтування існування тільки одної такої форми дозволило вирішити проблеми перетворень форми опису, що ведуть до еквівалентного за змістом.

У цілях ефективної побудови операцій з описами ситуацій було введено поняття їх еквівалентності, що має силу за умови включення їх один в одний. Це відношення є головним для розробки операцій з описами ситуацій.

Одною з базових операцій є проектування опису на каркас, що є абстрактною структурою атрибутів. Ця операція дозволяє виділяти частини опису, що є суттєвими відповідно до завдань аналізу. Разом з проектуванням розглядається операція селекції, яка є для відбору описів згідно з визначеними каркасами.

Найважливішими завданнями роботи з описами прогнозованих, або тих, що мали місце, ситуацій є пошук у них спільного, особливого та об'єднання їх змісту. Поняття перетину описів ситуацій введено за аналогією до перетину множин, з урахуванням усіх явних та неявних фрагментів як максимальний за обсягом опис, що є спільним для них.

Проблема об'єднання знань значно складніша, ніж об'єднання множин. Таке об'єднання може базуватися на різних точках зору. Одна з них веде до введення операцій кон'юнкції, інша — до побудови досить складної операції, що її власне і названо об'єднанням. Вона потребує урахування контексту описів, що об'єднуються. Контекст введено як перетин каркасів описів. В роботі обґрунтовано висновок про припустимість об'єднання тільки сумісних описів.

тобто таких, що мають еквівалентні проєкції на контекст. Суттєвим результатом роботи є також введення операції доповнення для описів ситуацій, що узгоджена з об'єднанням. Досліди, наведені у прикладах, виконані на базі програмної реалізації засобами мови логічного програмування Пролог, дозволили зробити висновок щодо адекватності розроблених операцій з описами ситуацій.

Для роботи із сценаріями перш за все необхідні операції, що дозволяють їх будувати з окремих описів ситуацій та вже готових сценаріїв. Для цього запропоновані дві структурні операції: вставлення та виключення. На базі них введено складні операції: заміщення окремого опису сценарієм, вставлення сценарію між двома описами.

З практичної точки зору найважливіше значення під час розгляду складного розвитку має можливість абстрагування, тобто виділення лише тих аспектів, які потрібно проаналізувати. Абстрагування можливе у двох головних напрямках — завдяки спрощенню структури шляхом заміни окремих частин сценарію — епізодів — новими описами ситуацій. З поняттям окремого епізоду зв'язується уявлення про розділ сценарію на окремі епізоди. Така операція називається в роботі структурною абстракцією. Структурні абстракти можуть бути різних рівнів та вкладатися один в один.

Крім структурної запропонована також семантична абстракція. Вона слугує для спрощення сценарію не завдяки заміні його структури простішою, що зв'язує епізоди, які мало в чому семантично відрізняються від вихідного сценарію, але шляхом відбору тільки частини аспектів опису розвитку. Це здійснюється завдяки проєктуванню описів ситуацій сценарію на відповідний каркас. Ті описи, що не мають перетину з каркасом, вилучаються, що призводить до спрощення сценарію.

Близькою до проєктування є селекція сценаріїв, яка запропонована в роботі як вибір у повному обсязі тих описів, які перетинаються з каркасом, що заданий.

Як результат проєктування сценарію у ньому можуть виявитися кілька еквівалентних описів ситуацій, які природно об'єднати, бо нема підстав вважати їх такими, що стосуються різних ситуацій. У роботі запропоновані операції суворого та несуворого стиску сценаріїв виходячи з того, що утворюють

еквівалентні описи ситуацій: суворокомпактний або просто компактний підсценарій.

У роботі показано, що різні описи ситуацій можуть об'єднуватися тільки, якщо вони складають суворокомпактний підсценарій. Метод об'єднання сценаріїв, побудований у роботі, спирається на використання операції стиску.

Важливим завданням дослідження було вирішення проблеми встановлення того факту, що один сценарій входить у другий. Це надало змогу використовувати умовні сценарії і розробити метод зростаючих сценаріїв у четвертому розділі.

У четвертому розділі "Проблеми варіантності та вияву найкращого сценарію" обґрунтовується необхідність використання для розробки сценаріїв науково-технічного розвитку кількох спеціальних типів описів ситуацій, що надають змогу зображувати всі головні аспекти прогнозу, до яких належать не тільки тенденції, а й гіпотетичні варіанти, що виникають як наслідок подій та рішень. Якщо на дослідницькому етапі досить обмежитися описом тенденцій, можливих подій та рішень, то реалізація програмного етапу потребує розгляду цілей та критеріїв ефективного розвитку, що забезпечують вибір найкращих варіантів з можливих.

Головними завданнями розділу є побудова типології описів прогнозних ситуацій, дослідження обґрунтованості знань, що містяться у сценарії, з використанням положень теорії аргументації, розгляд питань побудови гіпотетичних варіантів із застосуванням теорії можливості та виявлення найкращих сценаріїв на базі логічного підходу до багатокритеріального вибору.

Описи ситуацій у прогнозі можуть відображувати відомості наступних головних типів: значення атрибутів, події, цілі, проблеми, критерії, рішення, дії.

Довільний опис ситуації може мати довільну кількість елементарних фактів, кожен з яких відповідає одному з цих типів. Тобто з них, як із блоків, будуються описи ситуацій.

У роботі послідовно розглядається кожен з типів і приділяється головна увага існуючим між ними взаємозв'язкам.

Значення атрибутів є найпростішим типом опису. Він слугує, щоб фіксувати стан у предметній області прогнозу в термінах

показників (атрибутів), зв'язаних з певними властивостями об'єкту прогнозу.

Подією вважається такий елементарний факт опису ситуації, що зв'язаний з деяким моментом часу. Тривалість події свідомо обмежено моментом, а не інтервалом, який пов'язується з типом дій. Важливою частиною події є правило, що має умовою деякий опис ситуації (можливо пустий), та наслідок — непустий опис ситуації, який повинен об'єднуватися з будь-яким описом, що має місце після події. Події можуть бути завданими незалежно і відображувати переходи одних описів у другі, оскільки результат одної й тієї ж самої події може бути різним залежно від того, в якій ситуації вона сталася.

Цілі є описами ситуацій, які містять знання щодо їх формулювань, разом з відомостями про актора, чия ціль розглядається, їх досяжності, достатніх умов, що складаються з необхідних. Для опису досяжності пропонується використовувати атрибути, що відображують бажаність, можливість, необхідність, прийнятність.

Тип, що слугує для опису проблем, включає відомості про цільову та вихідну ситуації, а також про розв'язаність проблеми, яка зображується подібно досяжності цілей.

У разі кількох акторів з конфліктуючими цілями важливе значення має вирішення проблеми досягнення "кінця гри" за умов використання ними найкращих рішень з точки зору своїх цілей і критеріїв.

Головною ознакою критеріїв є їх віднесеність до акторів та рішень, що ними приймаються, останні являють собою фіксацію вибору з набору можливих дій і суттєво залежать від ситуації, в якій приймається рішення. Кожний критерій вибору дії розуміється в роботі як правило.

Розрізняються правила відсічення та переваги. Перші призначені для виключення з подальшого процесу вибору неприйнятних альтернатив, другі — для встановлення на парах альтернатив відношень переваги. У дисертації запропоновано підхід до опису правил за допомогою спеціально розробленої мови, наведено опис системи, реалізованої у Пролозі, що слугує для побудови оптимальних за Парето множин альтернатив із застосуванням довільних правил, що можуть бути подані у вигляді логічних виразів.

Дії описуються як системи подій і слугують для перетворення вихідних описів ситуацій у результуючі.

У дисертації розроблено метод сценаріїв, що зростають, який слугує для моделювання розвитку на базі інформації з різних джерел. Він задовольняє потребу щодо динамічної трансформації сценарію завдяки приданню до нього нового знання залежно від характеру розвитку. Поняття зростання сценарію зв'язане з поняттям умовного сценарію.

Умовні сценарії доцільно розглядати тільки при наявності деякого безумовного, який названо базовим. Введено операцію зростання сценарію як придання до базового сценарію наслідку, якщо сценарій — умова входить у базовий.

Особливою формою умовних виступають альтернативні сценарії. Останні розподіляються на два класи: з вибором та без вибору. Перші мають своїм початком опис ситуації рішення, другі — спеціальні описи — розгалуження, що зв'язуються з подіями та відповідними гіпотезами. Кожний гіпотетичний альтернативний підсценарій такого сценарію оцінюється з точки зору можливості. У роботі запропоновано підхід до знаходження значень мір можливості.

Для отримання варіанту розвитку розробникам прогнозу потрібно зафіксувати рішення у ситуаціях вибору та гіпотези у ситуаціях розгалуження. Внесені у базовий сценарій рішення та гіпотези ліквідують у ньому альтернативність, такий сценарій названо варіантом. Щоб отримати варіант із базового сценарію, треба поповнити його сценарієм, що складається тільки з рішень та гіпотез — такий сценарій є опорним для варіанту. Для вибору найкращого опорного сценарію запропоновано користуватися методом дерева рішень.

У п'ятому розділі: "Використання експертної інформації у побудові прогнозних сценаріїв" досліджуються питання щодо методів та моделей обробки суб'єктивних оцінок, які широко застосовуються у прогнозних сценаріях. У багатьох випадках тільки експертна інформація може бути доступною.

Однією з центральних проблем застосування методів експертної оцінки є проблема адекватної формалізації. Новим напрямком у її вирішенні є використання набуваючого широкого розвитку апара-

ту теорії нечітких множин. Впровадження положень цієї теорії у методи експертної оцінки у розробці науково-технічних прогнозів є особливо актуальним, бо останні характеризуються високою мірою невизначеності, яка головним чином може бути виведена на рахунок нечіткості уявлень про майбутнє.

У роботі було поставлено ціллю розробити методику та моделі експертної оцінки, що були б адекватні представленням значень атрибутів в описах ситуацій прогнозних оцінок. Для цього було вирішено такі головні завдання:

- розробка моделей представлення експертних оцінок для шкал різного типу у формі нечітких множин;
- розробка методів їх аналізу та агрегування.

Експертиза необхідно присутня у сферах, тому що навіть у випадку, коли використовуються тільки об'єктивні дані, структура сценарію може бути заданою тільки експертом. Разом з тим, наявність великої кількості якісних ознак та кількісних, що неможливо виміряти, веде до необхідності оцінювання експертами значень атрибутів та відношень між ними. Потреба розгляду майбутніх ситуацій робить оцінки їх атрибутів нечіткими. Такі оцінки за своєю суттю є оцінками ступеню прояву деяких властивостей з визначеною мірою впевненості в їх можливості. В першу чергу до них належать кількісні. У науково-технічному прогнозуванні вони відіграють важливу роль, через те, що надають змогу отримати відомості про характеристики науково-технічних проблем, тоді, програматично визначено необхідну величину, визначену певною

Оцінка експерта у випадку числової оцінки може бути представлена нечіткою підмножиною множини значень шкали, що є відрізком числової осі. Для побудови функції приналежності такої множини автором були досліджені суб'єктивні уявлення щодо приблизних чисел. Його результатом є побудова процедури, що дозволяє оцінити міру  $\mu_K(u)$  сумісності значень шкали  $u$  висловлених експертом приблизній оцінці  $K$ . Для моделювання приблизних оцінок використовуються функції вигляду:

$$\mu_K(u) = e^{-\alpha(u-K)^2}$$

де  $\alpha$  залежить від потрібної міри нечіткості і визначається згідно з виразом:

$$\alpha = \frac{4 \ln 0.5}{\beta^2}$$

де  $\beta$  — розмір інтервалу чисел, що можна вважати сумісними з оцінкою  $K$ .

У дисертації розглядається також другий тип експертних оцінок, таких, що зроблені у порядкових шкалах. До них перш за все належать рангові оцінки, ранжування та оцінки міри переваги під час порівняння альтернатив. Запропонований у четвертому розділі підхід до вибору недомінуючих за Парето альтернатив може бути здійснено тільки за умов сталих уявлень щодо критеріїв ефективності розвитку. Практично тільки частина уявлень експертів може бути досить добре узагальнена та зведена до системи критеріїв, у той час, як інша частина уявлень про переваги не може бути відокремлена від альтернатив, що розглядаються. Це викликає необхідність прямого порівняння їх між собою.

Перша частина уявлень, що є заданою за допомогою правил, дозволяє відсікти неприйнятні альтернативи, а також ті, що домінуються іншими, тобто отримати множину альтернатив, оптимальних за Парето. Далі вибір здійснюється тільки на базі суб'єктивних уявлень, що не можуть бути зведені до узагальнених правил. Найбільш ефективні підходи до вирішення цієї проблеми — застосування попарного порівняння, або ранжування.

Запропонований у роботі метод з позицій теорії нечітких множин дозволяє оперувати не тільки оцінками, що мають вигляд " $A_i$  має перевагу над  $A_j$ ", але й мірами впевненості експертів в тому, що це є істиною. Побудова ранжування базується на знаходженні для кожної альтернативи міри істинності того, що вона має перевагу над 0,1,2... і т.д. з інших альтернатив. Це надає можливість побудови нечіткого ранжування, що разом з інформацією про положення альтернативи на ранговій шкалі також несе інформацію, яка дозволяє вирішувати питання довіри експертам та їхнім оцінкам, переходу до чітких оцінок, вибору найкращої альтернативи. Використання нечітких оцінок дозволяє відобразити невпевненість експерта як у разі числових оцінок, так і в разі рангових. Додатковою перевагою нечітких оцінок є те, що в них самих можна урахувати міру довіри до оцінки. Двома головними джерелами отримання мір довіри до оцінки є власна оцінка впевненості

експерта, та оцінка його компетентності, що робиться іншими, або як самооцінка. У роботі запропоновано модель модифікації оцінки експерта з урахуванням міри довіри до неї, яка базується на перетворенні нечіткої оцінки.

Нечіткість експертної оцінки потребувала вирішення у дисертації наступних проблем щодо методів їх обробки:

- приведення індивідуальних оцінок до спільної шкали;
- аналіз узгодженості індивідуальних оцінок;
- агрегування індивідуальних оцінок з метою отримання узагальненої групової оцінки;
- виділення різних варіантів узагальненої оцінки та груп експертів з високою узгодженістю оцінок.

У шостому розділі: "Розробка прогнозів розвитку найважливіших галузей науки в Україні" розглядаються результати застосування теоретико-методичних положень комплексного науково-технічного прогнозування, дослідження яких виконано дисертантом.

Ці положення були використані у розробці найбільшого в історії України комплексу прогнозів розвитку пріоритетних галузей науки до 2000 року, методичне забезпечення якого розроблялося за участю автора, що був відповідальним виконавцем "Методики комплексного прогнозування у науці та техніці", що слугувала основою для 39 наукових комісій згідно з кількістю прогнозів та більш ніж 700 експертів.

Основою розробки прогнозів слугувала концепція структурування знань у предметній області прогнозу розвитку наукових напрямків: застосування прогнозних сценаріїв простої форми та використання методології прогнозової експертизи.

Застосування єдиної методології прогнозного дослідження дозволило вирішити проблему співставлення прогнозних даних та здійснити їх спільний аналіз. Вона також дозволила агрегувати прогнозні дані на рівнях окремих проблем, технологій, напрямків та виробити загальні уявлення про стан, проблеми та перспективи розвитку в Україні наукових досліджень з головних напрямків.

Отримані за допомогою експертизи знання аналізувалися з точки зору складу та структури пріоритетних напрямків наукових досліджень, рівня якості досягнених наукових результатів та тих,

що прогнозуються, проблемно-орієнтованої відповідності науково-технічного потенціалу України рішенням актуальних науково-технічних проблем. Вивчався також комплекс економічних та організаційних рішень та дій, спрямованих на посилення цільового формування та підвищення рівня наукового потенціалу пріоритетних досліджень. Під керівництвом автора збирання та зведення прогнозої інформациї виконувалося групою Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М.Доброва АН України на базі підготовлених комісіями прогнозних матеріалів та спеціальних форм експертної оцінки "Наукові напрямки" (Форма "Н") та "Технології" (Форма "Т").

Форми "Н" та "Т" призначалися до взаємозв'язаного отримання прогнозних знань відносно головних наукових проблем періоду прогнозування, можливостей технологічного застосування результатів їх вирішення та необхідних ресурсів.

У формі "Н" надавалася характеристика ситуації у контексті виділених проблем за 12 головними ознаками, включаючи актуальність, можливі строки їх вирішення та впевненість в успіху, необхідні ресурсне та кадрове забезпечення, пріоритетність реалізації та ін. У формі "Т" зображувалися характеристики очікуваних у майбутньому технологічних застосувань наукових результатів, які були тісно ув'язані з атрибутами форми "Н".

Методика розробки прогнозів передбачала досить високий рівень формалізації, що надало можливість використання комп'ютерної обробки та отримання узагальнених висновків щодо широкого кола прогнозних характеристик.

Перш за все було вивчено питання цільової орієнтації програм наукових досліджень. Із загальної кількості наукових 587 проблем, які було виділено як пріоритетні на період прогнозу, біля 70 % становлять проблеми, чиє рішення має фундаментальне значення щодо розвитку напрямку, що прогнозується, 33 % націлені на вирішення народно-господарських проблем України, тільки 28 % — на створення принципово нових технологій, що конкурентоздатні на світовому ринку. Найбільшу кількість проблем, зв'язаних зі створенням нових та конкурентоздатних технологій, належить до напрямків "Програмні та апаратні засоби інформатизації та комп'ютеризації народного господарства", "Конструкційні та інструментальні матеріали і технологія їх обробки",

“Дистанційні методи зондування Землі”, “Фізика низьких температур”, “Біотехнологічні дослідження”. У деяких напрямках перевага надається фундаментальним дослідженням. Серед них: “Фізика твердого тіла”, “Радіаційне матеріалознавство”, “Радіофізика”, “Фізика середніх енергій”, “Дослідження з мембранної технології”, “Генна інженерія”.

Запекоченість викликає те, що з вирішенням проблем економіки України зв’язана тільки третина наукових проблем, та лише менш ніж четверта частина з них націлена на світовий ринок. Це робить справедливим висновок щодо необхідності детального вивчення наукового потенціалу та розробки селективної політики у галузі досліджень та розробок.

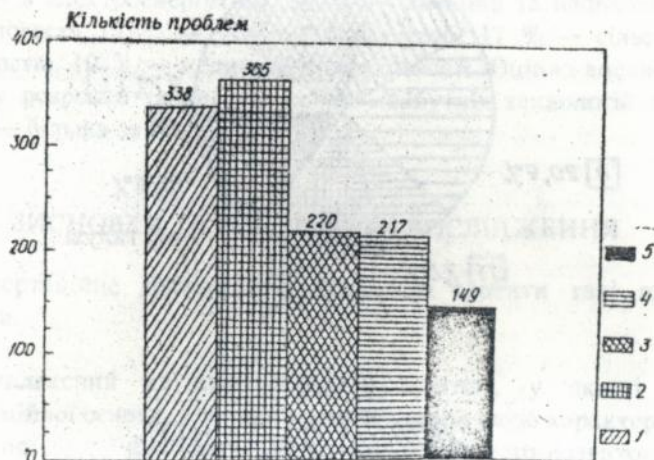
Аналіз прогнозів виявив, що тільки 43 % перспективних проблем можуть бути вирішені самими вченими України, у 40 % — вчені республіки можуть очолювати міжнародні проєкти (у яких необхідна участь інших країн), по 17 % — українські вчені можуть бути тільки співвиконавцями. Єдиним напрямком, де вчені України можуть бути тільки співвиконавцями, є “Біотехнологічні дослідження”. Разом з тим, по 11 напрямках більшість проблем може бути вирішена самостійно: “Математика та її застосування”, “Шляхи підвищення надійності машин та механізмів”, “Механіка взаємозв’язаних рухів тіл, що деформуються, рідин, газів”, “Радіаційне матеріалознавство”, “Фізика середніх енергій”, “Комплексне дослідження техносфери”, “Поновлювані джерела енергії”, “Зварне виробництво та зварні матеріали”, “Генна інженерія”.

Аналіз розподілу проблем за строками їх вирішення виявив, що більше 60 % від загальної кількості проблем будуть вирішені в Україні пізніше або в одному й тому ж п’ятирічному інтервалі, ніж у світі, по 38 % — оцінок немає і лише 10,5 % проблем передбачається вирішити першими.

Для напрямків технологічної орієнтації тільки 62 проблеми можуть бути вирішені вченими України першими в світі, 193 — одночасно з зарубіжними колегами, 196 — пізніше. Багато з останніх прогнозується вирішити з відставанням у 10 років.

Аналіз прогнозованих технологій виявив, що дуже незначна їх кількість буде вперше створена в Україні, здебільшого ставиться завдання повторення існуючих у світі результатів. Найбільш

оптимістичним тут є прогноз у напрямку “Створення та використання нових полімерних композиційних матеріалів”.

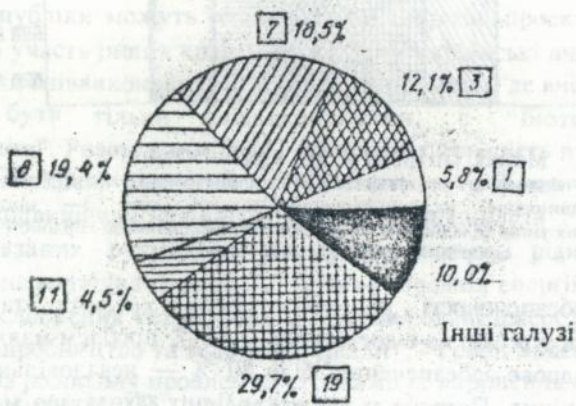
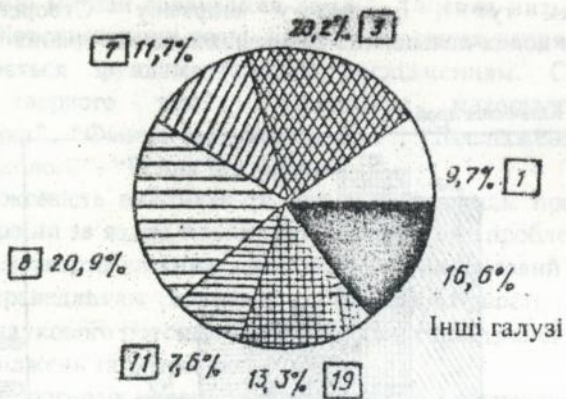


Мал.3. Потреба у діях різних типів

1— підготовки відповідних спеціалістів у вищих навчальних закладах; 2— створення або розширення дослідно-експериментальної бази; 3— організації виробництва нових типів обладнання; 4— закупівля обладнання за кордоном; 5— створення нових наукових підрозділів

Рівні забезпеченості рішень проблем кадрами та матеріальними ресурсами не є достатніми — 65 % проблем мають незадовільне кадрове забезпечення, біля 80 % — незадовільне матеріально-технічне. Потреба у найважливіших заходах, що можуть прискорити рішення проблем, наведено на малюнку 3.

Аналіз прогнозованої потреби у фінансуванні пріоритетних напрямків без урахування унікальних за вартістю проблем, та з ним наведено у вигляді розподілів на малюнку 4. З нього видно, що від половини до двох третин фінансування буде потрібне напрямкам, що належать до матеріалознавства. Це відповідає місцю України у міжнародному (принаймні — у Східній Європі) “розподілі праці” у сфері досліджень. “Матеріалознавська” наукова спеціалізація республіки може відіграти у майбутньому дуже важливу роль, особливо у разі її підтримки сучасним обладнанням.



Мал.4. Розподіл потрібних витрат на вирішення пріоритетних проблем за галузями науки

- а) без урахування унікальних за вартістю проблем
- б) з урахуванням унікальних за вартістю проблем

- 1. Математика та її застосування
- 3. Програмні та апаратні засоби інформатики та комп'ютеризації народного господарства
- 7. Фізика твердого тіла
- 8. Радіаційне матеріалознавство
- 11. Радіофізика
- 19. Конструкційні та інструментальні матеріали та технологія їх обробки

Дослідження розподілу застосування 240 технологій, що входили у прогнози, мало такі результати: біля 55 % всіх технологій буде застосовуватися у машинобудівництві та металообробці, 17 % — в електроенергетиці, 14 % — хімічній та нафтохімічній промисловості, 12 % — у чорній металургії, 11 % — сільському господарстві, 10 % — медичній промисловості. Оцінка впевненості в успіху розробки та впровадження майбутніх технологій досить висока — більша за 90 %.

## ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дисертаційне дослідження дозволило зробити такі головні висновки.

Комплексний науково-технічний прогноз, у якості своєї інформаційної основи, повинен містити знання щодо характеристик об'єкту по факторах, що впливають на його розвиток; тенденціях розвитку; необхідних та можливих рівнях задоволення соціально-економічних, екологічних та інших потреб, що зв'язані з розвитком об'єкту; цілях такого розвитку; головних проблемах, рішення яких потрібно задля досягнення цілей; альтернативних та найбільш ефективних шляхах досягнення цілей і потрібних для цього ресурсів.

Об'єкт науково-технічного прогнозу являє собою наукові напрямки та науково-технічні проблеми; технології, що зв'язані з задоволенням практичних потреб; програми досліджень; програми розробки та удосконалення технологій.

Прогнозний сценарій є єдиною формою представлення прогнозних даних та знань для всіх етапів комплексного прогнозу.

Створення методів оперування з описами ситуацій дозволяє розробити аналогічні методи виконання відповідних операцій з прогнозними сценаріями.

Необхідним та достатнім складом типів описів ситуацій для науково-технічних прогнозів є такі: значення атрибутів (ознак), події, цілі, проблеми, критерії, рішення, дії.

Для вирішення проблеми вибору найкращого з альтернативних сценаріїв є достатнім побудувати опорні сценарії, в яких

зафіксовано гіпотези та рішення. Це дозволяє звести сценарій до вигляду дерева рішень.

У дослідженнях майбутнього розвитку науки і техніки доцільно використовувати різні статуси зображуваних ситуацій: необхідні, можливі, гіпотетичні, бажані. Використання правил обчислення мір необхідності та можливості згідно з теорією можливості є обгрунтованим.

Експертна інформація є головним джерелом відомостей, що можуть бути використані для розробки сценаріїв.

Невизначеність, що міститься у суб'єктивних уявленнях експертів, зв'язана перш за все з нечіткістю цих уявлень, у зв'язку з чим адекватним підходом до їх обробки виступає застосування теорії нечітких множин, який вимагає розробки спеціальних моделей, що враховують типи шкал.

Єдиний підхід до представлення прогнозової інформації на базі методологічних положень, що були розроблені у дисертаційному дослідженні, дозволив узагальнити та співставити дані, щодо строків, витрат, потрібних мір, пріоритетності, значення для науки, економіки та інших аспектів, у межах наукових галузей та між ними, в ході розробки прогнозів розвитку найважливіших галузей науки в Україні до 2000 р.

Аналіз результатів прогнозного дослідження виявив необхідність проведення більш чіткої селективної політики в галузі науки та технології в Україні; формуванні процедур конкурсного відбору, що дозволяли б швидше та ефективніше розвивати "міцні" галузі досліджень та підтримку "слабких" тільки в разі їх абсолютної необхідності для народного господарства.

Головним результатом дослідження є розробка базових положень теорії прогнозних сценаріїв, що слугують засобом представлення та обробки знань у комплексному науково-технічному прогнозуванні. При вирішенні цієї проблеми було отримано такі результати:

1. Запропонована структура ознак, що відображують всі істотні аспекти розвитку об'єкту науково-технічного прогнозу. Виділено систему взаємозв'язаних типів завдань комплексного науково-

технічного прогнозу, що охоплює всі аспекти опису об'єкту та етапи розробки прогнозу.

2. Створено процедурний підхід до розробки комплексного науково-технічного прогнозу, побудований на аналізі прогнозної інформації у межах поділу на блоки процедур передпрогнозного аналізу, дослідницького, програмного та організаційного етапів. Для кожного етапу та процедури визначені інформаційні зв'язки та засоби виконання.

3. На основі узагальнення існуючих підходів до розробки сценаріїв запропоновано концепцію сценарію як системи описів ситуацій у предметній області прогнозу із завданнями для них відношеннями суворої та несуворої наступності. Запропоновано концепцію побудови логічних висновків та синтезу узагальнених прогнозних сценаріїв на базі часткових сценаріїв, обґрунтовано необхідність створення теоретичних підвалин оперування зі сценаріями.

4. Обґрунтовано доцільність використання мови логіки для представлення знань в описах ситуацій. Запропоновано концепцію роботи з прогнозними знаннями засобами диз'юнктивів Хорна, що дозволяють ефективно реалізувати операції з описами ситуацій та сценаріями за допомогою мови логічного програмування Пролог.

5. Розроблено підхід до опису ситуацій як структур вкладених об'єктів, що утворені з елементів, які містять у собі номер об'єкту, атрибут та значення атрибуту, що з'єднані у явні та неявні фрагменти опису. Введено та теоретично обґрунтовано поняття канонічної форми опису прогнозованої ситуації та доведено існування тільки однієї канонічної форми будь-якого опису.

6. Розроблені та досліджені властивості базових операцій з описами ситуацій, що дозволяють виконувати об'єднання знань щодо розвитку, що прогнозується, шукати перетин різних описів, будувати доповнення, виділяти окремі аспекти. Створено структурні операції зі сценаріями, що побудовані на відокремленні та приєднанні окремих епізодів, заміщенні описів сценаріями, яке дозволяє деталізувати, виконувати абстракцію, що веде до побудови агрегованого сценарію. Розроблені теоретичні основи та методи виконання операцій зі сценаріями, що враховують семантику описів ситуацій — проєктування на частину предметної області, селекції за завданнями описами. Запропоновані та теоретично обґрун-

товані операції об'єднання, перестину та доповнення для прогнозних сценаріїв.

7. Розроблені системні представлення описів ситуацій головних типів, що необхідні для побудови сценаріїв у науково-технічних прогнозах. Досліджено питання щодо представлення часу подій на базі концепції розгалужених часових потоків, які надають змогу використовувати не тільки абсолютно означений час, але й відносний, що дозволяє синхронізувати сценарії майбутніх процесів.

8. Запропоновано метод багатокритеріального прийняття рішень щодо ефективного варіанту розвитку об'єкту науково-технічного прогнозу, в якому критерії мають вигляд логічних правил віддання переваги, що дозволяє використовувати для порівняння будь-які описи замість окремих змінних.

9. На основі розгляду умовних сценаріїв розроблено метод прогнозних сценаріїв, що зростають, який побудовано на перевірі виконання сценарію — умови у базовому сценарії, та наступним приєднанням до нього сценарію — наслідку.

10. Для використання у сценаріях експертних оцінок нечіткої природи розроблено модель представлення кількісних оцінок у вигляді нечіткої множини на базі встановлення залежності міри нечіткості оцінки від форми, у якій її завдано. Розроблено метод нечіткого ранжування об'єктів на базі завдання експертами мір переваги на парах альтернатив та використання законів нечіткої логіки. Досліджено питання довіри до експертної інформації та запропоновано підхід до оцінок з урахуванням мір довіри, що зв'язаний з оцінками та самооцінками компетентності експертів.

11. Серед головних завдань обробки експертних оцінок виділено та розв'язано такі: перетворення індивідуальних оцінок до спільної шкали; оцінка узгодженості точок зору експертів, агрегування індивідуальних оцінок з метою отримання узагальненої для групи експертів.

12. Розроблену методику комплексного прогнозування науки і техніки було застосовано у розробці прогнозів найважливіших галузей розвитку науки в Україні до 2000 року.

### МОНОГРАФІЇ:

1. Прогнозирование и оценки научно-технических нововведений. — Киев: Наукова думка, — 1989. — 278 с. (у співавторстві).
2. Научно-технический потенциал: структура, динамика, эффективность. — Киев: Наукова думка, — 1987. — 347 с. (у співавторстві).
3. Internationally Developed Data Analysis and Management Software (IDAMS User's Manual). — Paris: UNESCO, — 1988. — 418p. (у співавторстві).

### БРОШУРИ, СТАТТІ, ДОПОВІДІ:

4. Программно-целевое управление научно-техническим прогрессом. — Киев: Знание, 1979 — 24 с. (у співавторстві).
5. О построении функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам // Наукоеведение и информатика. — 1981. — вып. 22. — С.70—79.
6. О выборе варианта на основе нечетких предпочтений экспертов // Тезисы докладов IX Киевского симпозиума по науковедению и научно-техническому прогнозированию. — вып.3. — Киев: УкрНИИНТИ, 1981.
7. Применение модели нечеткого ранжирования в анализе деятельности исследовательских групп // Эффективность научных групп. Труды международного симпозиума. — Киев: Наукова думка, 1982.
8. Применение нечеткой логики при ранжировании объектов методом парных сравнений // Кибернетика. — 1983. — № 3. — С. 116—118.
9. Программная реализация метода нечеткого ранжирования // Всесоюзная конференция "Нечисловая статистика, экспертные оценки и смежные вопросы" (Таллин). — М.: ВИНТИ, 1984. — С. 176—177.

10. Социологическое исследование некоторых аспектов внедрения результатов научных исследований. — М.: МДЭНТП. — 1985. (у співавторстві).

11. Организационно-методические основы разработки научно-технических прогнозов заинтересованными странами-членами СЭВ // Организационно-методические документы. — М.: СЭВ. — 1986. (у співавторстві).

12. Статистический анализ эффективности деятельности научных групп // Науковедение и информатика. — 1986. — вып. 27. С. 28—35. (у співавторстві).

13. Разработка методического обеспечения формирования долгосрочных программ научно-технического прогресса. — Киев: об-во "Знание", 1986. — 20 с. (у співавторстві).

14. Направления совершенствования "Методики программного прогнозирования развития науки и техники" // Труды Третьего международного симпозиума по научно-техническому прогнозированию (Ереван). — Москва: Изд-во СЭВ, 1986. (у співавторстві).

15. Методические основы разработки комплексных прогнозов // Проблемы социального прогнозирования. — Вып. 11. — Красноярск, 1986. (у співавторстві).

16. Прогнозирование как процесс получения знаний // Науковедение и информатика. — 1987. — вып. 28. — С. 16—20.

17. Интеграция прогнозных сценариев // Четвертая Сибирская конференция по надежности прогнозов. — Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1987.

18. Научно-методические материалы сводной схемы развития и размещения отрасли народного хозяйства "Наука и научное обслуживание" на период до 2005 года. — М.: ВИНТИ. — 1987. — С. 117—124. (у співавторстві).

19. Прогнозирование и социальные оценки научно-технических нововведений в странах-членах СЭВ // Всесоюзная конференция "Опыт интеграции науки и производства стран-членов СЭВ". — Москва: СЭВ, 1987, С. 196—197 (у співавторстві).

20. Кластерный анализ патентной информации для прогнозирования развития техники // Науковедение и информатика. — 1988. вып. 30. — С. 18—23. (у співавторстві).

21. Роль прогнозирования в формировании региональной

политики развития научных исследований // "Развитие и размещение научного потенциала республики (региона). — Таллинн: Ин-т экономики АН ЭССР, 1988. — С. 40—43. (у співавторстві).

22. Построение экспертной системы для научно-технического прогнозирования // Информатика и науковедение I Всесоюзная научная конференция. — Тамбов: Изд-во ТФМИК, 1988.

23. Метод растущих прогнозных сценариев // Приоритеты науки и проблемноориентированная организация НИОКР. — Киев: Наукова думка, 1988.

24. Совместные целевые проекты — основа разработки Комплексной программы научно-технического прогресса стран-членов СЭВ // Тезисы Всесоюзн. совещ. "Задачи и перспективы научно-технического сотрудничества стран-членов СЭВ, Москва, 1988. — С. 12—14. (у співавторстві).

25. Fuzzy Expertize and It's Application to R & D Management. // Scientometrics. — 1989. — vol. 15. — N 1—2. — P. 21—31. (у співавторстві).

26. Формализованные сценарии и разработка экспертных прогнозирующих систем // Экономика информатики. — Вильнюс, — 1988. С. 131—133

27. Метод растущих сценариев в научно-техническом прогнозировании. — Киев: Об-во "Знание". — 1989. — 20с.

28. Концепция экспертной прогнозирующей системы // Науковедение и информатика. — 1989. — вып. 31. — С. 47—56.

29. Растущие прогнозные сценарии // Науковедение и информатика — 1989 — вып. 32. — С. 72—77.

30. Обобщение результатов экспертизы в форме нечеткой оценки // Материалы международного (XIII Киевского) симпозиума по науковедению и научно-техническому прогнозированию. Часть I. Методология, социология и прогнозирование науки. — Киев: Наукова думка, 1990. — с. 190—191.

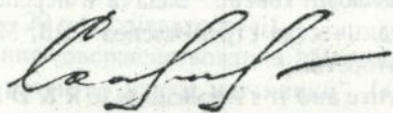
31. Forecasting Scenarios for Assessment and Choice of Large-Scale Projects Realization Alternatives // Proceedings of the International Conference "Science and Technology at the Service of Development. The Role of Governmental and Social Institutions". — Kiev: Naukova Dumka, 1990. — P. 236—238

32. Обобщенные прогнозные данные о развитии важнейших научных направлений в УССР до 2000 года // Прогнозы развития

важнейших областей (направлений) науки в Украинской ССР на период до 2000 года. — вып. 13. — Киев: Наукова думка. — 1990. — 55 с. (у співавторстві).

33. Представление знаний в экспертных прогнозирующих системах на основе сценариев // Пятая сибирская научно-практическая конференция по надежности научно-технических прогнозов. — Новосибирск, 1990. — С. 296—298.

34. Нечеткие функции полезности // Науковедение и информатика. — 1992. — вып. 36. — С. 34 — 41.



Підписано до друку 14.05.93. Формат 84×108 /32. Папір офсетний.  
Офсетний друк. Гарнітура Тип таймс. Ум. друк. арк. 1,88.  
Тираж 100 экз. Замовлення 1038 в

Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки  
ім. Г. М. Доброва, 252032 Київ 32, бул. Шевченка, 60.

ВПІ корпорації УкрНТІ, 252171 Київ 171, вул. Горького, 180.

1165579

AB 27.691