

232.5  
КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ  
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАТИКИ

*На правах рукопису*

УДК 681.32.06:007.62

ПРОДАНЮК Микола Михайлович

**ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ РОЗРОБКИ  
ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ПРОЕКТУВАННЯ  
БАЗ ДАНИХ**

Спеціальність 05.13.04 - Автоматизовані системи  
управління та системи обробки інформації

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1995

004

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00761467 (V)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі прикладної математики Київського політехнічного інституту

Науковий керівник - член-кореспондент НАН України,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор Стогній А.О.

Офіційні опоненти -доктор технічних наук,  
професор Гладун В. П.,  
- кандидат фіз.-мат. наук,  
доцент Нікольський Ю. В.,

Ведуча установа - Інститут програмних систем  
НАН України, м. Київ

Захист відбудеться "18" жовтня 1995 р. о 15 год. на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д 01.64.01 в Інституті прикладної інформатики

Відгуки на автореферат, завірені печаткою установи, просимо направляти за адресою:

252004, м.Київ, вул.Червоноармійська, 23-б

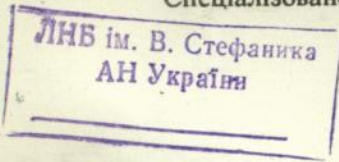
З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту прикладної інформатики

Автореферат розісланий "15" вересня 1995р.

Вчений секретар

Спеціалізованої Ради

Г.Б.Мелентьев



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

В даний час в Україні багато організацій як виробничої, так і не виробничої сфери розробляють автоматизовані системи обробки інформації і управління різного призначення. Для більшості таких систем необхідно проектувати бази даних. Існуючі засоби автоматизації проектування БД дозволяють автоматизувати лише окремі етапи цього складного і творчого процесу. Тому існує гостра потреба в створенні цілосної САПР, яка б дозволила користувачам в діалоговому режимі проектувати БД на всіх етапах її життєвого циклу.

Актуальність роботи. Перспективним і якісно новим підходом до створення таких систем є технологія інженерії знань, підхід експертних систем. Розробці експертних систем різних класів зараз в світі приділяється багато уваги.

Особливо необхідно відмітити клас експертних систем автоматизованого проектування. За тими даними, які ми маємо на сьогоднішній день, в світі немає промислового варіанту експертних систем (ЕС) проектування БД. Тому є необхідність в розробці такої ЕС, яка б дозволила проектувати бази даних для будь-яких предметних областей. Актуальність роботи в цьому напрямі посилюється ще й тим фактором, що ЕС повинні стати одним із основних компонентів обчислювальних систем п'ятого покоління.

Дисертація присвячена проблемам розробки інструментальних засобів (ІЗ) для створення ЕС проектування БД. Успішне вирішення цих задач дасть змогу: суттєво підвищити рівень та ефективність автоматизації процесу проектування, а також якість проектів БД; скоротити час проектування; розширити категорії користувачів, які зможуть виконувати проектування БД для своїх предметних галузей.

Метою дисертації є дослідження і розробка нових ІЗ для створення систем автоматизованого проектування баз даних.

Для досягнення поставленої мети в дисертації вирішені такі задачі:

I. Аналіз знань з проектування БД і технологій побудови ЕС.

II. Дослідження інструментальних засобів побудови ЕС, вибір та опис методів збору, представлення, логічного виведення і пояснення знань.

III. Розробка концепції ЕС проектування БД, її структури і режимів функціонування.

IV. Розробка методики створення ІЗ для побудови ЕС проектування реляційних БД на базі системи логічного програмування і реляційної СУБД.

V. Розробка і реалізація автоматизованого інструментарію, який дозволяє на стадії формування технічного завдання на створення нових ЕС виконувати аналіз існуючих ЕС з метою вибору прототипу, що найбільш підходить, або окремих базових програмно-технічних і мовних засобів.

VI. Створення експериментального прототипу підсистеми бази знань ЕС проектування реляційних БД.

Автор вносить на захист такі результати:

1. Підхід удосконалення процесів автоматизованого проектування БД, що ґрунтується на використанні експертних систем;
2. Структуру, принципи і режими побудови та функціонування ЕС проектування БД;
3. Методику збору та початкової формалізації на звичайній мові знань з проектування БД і методику створення ІЗ розробки ЕС проектування баз даних на основі системи логічного програмування і реляційної СУБД;
4. Алгоритми функціонування ІЗ для збору, представлення та маніпулювання знаннями;
5. Експериментальний прототип підсистеми бази знань ЕС проектування реляційних БД;
6. Автоматизовану інформаційну систему дослідника з експертних систем ІНФОЕКСИС.

Методи дослідження: Для вирішення поставлених в роботі задач використані методи і засоби системного аналізу, математичної логіки представлення знань і логічного виведення, теорії експертних систем і баз даних, теорії множин і алгоритмів.

Наукова новизна результатів роботи полягає в такому:

- запропонований підхід удосконалення процесів автоматизованого проектування БД, що ґрунтується на використанні експертних систем. Новизна запропонованого підходу полягає в повній наскрізній комп'ютерній підтримці конкретної методики проектування по вибору; наявності засобів активного використання знань і нагромадженні досвіду проектувальників БД, які представлені у вигляді бази знань; наявності експертної оцінки варіантів проектних рішень і можливостей повернення до зміни раніше прийнятих рішень в автоматизованому режимі; можливості навчання технологічним процесам проектування та поясненні прийнятих рішень та ін.;

- розроблена методика створення інструментальних засобів для побудови ЕС проектування реляційних БД на базі системи логічного програмування і реляційної СУБД. Ця методика дає змогу розробляти і підтримувати великі бази даних та знань, здійснювати інтеграцію реляційних баз даних з базами знань, створеними за допомогою Пролога, перевіряти ефективність створених проектів БД за допомогою реляційної СУБД, розширити існуючі системи БД до рівня систем БЗ;

- запропонований багаторівневий спосіб представлення знань з проектування БД в базі знань ЕС. Виконаний їх аналіз, структуризація і початкова формалізація на звичайній мові. Цей спосіб дозволяє ефективно представити різні типи знань з проектування БД і усунути, в деякій мірі, недоліки існуючих способів;

- показана реляційна однорідність деяких із методів представлення знань і можливість за допомогою реляційної теорії моделювати і оцінювати ефективність експертних систем. Цей результат показує, що

існує можливість переходу від ЕС проектування БД до створення ЕС проектування баз знань.

Практична цінність отриманих результатів полягає в такому:

Запропонований в роботі підхід експертних систем для удосконалення процесів проектування БД дає змогу створити "інтелектуальну" та ефективну систему автоматизованого проектування баз даних.

Розроблені інструментальні засоби - АІС дослідника з ЕС ІНФОЕК-СИС і прототип підсистеми бази знань ЕС розробки ЕС і БД зменшують можливість допущення помилок на ранніх стадіях їх створення при виборі базових програмних і мовних засобів; забезпечують модифікацію БЗ в процесі створення і експлуатації ЕС по мірі зміни знань з проектування БД; знижують рівень вимог до кваліфікації розробників ЕС і БД в галузі програмування, тим самим роблячи можливим більш активну участь в цих процесах спеціалістів з предметних галузей; підвищують якість проектів БД; дають змогу проводити підготовку та навчання інженерів знань.

Робота має практичну цінність як в галузі розробки ЕС, так і в галузі проектування баз даних для різних предметних галузей виробничої і не виробничої сфери народного господарства країни.

Реалізація результатів роботи. Результати роботи використані при розробці АІС дослідника з експертних систем ІНФОЕК-СИС, прототипу підсистеми бази знань ЕС проектування БД методичних матеріалів. Розроблені засоби впроваджені в Центральному НДІ туберкульозу Мінохорониздоров'я СРСР (м.Москва), СКТБ інформаційних систем Інституту проблем матеріалознавства АН України (м.Київ) і використовуються у ВО "КАТІОН" Міністерства електроніки промисловості (м.Хмельницький), Дослідницькому інституті обчислювальної техніки і автоматизації Угорської Академії наук (м.Будапешт), Державному університеті "Львівська політехніка" (м.Львів). Акти, які стверджують впровадження і використання результатів дисертаційної роботи, подані в додатку до дисертації.

Апробація роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися більш як на 35 наукових конференціях та семінарах, зокрема на Всесоюзній конференції "Експертные системы в научных исследованиях и проектировании" (Київ, 1986), I Всесоюзній науковій конференції "Информатика и науковедение" (Тамбов, 1988), Всесоюзній конференції з штучного інтелекту (Переславль-Залеський, 1988), Всесоюзній конференції "Проблемы разработки и внедрения экспертных систем" (Москва, 1989), III Всесоюзній конференції з машинного фонду російської мови (Москва, 1989), II Всесоюзної конференції "Проблемы создания сетей ВЦКП и автоматизированных банков даных в городском хозяйстве" (Москва, 1987), Всесоюзній школі "Проблемы разработки и внедрения экспертных систем в непромышленной сфере" (Москва, 1987), Всесоюзній нараді "Автоматизация проектирования микрорелектронной аппаратуры" (Володимир, 1983), VI Все-

союзній школі-семінарі "Распараллеливание обработки информации" (Львів, 1987), Всесоюзному семінарі "Распределенная обработка данных и локальные сети ЭВМ" (Москва, 1987), Всесоюзному семінарі "Актуальные проблемы развития перспективных информационных технологий" (Москва, 1987), Республіканській школі-семінарі "Сучасний стан і перспективи розвитку проблемно-орієнтованих інформаційних систем" (с. Славсько, 1985), Республіканському семінарі "Представлення знань в системах штучного інтелекту" (Київ, 1987), Республіканському семінарі "Системи баз даних в наукових дослідженнях" (Київ, 1985), Республіканському семінарі наукової Ради АН України "Кібернетика", секція 8, семінар 8.5 "Автоматизовані інформаційні системи і банки даних" (Київ, 1988), Республіканському семінарі наукової Ради АН України з проблем "Кібернетика", секція 8, семінар 8.1 "Експертні системи" (Київ, 1988), Республіканському семінарі ІК АН України "Проблеми інтелектуалізації автоматизованих інформаційних систем" (Київ, 1988), науково-технічних конференціях Львівського політехнічного інституту (Львів, 1984-1992).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 30 друкованих робіт.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків. Робота містить 143 сторінки основного тексту, 27 рисунків і 15 таблиць.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, завдання досліджень і основні положення, які виносяться автором на захист, показана їх наукова новизна і практична цінність.

У першому розділі проведений порівняльний аналіз структур, функціональних характеристик, інструментальних засобів існуючих ЕС, виконана їх класифікація і подані основні визначення.

Проблема представлення знань (ПЗ) є в даний час центральною проблемою в галузі систем баз знань (СБЗ) експертних систем (ЕС). Від правильності вибору методу представлення знань залежить адекватність і повнота представлення знань в базі знань (БЗ), від яких, в свою чергу, залежить ефективність і якість роботи всієї системи.

Під час дослідження цієї проблеми вирішені такі завдання: *розробка схеми і процедури процесу набуття і представлення знань в БЗ; формулювання вимог до внутрішньої відповідності знань; аналіз методів і засобів ПЗ; розробка рекомендацій щодо використання методів і засобів для представлення знань з проектування БД. Процес їх розв'язання опублікований в роботах [3], [7].*

У процесі вирішення цих завдань отримані такі результати:

1.1. Процес набуття і представлення знань носить довгостроковий ітеративний характер.

1.2. Знання в СБЗ представляються в двох формах - зовнішній і внутрішній. Внутрішня форма буває двох видів - фізична і логічна. Екс-

перти поставляють в систему фрагменти знань у зовнішній формі, а інженер знань вручну або за допомогою спеціальних засобів переводить їх у внутрішню форму. Фрагменти в БЗ представляються у фізичній формі, а коли система видає повідомлення, вона використовує зовнішню форму.

1.3. Для того, щоб знання експертів, які представлені в БЗ, могли ефективно використовуватися в процесі роботи з СБЗ, вони повинні задовільняти такі вимоги: здатність пояснювати їх використання; можливість доповнювати БЗ новими знаннями; здатність використовувати всю БЗ.

Для представлення знань в БЗ використовують різні методи. У результаті аналізу цих методів і засобів зроблені такі висновки і рекомендації: *вибір методу представлення знань для конкретної ПО залежить від структури знань, типу і обсягу завдань, що вирішуються; немає універсального методу представлення знань для різних ПО; більшість розроблених засобів дає змогу представляти знання тільки одним методом, і, в основному, у вигляді продукційних правил або фреймів; немає ідеального методу ПЗ; кожний із них має як переваги, так і недоліки; для найбільш адекватного і повного представлення знань із ПО в БЗ необхідно використовувати комбінацію декількох методів або розробити свій специфічний метод; в ролі мови інженерії знань для розробки ЕС проектування БД використано мову Пролог і його конкретну реалізацію МПролог. Ця рекомендація дана на основі таких особливостей системи МПролог: а) незалежність від технічних засобів і ОС; б) та ж сама робота може бути виконана на PC IBM і великих ЕОМ; в) інтерактивне середовище розробки програм PDSS містить оперативну-технічну допомогу, спеціальний редактор, ітеративне виправлення помилок і слідування; г) модульність, яка дає змогу створювати великі Prolog-системи; д) високі робочі характеристики з ефективним використанням ресурсів; е) інтерфейс з мовами програмування: Ассемблер, Фортран, Паскаль, СІ та ін.*

Проведений аналіз відомих методологій та знань з проектування БД. У цьому напрямі вирішені такі завдання: *аналіз існуючих методологій і систем проектування баз даних; вибір базової методології для автоматизованого проектування БД; класифікація знань з проектування БД; узагальнюючий аналіз знань з проектування БД.*

У процесі вирішення цих задач отримані такі результати:

1.4. У ролі базової методології проектування вибрана методологія Тіорі Т. і Фрай Ф., яка, порівняно з іншими, має такі переваги: а) в ній з єдиних методологічних позицій в рамках єдиної термінології детально описані загальні принципи, методи і засоби проектування баз даних на концептуальному, логічному і фізичному рівнях проектування; б) дає змогу на кожному кроці проводити оцінку проектних рішень, переглядати їх у випадку необхідності; в) підхід однаково прийнятний для сіткових, реляційних і ієрархічних систем баз даних; г) найбільш придатна для

автоматизації.

1.5. Розроблені критерії оцінки і загальна схема класифікації знань з проектування БД. Встановлено, що за етапами процесу проектування БД знання можна розділити на знання "формулювання і аналізу вимог" (етап 1); знання "Концептуальне проектування" (етап 2); знання етапу "Проектування реалізації" (етап 3); знання етапу "Фізичне проектування" (етап 4).

1.6. На основі аналізу знань зроблені такі висновки: знання етапів проектування - це всі необхідні знання, за допомогою яких можна вирішити завдання, які виникають при конкретному етапі проектування; знання з проектування БД мають багаторівневу структуру представлення: загальні (мета), оперативні, елементарні; за характером виконуваних функцій знання кожного етапу можуть бути як декларативними, так і процедурними, або тими та іншими одночасно; знання кожного етапу проектування містить знання мета, оперативного і елементарного рівнів; в існуючих САПР БД майже не автоматизований процес проектування на етапах "Аналіз і формування вимог" і "Концептуальне проектування". Формалізуючи ці знання за допомогою відповідних засобів, можна автоматизувати процес проектування БД.

Для удосконалення процесу проектування БД запропоновано використати підхід інженерії знань, концепцію ЕС. Розроблена методика створення та функціонування ЕС проектування БД. Схема цього процесу подана на рис.1

За допомогою розробленої АІС ІНФОЕКСИС проведений аналіз ІЗ для побудови ЕС проектування БД, визначений їх склад і розроблена структура [17,22,23].

У процесі виконання робіт в цьому напрямі вирішені такі завдання: збір знань із різних джерел; класифікація і структуризація зібраних знань; формалізація знань і вибір загальної моделі для їх представлення.

У процесі вирішення цих завдань отримані такі результати:

1.7. Зібрані знання, необхідні для виконання процесів проектування БД на етапі 1 і 2.

1.8. Виконана класифікація і структуризація знань за етапами процесу проектування, а також за характером виконуваних функцій і рівнів змістової виразності всередині кожного етапу.

1.9. Проведений аналіз і формалізація знань на етапі 1,2 [ 22 ].

Із класифікації знань видно, що вони носять багаторівневий характер: на найвищому рівні загальні (метазнання) і на найнижчому - елементарні знання. Тому в базі знань доцільно їх представляти за рівнями.

Знання верхнього рівня носять декларативний і процедурний характер. Крім цього, добре для експертів і проектувальників, щоб вони на цьому рівні мали можливість глобальної оцінки знань, які зберігаються в БЗ.

У зв'язку з цим, на верхньому рівні знання мають представлятися у взаємозв'язку. Для цього найбільш підходять мережні методи представ-

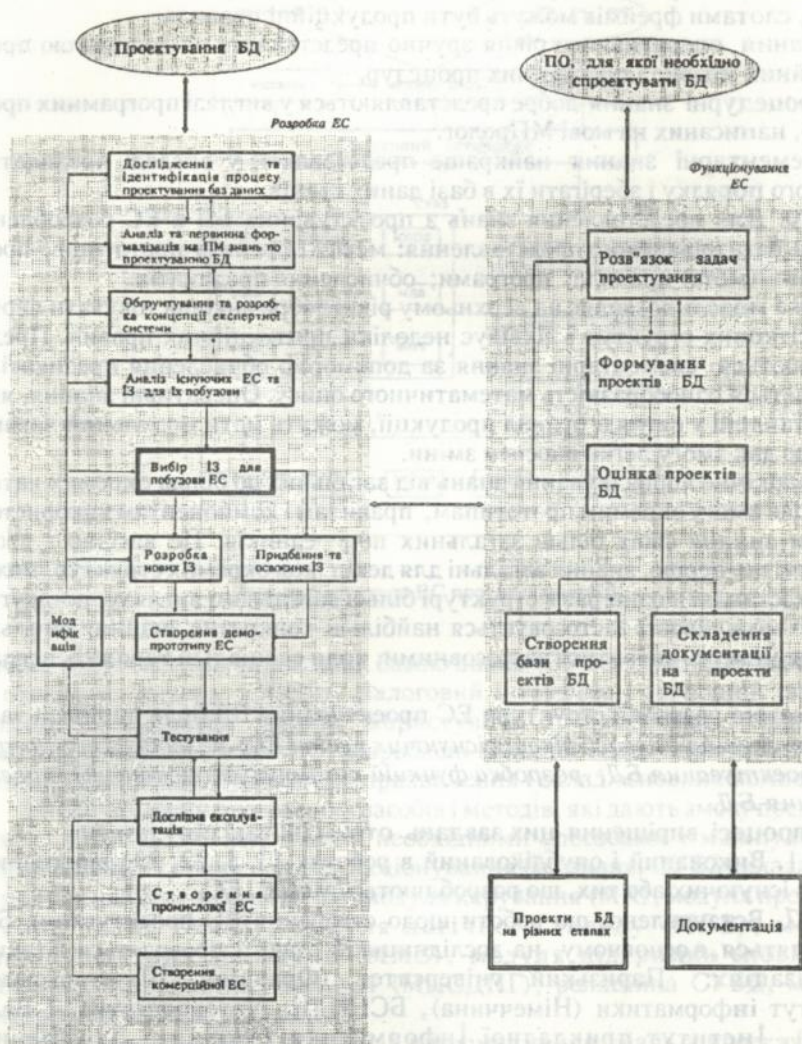


Рис. 1 Схема процесу розробки та функціонування ЕС проектування БД

лення знань: семантичні мережі, фрейми, скрипти і їх різні модифікації. Ми вибираємо фрейми, тому що вони більше задовільняють необхідним вимогам, тобто, на цьому рівні знання представлятимуться у вигляді сітки фреймів-прототипів. Фрейми-прототипи можуть мати однакові слоти. Це

дозволяє виконувати операції вкладення і об'єднання їх в сітки. Крім цього, слотами фреймів можуть бути продукційні правила.

Знання оперативного рівня зручно представляти за допомогою продукційних правил і програмних процедур.

Процедурні знання добре представляються у вигляді програмних процедур, написаних на мові МПролог.

Елементарні знання найкраще представляти у вигляді предикатів першого порядку і зберігати їх в базі даних станів.

1.10. Для представлення знань з проектування БД в ЕС розроблена модель багаторівневого представлення: мережі фреймів-прототипів; продукційні (мета) правила; програми; обчислення предикатів.

Така модель дозволяє на верхньому рівні добре використовувати переваги сіткових структур і ліквідує недоліки продукційних правил. Представляються елементарні знання за допомогою обчислення предикатів, досягається однообразність математичного опису. Оперативні знання, які представлені у вигляді правил продукції, можуть мати модульний характер, що дає змогу легко вносити зміни.

Ієрархічне впорядкування знань від загальних до більш окремих категорій дає змогу окремим прототипам, правилам і компонентам використовувати знання своїх більш загальних попередників. Це вигідно з двох причин: по-перше, знання загальні для декількох окремих структур, можна представляти один раз в структурі більш загального вигляду; по-друге, хоч по можливості застосовується найбільш конкретне знання, загальні знання можуть виявитися застосовними, коли спеціальні терплять невдачу.

З метою розробки структури ЕС проектування БД були вирішені такі завдання: *аналіз і класифікація існуючих у світі ЕС; розробка структури ЕС проектування БД; розробка функцій кожної компоненти ЕС проектування БД.*

У процесі вирішення цих завдань отримані такі результати:

1.11. Виконаний і опублікований в роботах [3, 5, 22, 23] змістовний аналіз існуючих або тих, що розробляються у світі, ЕС.

1.12. Встановлено, що роботи щодо створення ЕС проектування БД знаходяться, в основному, на дослідницькій стадії і проводяться в таких організаціях: Паризький університет (Франція), Штутгартський інститут інформатики (Німеччина), БСНІПІ "Інтерпрограма" (Болгарія), Інститут прикладної Інформатики (Україна), Державний університет "Львівська політехніка" (Україна) та інших.

1.13. На основі аналізу вищевказаних досліджень і враховуючи специфіку вимог ранньої методології проектування БД, розроблені структура ЕС проектування БД (див. рис.2).

1.14. Визначені призначення і функції кожної компоненти ЕС проектування БД.

Як видно з рис.2, основними компонентами ЕС проектування БД є база

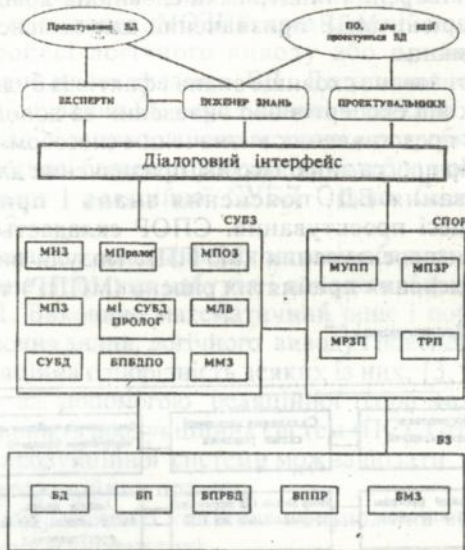


Рис. 2. Структура ЕС проектування БД.

знань (БЗ), система управління базою знань (СУБЗ), система прийняття і пояснення рішень (СПОР), діалоговий інтерфейс і зовнішній рівень - експерти, інженери знань, користувачі. У дисертації проведені дослідження компонент ЕС, розроблені функції, склад і принципи побудови кожної з них. Розглянемо призначення і склад основних компонент.

СУБЗ - це набір програмних засобів і методів, які дають змогу представляти, накопичувати знання необхідними способами і маніпулювати ними в процесі створення і функціонування баз знань. СУБЗ складається з модуля набуття знань (МНЗ), модуля керування (МК), модуля представлення знань (МПЗ), модуля логічного виводу (МЛВ), модуля маніпулювання знаннями (ММЗ), модуля підтримки словників-довідників предметних галузей (МПССДПГ), реляційна СУБД, модуль інтерфейса "СУБД\_МПролог".

МНЗ призначений для збору і накопичення знань з проектування БД, формалізованих на звичайній мові. МПЗ призначений для представлення знань заданим способом в БЗ. ММЗ призначений для пошуку та зміни знань в БЗ при роботі ЕС в різних режимах.

СУБД (реляційна) призначена для керування і підтримки знань на метарівні, а також для контрольованого наповнення і керування створеними реляційними БД. МК призначений для керування процесами збору, накопичення, представлення і маніпулювання знаннями. МПССДПГ

призначений для створення і підтримки словників-довідників з проектування БД на метарівні. МЛВ призначений для здійснення різних типів логічного виводу знань.

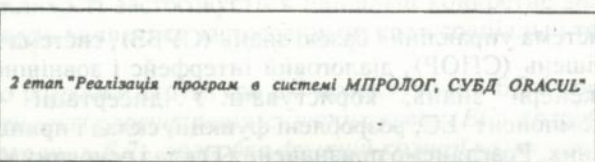
БЗ - це автоматизоване сховище знань і фактів із будь-якої предметної галузі, отриманих від експертів або виведених за допомогою механізмів логічного виводу і представлених визначеним способом.

СПОР - це набір програмних засобів, призначених для керування процесами проектування БД, пояснення знань і прийнятих рішень, отриманих в процесі проектування. СПОР складається з: модуля управління процесом проектування (МУПП), модуля вирішення завдань (МВЗ), модуля пояснення прийнятих рішень (МППР) тимчасового робо-

*1 етап "Проектування ІС"*



*2 етап "Реалізація програм в системі МПРОЛОГ, СУБД ORACUL"*



*3 етап "Випробування ІС"*

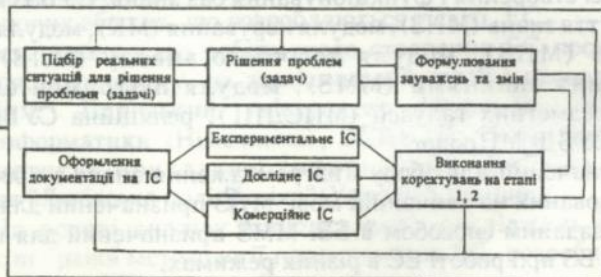


Рис.3 Схема процесу розробки Інструментальних засобів для побудови ЕС проектування БД

чого простору (ТРП). МУПП призначений для керування процесами проектування БД на всіх етапах. МОЗПР призначений для пояснення знань отриманих в процесі логічного виводу або прийнятих рішень на відповідному етапі проектування БД. Детальний опис структури і принципів функціонування ЕС опубліковані в роботах [7, 12, 14 ].

У другому розділі запропонована методика розробки ІЗ для ЕС проектування БД на основі базових програмних засобів: мови логічного програмування МПролог і реляційної СУБД Oracul. Схема цього процесу показана на рис. 3.

Проведений аналіз і класифікація методів збору знань із різних джерел. Запропонована методика набуття і початкової формалізації знань з проектування БД. Виконано математичний опис і порівняльний аналіз засобів представлення знань, логічного виводу і пояснення знань, продемонстрована реляційна однорідність деяких із них. [3, 4, 7, 22 ].

Показано, що за допомогою реляційної теорії можна моделювати і оцінювати ефективність продукційних систем (ПС). Структуру і принцип функціонування продукційної системи можна подати так:

1. Множина продукційних правил.
2. Конкретна ситуація або контекст як множина встановлених в цій ситуації утверджень (ствверджень).
3. Інтерпретатор правил.

Структура продукційного правила  
ЯКШО умова 1 І умова 2 АБО ... умова N ТО (наслідок).

#### Принцип роботи ПС

1 фаза - підбір "уповноважених" правил до заданої ситуації.

2 фаза - вибір підмножини правил, використовуючи визначену стратегію керування.

3 фаза - додавання наслідків або умов вибраних правил до даної ситуації.

За допомогою реляційної теорії можна специфікувати роботу ПС таким чином:

Структура ПС представляється у вигляді такої реляційної схеми

$$R_{ps} = (S, P, C),$$

де S - множина початкових ситуацій; P - множина продукційних правил; C - множина стратегій керування.

Тоді принцип роботи ПС моделюється таким чином:

1 фаза - ситуація задається відношенням K:

$$K: s \times F \rightarrow V, (s, f) = V$$

s - конкретний стан ситуації, V - множина істинних значень (дійсні числа 0-1), F - множина висловлювань.

Умова кожного правила p в P задається відношенням A:

$$A: F \times P \rightarrow V, (f, p) = V$$

Множина "уповноважених" правил визначається добутком відношень K і A

$$K < op1 > A = E$$

2 фаза - Стратегія керування задається відношенням

$$c: E \rightarrow E'$$

Модифікація ситуації -  $C: P \times F \rightarrow V$

Наслідки вибраних правил визначаються

$$E' < \text{op2} > C = K_n$$

3 фаза - Отримання нової ситуації

$$K_n < \text{op3} > K = K'$$

$$K_i' = (K' \text{ ni } < i - \text{op3} > K_i)$$

Динаміка ПС:

$$K \xrightarrow{< \text{op1} >} A \quad E \xrightarrow{c} E' \xrightarrow{< \text{op2} >} C \quad K_n \xrightarrow{< \text{op3} >} K' = K'$$
$$d: K \rightarrow K'$$

У дисертації наведені приклади порівняння моделей двох ПС за однаковими і різними динаміками. Цей результат вказує на можливість переходу від ЕС проектування БД до створення ЕС проектування баз знань.

Третій розділ присвячений розробці алгоритмів і процедур функціонування ІЗ для збору, представлення, маніпулювання, логічного виводу і пояснення знань в ЕС проектування БД.

Алгоритми функціонування окремих модулів ЕС проектування БД мають вигляд:

Алгоритм представлення знань для продукційних правил

Початок.

Крок 1. Виділення лексичних одиниць тексту (слів і словосполучень).

Крок 2. Запис лексичних одиниць у формалізованому вигляді (одночасно йде складання таблиці).

Крок 3. Чи є умовна частина правила диз'юнкцією простих умов? Якщо ні - перехід на крок 5, інакше - крок 4.

Крок 4. Розбиття правила на прості правила з відповідними простими умовами.

Крок 5. Перетворення умовної частини в кон'юнкцію простих умов.

Крок 6. Запис кожної простої умови у вигляді рядка формалізованих лексичних одиниць, розділених символом підкреслювання.

Крок 7. Запис у вигляді формалізованого рядка правої частини правила - наслідку.

Крок 8. Підстановки умов і наслідків в жорстку структуру продукційного правила: ЯКШО умова 1, і умова 2, і умова N, ТО наслідок. Якщо утвердження, отримане від експерта, не вписується в структуру ЯКШО - ТО, його будемо розглядати як факт. Для представлення подібних знань використовують правильно побудовані формули (ППФ) числення предикатів. Це можуть бути одно-, дво-, або багатомісні предикати, а також предикати без аргументів (тільки ім'я предикату). У загальному випадку предикат записують так:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_N),$$

де P - ім'я предикату,  $X_1, X_2, \dots, X_N$  - аргументи предикату.

Для фактів одномісний предикат - це об'єкт і його властивість, багатомісні предикати виражають відношення (зв'язки) між об'єктами  $X_i$ . Важливою проблемою для представлення знань у вигляді предикатних формул є правильне виділення об'єктів і відношень, тому якість представлення залежить від майстерності інженера знань.

Загальній формі предикатного виразу  $P(X_1, X_2, \dots, X_N)$  відповідає форма фактів

МПролога:  $P(X_1, \dots, X_N)$ . Використовуючи реляційну СУБД, предикатні вирази можна записати в рядках  $(N+1)$ -мірного відношення, де в 1-ому стовпчику - ім'я предикату, в 2,3,...,  $(N+1)$ - аргументи  $X_1, \dots, X_N$ .

Кінець.

### Алгоритм представлення знань у вигляді фактів

Початок.

Крок 1. Виділення лексичних одиниць тексту (слів і словосполучень).

Крок 2. Запис лексичних одиниць у формалізованому вигляді (одночасно йде складання таблиці).

Крок 3. Виділення в утвердженні на звичайній мові логічних зв'язків (тобто виділення об'єктів і відношень між ними).

Крок 4. Запис у вигляді формалізованих рядків об'єктів і відношень.

Крок 5. Підстановка об'єктів і відношень (зв'язків) в жорстку структуру факта: відношення (об'єкт 1, об'єкт 2, ..., об'єкт N).

Кінець.

### Алгоритми представлення знань у вигляді фреймів

Розглянемо алгоритм представлення загальних знань з проектування БД у вигляді фреймів-прототипів. Представлення знань у вигляді фреймів здійснюється за допомогою окремої компоненти МПЗ за таким алгоритмом:

Початок

Крок 1. Отримання загальних знань з проектування БД від експертів у вигляді тексту на звичайній мові (ЗМ).

Крок 2. Визначення слотів верхнього рівня.

Крок 3. Визначення слотів нижнього рівня.

Крок 4. Формування зв'язків між слотами різних рівнів.

Крок 5. Якщо слоти нижніх рівнів вже далі неможливо поділити, то перейти до кроку 6, а якщо можна, то йти на крок 3.

Крок 6. Введення знань експертів у вигляді фреймів в тимчасовий робочий простір (ТРП).

Крок 7. Узгодження фрейму з базою фреймів-прототипів (БФП). Якщо такого фрейму нема в БФП, або окремі знання, представлені у фреймі, вже є в БФП, то перейти до кроку 8, якщо аналогічний фрейм вже є в БФП, то перейти до кроку 9.

Крок 8. Внести у фрейм із ТРП в БФП або модифікувати фрейми, які вже є в БФП.

Крок 9. Віддалення введеного фрейму із ТРП та очікування введення нового фрейму, або команди виходу із даного режиму на Кінець.

Кінець.

Представлення і нагромадження загальних знань у вигляді мета-продукційних правил відбувається згідно алгоритму ПЗ для продукційних правил.

Алгоритм функціонування модуля маніпулювання знаннями ММЗ призначений для введення, пошуку, читання, усунення, модифікації знань в різних розділах БЗ - базі даних (БД), базі продукційних правил (БПП), базі правил виводу (БПВ), базі програмних процедур (БПП), базі

мета-правил (БМП), бази фреймів-прототипів (БФП)). Він дає змогу працювати в 5 режимах з кожним розділом БЗ і викликається переважно при роботі МПЗ і МЛВ.

### Загальний алгоритм роботи ММЗ :

Початок.

Крок 1. Прийом запиту із МПЗ або МЛВ на роботу в заданому режимі з одним із розділів БЗ.

Крок 2. Запуск і відробка відповідного режиму роботи ("пошук", "введення", "читання", "усунення", "модифікація").

Крок 3. Оперативна передача інформації про роботу і знання у ТРП, МПНЗ або МДВ.

Крок 4. Вихід із заданого режиму функціонування і перехід до кроку 1. Інакше - в Кінець.

У четвертому розділі описані призначення, структура, принципи побудови і особливості реалізації АІС дослідника з експертних систем ІНФОЕКСІС (див. рис. 4, 5) і підсистеми бази знань ЕС проектування БД (див. рис. 6), а також специфіковані вимоги до інструментальних засобів створення ЕС проектування БД і подано рекомендації для їх використання. Результати цього розділу опубліковані в роботах [2, 7, 9, 21, 22].

У висновках сформульовані основні результати дисертації і напрями подальших досліджень.

У додатку наведені документи, які підтверджують впровадження і використання запропонованих в роботі засобів в інженерну практику та в навчальний процес.

### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

У дисертації отримані такі основні результати:

1. Запропонована і обґрунтована доцільність використання інженерії знань, підходу експертних систем до удосконалення процесу автоматизованого проектування БД, розроблена структура і склад інструментальних засобів, необхідних для її побудови. Цей підхід, порівняно з існуючими, має такі переваги: повна комп'ютерна реалізація процесів проектування БД на всіх етапах життєвого циклу згідно вибраної методології; наявність засобів автивного використання знань і нагромадженого раніше досвіду проектувальників БД, представлених в базі знань; наявність можливості експертної оцінки варіантів проектних рішень і повернення для зміни раніше прийнятих рішень в автоматизованому режимі тощо.

2. Розроблена методика збору початкової формалізації на звичайній мові (ЗМ) знань з проектування БД. Проведений аналіз, класифікація і початкова формалізація знань і запропонований багаторівневий спосіб для їх представлення в базу знань ЕС. Цей спосіб дозволяє адекватно і повно представити різні типи знань з проектування БД.

3. Показана реляційна однорідність деяких із методів представлення

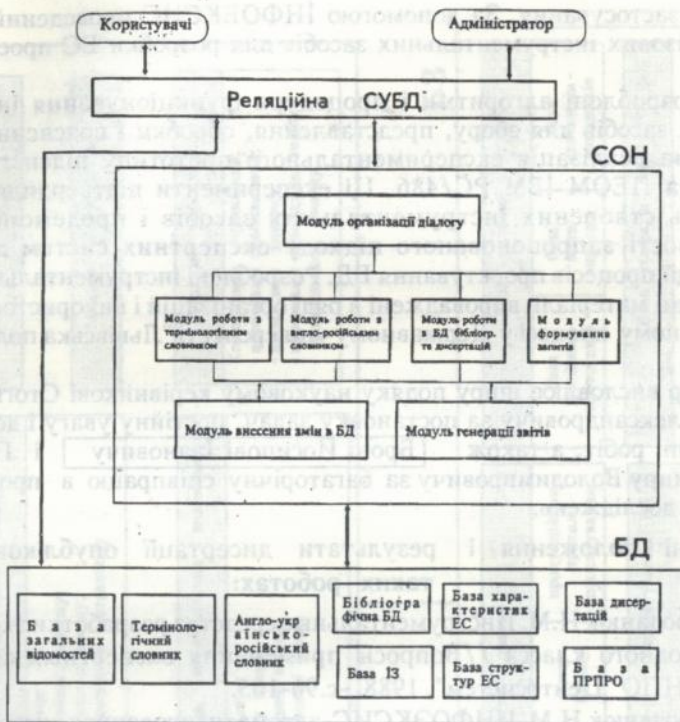


Рис.4 Структура АІС дослідника з експертних систем ІНФОЕКСИС

знань (обчислення предикатів, продукційні правила, фрейми) і запропонований спосіб специфікації і моделювання процесів функціонування продукційних систем за допомогою реляційної теорії. Ці результати показують, що існує в перспективі можливість переходу від створення ЕС проектування БД до створення ЕС проектування баз знань.

4. Розроблена методика створення інструментальних засобів для побудови ЕС проектування реляційних БД на базі системи логічного програмування і реляційної СУБД. Дана методика дозволяє створити засоби підтримки великих баз даних і знань, здійснити інтеграцію реляційних баз даних з базами знань, створеними за допомогою Пролога, перевіряти ефективність створених проектів БД за допомогою реляційної СУБД, розширити існуючі СУБД до рівня СУБЗ, а систем БД до рівня системи БЗ.

5. Розроблений і реалізований на ЕОМ ІВМ РС/486 інструментарій у вигляді автоматизованої інформаційної системи (АІС) дослідника з експертних систем ІНФОЕКСИС. Ця система дає змогу в автоматизованому режимі виконувати аналіз існуючих ЕС і засобів їх побудови по

сферах застосування. За допомогою ІНФОЕКСИС проведений аналіз і вибір базових інструментальних засобів для розробки ЕС проектування БД.

6. Розроблені алгоритми і процедури функціонування інструментальних засобів для збору, представлення, обробки і пояснення знань і виконана реалізація експериментального прототипу підсистеми бази знань на ПЕОМ ІВМ РС/486. Ці експерименти підтвердили працездатність створених інструментальних засобів і продемонстрували можливість запропонованого підходу експертних систем для автоматизації процесів проектування БД. Розроблені інструментальні засоби і методичні матеріали впроваджені в ряді організацій і використовуються в навчальному процесі у Державному університеті "Львівська політехніка" [7, 9, 18].

Автор висловлює щире подяку науковому керівникові Стогнію Анатолію Олександровичу за постановку задач, постійну увагу і допомогу у виконанні робіт, а також Броні Йосипові Івановичу і Пасічнику Володимирі Володимировичу за багаторічну співпрацю в процесі проведення досліджень.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Проданюк Н.М. Инструментальные средства разработки экспертных систем одного класса // Вопросы применения экспертных систем: - Минск: НПО "Центрсистем", 1988. -с.96-105.

2. Проданюк Н.М. ИНФОЭКСИС-автоматизированная система исследователя экспертных систем. // Управляющие системы и машины. -К.: Наукова думка, 1991, N 7, -с.121-126.

3. Проданюк Н.М. Анализ способов представления знаний в интеллектуальных информационных системах // Распараллеливание обработки информации: Тез.докл. VI Всесоюзн.школы-семинара. -Львов, 1987. -с.182-183.

4. Проданюк Н.М. Дедуктивный вывод экспертной системы проектирования реляционных баз данных // Проблемы разработки и внедрения экспертных систем: Тез.докл. Всесоюзн.конф. -М.: ИНФОРМПРИБОР, 1989, с.139-140.

5. Стогній А.О., Брона Й., Пасічник В.В., Проданюк М.М. Експертні системи - ефективний Інструмент сучасної інформаційної технології // Вісник АН УРСР. -К.: Наукова думка, 1989. N5. с.17-26.

6. Проданюк Н.М. Информационная система для автоматизации библиографических работ научного исследователя // Информатика и науковедение: Тез.докл. I Всесозн.науч.конф. -Тамбов, 1988. -с.167-168.

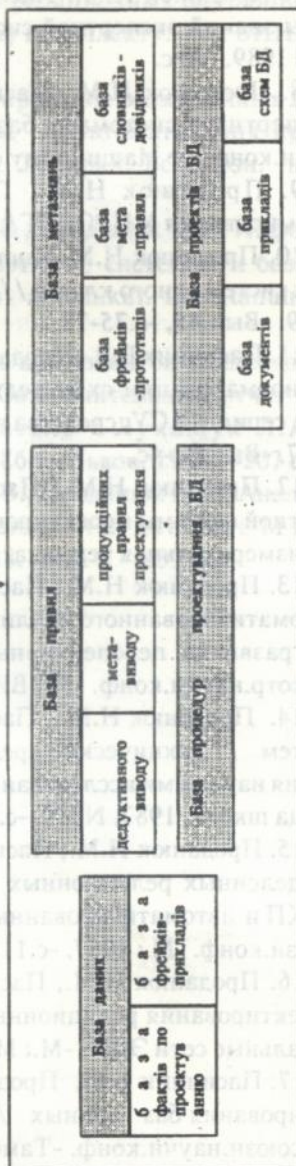
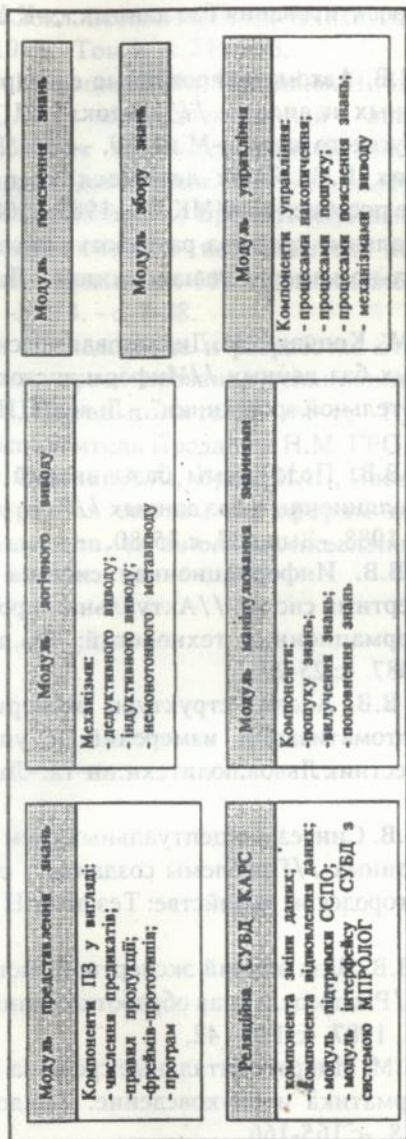


Рис.5 Структура підсистеми бази знань ЕС проектування БД

7. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Исследование процессов создания базы знаний экспертной системы проектирования баз данных: . -К:УМК ВО, 1989. -30 с.

8. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Автоматизированные словари по экспертным системам, базам данных и знаний //Тез.докл. III Все-союзн.конф. по Машинному фонду русского языка. -М.: 1989. - с.56-58.

9. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Язык логического программирования МПРОЛОГ/ Учебное пособие.-К.: УМК ВО, 1989. -108 с.

10. Проданюк Н.М. Инструментальные средства разработки экспертных систем одного класса //Контрольно-измерительная техника. -Львов, 1989. -Вып.45, -с.75-78.

11. Пасичник В.В., Проданюк Н.М., Копчак О.И. Диалоговая подсистема нормализации схем реляционных баз данных //Информ.листок 87-255, серия 1"АСУ, средства вычислительной оргтехники". -Львов: ЦНТИ, 1987. -Вып.8. -4с.

12. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Подсистемы базы знаний экспертной системы проектирования реляционных баз данных //Контрольно-измерительная техника. -Львов, 1988. -Вып.437 -с.75-80.

13. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Информационная система для автоматизированного анализа экспертных систем //Актуальные проблемы развития перспективных информационных технологий: Тез.докл. межотр.научн.конф. -М.: ВИМИ, 1987. -с.25-27.

14. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Анализ структуры экспертных систем //Технические средства автоматизации измерений и управления научными исследованиями: Вестник Львов.политехн.ин-та. -Львов: Виша школа. 1987. N219. -с.7-10.

15. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. Синтез концептуальных схем распределенных реляционных баз данных //Проблемы создания сетей ВУКП и автоматизированных БД в городском хозяйстве: Тез.докл. II Все-союзн.конф. -М.: 1987. -с.117-118.

16. Проданюк Н.М., Пасичник В.В. База знаний экспертной системы проектирования реляционных БД //Распределенная обработка данных и локальные сети ЭВМ. -М.: МД НТП, 1987. -с.136-142.

17. Пасичник В.В., Проданюк Н.М. Инструментальные средства проектирования баз данных //Информатика и науковедение. Тез.докл. I Всесоюзн.научн.конф. -Тамбов, 1988. -с.165-166.

18. Пасичник В.В., Проданюк Н.М. Исследование процессов проектирования реляционных схем. -Львов:ЛПИ, 1988. -24 с.

19. Пасичник В.В., Брона И.И., Проданюк Н.М. Представление

знаний в экспертной системе проектирования реляционных баз данных //Тез.докл. Всесоюзн. конф. по искусственному интеллекту. -М.: ВНИИ-ТИ, 1988. -Том 1. -с.251-256.

20. Пасичник В.В., Проданюк Н.М. Проектирование реляционных БД для САПР микроэлектронной аппаратуры //Автоматизация проектирования микроэлектронной аппаратуры. Тез.докл. Всесоюзн. научн.практ. совещания. М.: 1983. -с.154-155.

21. Стогний А.А., Брона И.И., Пасичник В.В., Проданюк Н.М. Информационная система исследователя по экспертным системам и базам знаний. -Будапешт: МТА Szamitastechn. es autom.kut. intez.tanulm., 1988. -N214. - с. 7-38.

22. Исследование и разработка отдельных компонентов экспертной системы проектирования реляционных БД: Заключительный отчет по НИР/ Львов.политехн. ин-т; Руководитель Лукашук Л.А., Отв.исполнитель Проданюк Н.М. ГРО1870001864. -Львов, 1988. - 207 с.

23. Стогний А.А., Брона И.И., Пасичник В.В., Проданюк Н.М. Анализ экспертных систем по сферам применения. -Будапешт: МТА Szamitastechn. es autom.kut. intez.tanulm., 1988. -N214. - с.39-80.

Проданюк Н.М. Инструментальные средства разработки экспертных систем проектирования баз данных.

Диссертация представлена в форме рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.04 - Автоматизированные системы управления и системы обработки информации, Институт прикладной информатики, Киев, 1995.

Рассмотрена методология усовершенствования процессов автоматизированного проектирования БД, основанная на использовании технологии инженерии знаний и экспертных систем.

Разработаны методики формализации знаний по проектированию БД, создания инструментальных средств для построения ЭС проектирования БД, алгоритмы их функционирования, экспериментальный прототип подсистемы базы знаний ЭС проектирования БД, АИС исследователя по экспертным системам ИНФОЕКСИС.

Prodaniuk M.M. Tools for the Development of Expert Systems for designing data bases.

The Candidate's Thesis of Technical Sciences at 05.13.04 - Automated Management Systems and Information Processing Systems, Institute of Applied Informatics, Kiev, 1995.

The methodology for the Improvement of automatized data bases (DB) designing processes based on using the knowledge engineering and expert systems is considered.

Some methods of knowledge formalization of DB designing and development of tools for Expert System building of Data base designing and have been developed; the algorithms for their functioning experimental prototype of the Subsystem of knowledge base of Expert System DB designing, AIS of the researcher in Expert systems INFOEKSYS were also considered.

**Ключові слова:** експертна система, інженерія знань, база даних, база знань, штучний інтелект, проектування.

---

Надруковано у навчально-виробничих майстернях Львівського поліграфічного технікуму, м. Львів, вул. В.Винниченка, 12.

Підп. до друку 06.09.95 Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 1.1 Тираж 100.

4951942

AB 33.250

**AB 33.250**