КИЇВСЬКА МІСЬКА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАТИКИ

На правах рукопису

УДК 681.3

КИЦМЕЙ ТАРАС ВОЛОДИМИРОВИЧ

ПРЕДСТАВЛЕННЯ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ В БАЗАХ ДАНИХ РЕЛЯЦІЙНОГО ТИПУ

Спеціальність 05.13.17 - Теоретичні основи інформатики

Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук

Київ - 1993

Робота виконана в Інституті прикладної інформатики

Науковий керівник:

член-кореспондент УАН і РАН, д.ф.-м.н., проф. А.О. Стогній

Офіційні опоненти:

член-кореспондент УАН, д.ф.-м.н., проф. В.Н. Редько (м.Київ)
к.т.н., А.П. Сьомик (м.Київ)

Провідна організація - Інститут програмних систем АН України (м.Київ)

Захист відбудеться "11" січня 1994 р. о 14 год. на засіданні Спеціалізованої Ради Д 166.01.01 в Інституті прикладної інформатики (ІПРІН) за адресою: 252004, м. Київ, вул. Червоноармійська 23-б.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту прикладної інформатики.

Автореферат розісланий "10" грудня 1993 р.

Вчений секретар
Спеціалізованої Ради
Д 166.01.01 Гладун В.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність проблеми. Прихід ери електронних обчислювальних машин, прагнення розв'язувати нові практичні задачі, які породжуються все більш і більш складними моделями, прискорило потребу в отриманні та обробці все більш складної інформації. Значна частина інформації недоступна людині в формі чітко визначених чисел і по різних причинах є неточною, суперечливою, неповною. Останнім часом значно активізувались дослідження в області розширення семантичної виразності моделей даних і знань. В руслі цього напрямку розвивається підхід пов'язаний з розширенням можливостей представлення і маніпулювання неточними, розмитими і частково незаповненими значеннями в базах даних реляційного типу.

Теорія помилок і теорія ймовірностей- два класичні підходи до представлення неповноти інформації. Але вони виявляються недостатніми при появі нових потреб. Дійсно, обмеженість теорії помилок полягає в тому, що вона не відображає відтінки. Принцип "все або нічого"- характерна риса теорії помилок, тоді як теорія ймовірностей враховує відтінки, градації невизначеності. Проте теорія ймовірностей пропонує надто нормативні рамки для обліку суб'єктивних суджень. Суб'єктивні ймовірності не дозволяють відрізняти рівні інформативності і виявляються малозастосовними в ситуаціях, коли мало інформації, або у випадках повного незнання. В цій роботі в основу підходу до представлення неповної інформації в базах даних поставлено сімейство мір невизначенності, які тісно пов'язані з теорією помилок,- міри можливості.

Основні результати по вказаному напрямку були опубліковані в роботах Дюбуа, Прадэ, Умано, Рау, Тестемале, Біскапа, Мекюмде. Проведений аналіз публікацій вказує на ряд нерозв'язаних проблем у цій області:

- відсутність єдиного підходу до визначення нечіткого відношення;
- не зустрічались роботи, які б торкалися питання побудови функції можливих розширень POSS у випадку використання розподілів можливостей для представлення неповноти інформації. Як наслідок цього відкритим залишалось питання визначення взаємозв'язаності нечітких термів, що має прямий вплив на спосіб оцінки запитів, побудову розширеної реляційної алгебри;
- слабо вивчені проблеми побудови відповідних алгебр, які

адекватно відображають процеси маніпулювання в реляційних базах;

- на даний час практично відсутні промислові варіанти систем реляційних баз даних, які дозволяють моделювати реальні ситуації з нечіткостями, розмитостями і неточностями.

Мета дисертаційної роботи полягає в розробці теоретичних і прикладних питань представлення та обробки нечіткої інформації в базах даних реляційного типу. Виходячи з цього, дослідження проводились по наступних напрямках:

- аналітична оцінка існуючих в даній області робіт та підходів;
- інтеграція різноманітних підходів, побудова уніфікованої системи понять, визначень, позначень;
- концентрація дослідницьких зусиль на нерозв'язаних проблемах представлення та обробки нечіткої інформації;
- побудова дослідного прототипу СКБД, яка дозволяє обробляти нечіткі значення.

Наукова новизна дисертації полягає в наступному:

- введено поняття множини нечітких тверджень на базовій множині подій Ω. Вказано зв'язок між множиною тверджень та відповідним розподілом можливості $\pi(u)$, досліджені властивості нечітких тверджень;
- введено уніфікований підхід до визначення нечіткого інформаційного відношення. Це досягається шляхом розгляду нечіткого інформаційного відношення як деякої множини нечітких тверджень. Типи нечітких тверджень задають форми нечіткого відношення. Введені нечіткі нормальні форми, показані основні співвідношення між нормальними формами, їх властивості;
- приведені умови коректності нечітких реляційних операторів, введена нечітка реляційна алгебра, досліджені властивості нечітких реляційних операторів. Досліджені питання використання залежностей даних для зменшення невизначеності результату реляційної операції;
- побудована мова маніпулювання нечіткими даними FSQL, досліджено зв'язок основних конструкцій мови із виразами нечіткої реляційної алгебри;
- розроблені принципи та алгоритми побудови програмного комплексу дослідного прототипу СУБД.

Методи досліджень базуються на основних положеннях теорії відношень, формальної алгебри і алгебраїчних систем, математичної логіки, теорії можливостей, теорії нечітких множин.

Достовірність основних наукових результатів забезпечується строгим математичним доведенням сформульованих тверджень і теорем, шляхом розв'язування практичних задач і їх впровадження в конкретних інформаційних системах.

Практична цінність дисертації. Результати дисертаційних досліджень перевірялись на практиці в процесі виконання договірних та держбюджетних робіт. Розроблені методи, алгоритми і програми можуть практично використовуватись :

- при розробці промислової СКБД, яка повинна давати можливість представлення та обробки нечітких запитів;
- при розробці прикладних інформаційних систем для промислової експлуатації;
- в навчальному процесі при підготовці спеціалістів в області прикладної математики, АСУ, штучного інтелекту і т.д.

Реалізація результатів досліджень. Результати наукових досліджень використовувались при виконанні держбюджетних робіт, а також договірних робіт для Бориславської фабрики нетканних матеріалів, Бориславського експериментального ливарно- механічного заводу, Івано- Франківського заводу керамічно- стінових виробів, Івано- Франківського заводу "Промприлад".

Апробація роботи. Результати дисертаційної роботи доповідались на семінарі "Нові інформаційні технології і інструментально-технологічні засоби підтримки прийняття рішень" (Ін-т кібернетики ім.В.М.Глушкова АН України, 1992), на наукових конференціях професорсько- викладацького складу Львівського політехнічного інституту (факультет комп'ютерної техніки та інформаційних технологій, 1990- 1993 рр.), на науковому семінарі інституту "Програмних систем" наукового комплексу "Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова АН України", кафедрі теорії програмування Київського державного університету, кафедрі прикладної математики Київського політехнічного інституту.

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано дев'ять робіт.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновку, списку основної використаної літератури і додатку. Робота містить 110 сторінок основного тексту, список літератури із 76 найменувань.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У вступі обгрунтована важливість та актуальність питань представлення нечіткої інформації в базах даних реляційного типу. Приведений короткий аналіз досліджень в області представлення неповної інформації в базах даних реляційного типу. Зформульована ціль досліджень, наукова новизна, основні положення, що виносяться на захист.

В першому розділі наведені основні поняття та визначення теорії можливостей. Теорія можливостей пропонує деяку модель кількісного опису суджень, яка дозволяє провести канонічне узагальнення теорії помилок. В цьому плані невизначенність деякої події описується одночасно ступенем можливості цієї події і ступенем можливості протилежної події. Доповненя до одиниці протилежної події інтерпретується, як ступінь необхідності.

Переходячи до застосування теорії можливостей в різноманітних областях (в тому числі в БД) виникають ситуації, коли розподіл можливості на базовій множині в явному вигляді не заданий. Наявна тільки множина деяких тверджень про можливість чи необхідність нечітких подій (в загальному випадку). Виникає питання побудови розподілу можливості на базовій множині подій Ω.

Тут спостерігається принципова відмінність між розподілами можливості та ймовірності як суб'єктивною та об'єктивною мірою. Розподіл ймовірності на базовому ймовірнісному просторі не залежить від рівня наших знань і цілком визначається фізичними властивостями явища, яке моделюється. Розподіл ймовірності може змінитися тільки при зміні ймовірнісного простору. Розподіл можливості виступає, як функція від знань про простір можливих подій. Якщо знання повні, то відповідний розподіл можливості дорівнює одиниці в одній єдиній точці, яка відповідає події, що відбулася. Якщо немає ніякої інформації про можливі події Ω, то відповідний розподіл можливості дорівнює I у всіх точках. Тому необхідно вказати зв'язок між знаннями про множину подій Ω і розподілом можливості $\pi(u)$, який відповідає цим знанням. Під знаннями розуміється множина відомостей, яку має суб'єкт чи група суб'єктів і відноситься до предметної області, що задається Ω. Знання про Ω представляються у формі множини нечітких тверджень.

Означення I. **Твердженням** на множині елементарних подій Ω називається триплет (A,f,a), де $f\in\{\Pi,N\}$, $a\in[0,1]$ і A - в загальному випадку нечітка підмножина Ω.

Кожне твердження (A,f,a) в залежності від значення f задає можливість $(f=\Pi)$ чи необхідність $(f=N)$ а події A. Кожне твердження задається деяким суб'єктом.

Для довільної підмножини $A\subseteq\Omega$ (в загальному випадку нечіткої) і $a\in[0,1]$ введено функції, областю визначення котрих є Ω

$$F^{\Pi}_{A,a}(u) = \begin{cases} a, & \mu_A(u) > a, \\ 1, & \mu_A(u) \le a, \end{cases}$$

$$F^{N}_{A,a}(u) = \begin{cases} 1-a, & \mu_A(u) < a, \\ 1, & \mu_A(u) \ge a, \end{cases}$$

де $\mu_A(u)$ - функція належності нечіткої множини A.

Нехай $M(\Omega)$- деяка множина нечітких тверджень, заданих на Ω. Позначимо через $POSS(M(\Omega))$ нечітку множину, функція належності якої задається наступним виразом

$$\min\,[\inf\,\{F^{f}_{A,a}(u)\,|\,(A,f,a)\in M(\Omega)\},\ 1].$$

Для того, щоб нечітка множина $POSS(M(\Omega))$ задавала розподіл можливості $\pi(u)$, проводиться нормування $POSS(M(\Omega))$ у випадку її ненормованості.

Означення 2. Можливість довільної елементарної події $u\subseteq\Omega$ відносно множини нечітких тверджень $M(\Omega)$ визначається наступним виразом

$$\Pi(u|M(\Omega)) = \Pi(u|Nor(POSS(M(\Omega))))$$

Наведене вище означення встановлює зв'язок між множиною нечітких тверджень і відповідним розподілом можливості. В подальшому припускається, що множина тверджень $M(\Omega)$- нормована.

Досліджені властивості нечітких тверджень, доведено ряд інтуїтивно очевидних властивостей, які підтверджують природність та доцільність введених властивостей. Введені формалізми служать базою для наступних побудов в розділах 2,3.

В багатьох випадках множина нечітких тверджень володіє певною структурою. Розглянуто випадок, коли множина тверджень задає розподіл можливостей на сукупності розбиттів $\{\Sigma_i\}_{i=1}^{n}$ базової множини Ω. Ця ситуація є типовою в інформаційних системах при представленні неповної інформації.

Нехай $\{\Sigma_i\}_{i=1}^{n}$ деяка множина розбиттів множини Ω, і на кожній множині Σ_i заданий розподіл можливості $\mu_i(\sigma_i^j)$, де $\sigma_i^j \in \Sigma_i$. Кожен розподіл можливості $\mu_i(\sigma_i)$, $i=1,2,\ldots,n$ можна розглядати, як деяку множину тверджень $M^i(\Omega) = \{(A,\Pi,\mu_i(A)) | \ A \in \Sigma_i\}$. Тоді сукупність розподілів можливостей $\{\mu_i\}_{i=1}^{n}$ задає множину тверджень $M_\mu(\Omega)$ на множині Ω. Тобто

$$M_\mu(\Omega) = \bigcup_{i=1}^{n} M^i(\Omega)$$

Доведена наступна теорема, яка має широке застосування в аналізі та обробці нечітких інформаційних відношень.

Теорема I. Якщо для довільної підмножини $\{\Sigma_{i_j}\}_{j=1}^{m} \subseteq \{\Sigma_i\}_{i=1}^{n}$ і довільних $\sigma_j \in \Sigma_{i_j}$ існує $u \in \bigcap_{j=1}^{m} \sigma_j$ таке, що $\forall \Sigma_k \neq \Sigma_{i_j}$ $(j=1,2,\ldots,m)$ $\exists \sigma_k \in \Sigma_k$ таке, що $u \in \sigma_k$ і $\mu_k(\sigma_k)=1$, то

I) $\forall \Sigma_i (i=1,2,\ldots,n)$ і $\forall \sigma_i \in \Sigma_i$ $\Pi(\sigma_i | M_\mu(\Omega)) = \mu_i(\sigma_i)$,

2) $\forall \{\Sigma_{i_j}\}_{j=1}^{m} \subseteq \{\Sigma_i\}_{i=1}^{n}$ і $\forall \sigma_j \in \Sigma_{i_j}$

$$\Pi\left(\bigcap_{j=1}^{m} \sigma_j | M_\mu(\Omega)\right) = \min_{j=1,\ldots,m} \Pi(\sigma_j | M_\mu(\Omega)) = \min_{j=1,\ldots,m} [\mu_{i_j}(\sigma_j)],$$

3) $\forall \{\Sigma_{i_j}\}_{j=1}^{m} \subseteq \{\Sigma_i\}_{i=1}^{n}$, то для $\forall D_j$ (D_j - нечітка множина, задана на розбитті Σ_{i_j})

$$\Pi\left(\bigcap_{j=1}^{m} D_j | M_\mu(\Omega)\right) = \min_{j=1,\ldots,n} [\Pi(D_j | M_\mu(\Omega))] =$$

$$= \min_{j=1,\ldots,m} \sup_{\sigma \in \Sigma_{i_j}} \min [\tau_j(\sigma), \mu_{i_j}(\sigma)],$$

де $\tau_j(\cdot)$ - функція належності нечіткої множини D_j.

У другому розділі дається визначення нечіткого інформаційного відношення, введені його нечіткі нормальні форми. Вказаний зв'зок між нечіткими нормальними формами, дається семантична інтерпретація нечіткого кортежа. Побудована функція можливих розширень POSS, доведені її властивості. Досліджені питання взаємозв'язності тверджень заданих на різних атрибутах. Значна увага приділена нечітким відношенням представленим в 2ННФ, приведено доведення ряду властивостей цих відношень. Досліджується питання побудови оберненого відображення $POSS^{-1}$.

Нехай O- множина об'єктів реальної дійсності або деякої її частини, яку надалі будемо називати предметною областю. Під об'єктами предметної області розуміються її елементи або їх взаємозв'язки. Групи подібних об'єктів утворюють класи об'єктів $O_1, O_2, \ldots, O_k$. Об'єкти володіють властивостями, які називаються **атрибутами** і співвідносять деяке значення із **множини значень** даного атрибута з кожним об'єктом в класі об'єктів. Множина значень атрибута A позначається через D(A) і припускається, що D(A) містить елемент e, який характеризує випадок незастосовності атрибута. Нехай $R_1, R_2, \ldots, R_k$ - множини атрибутів, які характеризують відповідно класи об'єктів $O_1, O_2, \ldots, O_k$. Позначимо через Vl(o,A) відображення, яке ставить у відповідність кожному об'єкту o значення атрибута A.

У випадку неповної інформації значення атрибута, що характеризує деякий об'єкт, може бути невідомим, не повністю відомим (відома тільки деяка підмножина області значень атрибута) чи невизначеним (відома функція розподілу можливості на множині значень). В загальному випадку може бути відома функція сумісного розподілу можливості декількох значень атрибутів для декількох об'єктів. Наприклад, відомо, що значення атрибута для декількох об'єктів співпадає. Крім того, множини об'єктів $O_1, O_2, \ldots, O_k$ можуть бути також не повністю визначені, відома можливість чи необхідність належності довільного об'єкта довільному класу.

Нехай $O_1^*, O_2^*, \ldots, O_k^*$- деякі множини об'єктів предметної області, для яких справедливо, що $o \in O_i^*$ тоді і тільки тоді, коли

$$\Pi\left(o \in O_i \,\middle|\, \begin{array}{c}\text{знання суб'єкта}\\ \text{про стан предметної}\\ \text{області}\end{array}\right) > 0$$

Очевидно, що $O_i \subseteq O_i^*$, і у випадку повноти інформації $O_i^*=O_i$. Тому, якщо інформація неповна, будемо представляти інформацію про об'єкти множини O_i^* вводячи додатковий атрибут STATUS, який характеризує належність об'єкта до O_i.

В роботі пропонується використати атрибут STATUS для представлення можливості належності O_i, та можливості того, що об'єкт, який представляється даним кортежем не належить O_i. Позначимо через $Vl(o,R_i \cup STATUS)$- кортеж t на атрибутах $R_i \cup STATUS$, що визначається наступним чином:

1) $\forall A \in R_i \quad t[A]=Vl(o,A)$;

2) $t[STATUS]=\begin{cases} T \text{ ,якщо } o \in O_i & \text{(True)} \\ F \text{ ,якщо } o \notin O_i & \text{(False)} \end{cases}$

Нехай ω_i- відношення зі схемою $R_i \cup STATUS$, яке визначається наступним чином

$$\omega_i = \{Vl(o,R_i \cup STATUS) \mid o \in O_i^*\}.$$

Відношення ω_i відоме тільки у випадку повної інформації. Будемо його називати **зовнішнім** відношенням, а $Vl(o,R_i \cup STATUS)$- **зовнішнім** кортежем. Неповну інформацію будемо представляти нечітким інформаційним відношенням $\tilde{r}$ (**внутрішнім** відношенням), при цьому ω_i будемо називати розширенням нечіткого відношення $\tilde{r}$ і позначати $ext(\tilde{r})$. Надалі будемо вживати термін **чітке** відношення, коли йде мова про звичайне інформаційне відношення реляційних баз даних.

Означення 3. Нечітке інформаційне відношення r зі схемою R- це деяка множина тверджень заданих на множині $\Omega(R)$, де $\Omega(R)$- множина всеможливих відношень зі схемою $R \cup STATUS$, на кожному з яких виконується функціональна залежність $R \rightarrow STATUS$, де $D(STATUS)=\{T,F\}$.

Означення 4. Функція можливих розширень - це функція POSS, яка для кожного $R \subseteq U$ і $\tilde{r} \in Rel\uparrow(R)$ визначає розподіл можливості $\mu_{\tilde{r}}$ заданий на $\Omega(R)$ такий, що для довільного $u \in \Omega(R)$ $\mu_{\tilde{r}}(u) = \Pi(u \mid \tilde{r})$.

Введені нечіткі нормальні форми (КННФ, 1ННФ, 2ННФ) нечіткого відношення.

Означення 5. Якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ зі схемою $R= A_1 A_2 \ldots A_n$ представлене у вигляді множини нечітких відображень атрибутів $A_1 A_2 \ldots A_n \cup STATUS$ в $D(R \cup STATUS)$, то будемо говорити, що нечітке відношення $\tilde{r}$ знаходиться в по- **кортежній нечіткій нормальній формі (КННФ)**.

Означення 6. Нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в КННФ будемо називати **замкненим**, якщо для довільного $o \in O_\iota^*$ $(\exists \tilde{t} \in \tilde{r})(\xi(\tilde{t})=o)$. В противному випадку нечітке відношення - **незамкнене**.

Запропоновано метод побудови **функції можливих розширень** для нечітких відношень представлених в КННФ, доведені наступні твердження:

- якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ - нормоване, тоді кожен кортеж $\tilde{t} \in \tilde{r}$ також нормований;
- якщо існує ненормований кортеж $\tilde{t} \in \tilde{r}$, тоді нечітке відношення $\tilde{r}$ також ненормоване;
- якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ знаходиться в КННФ і заданий кортеж $t \in D(R)$, тоді

$$\Pi(t \in ext(\tilde{r}) \mid \tilde{r}) \leq \max_{\tilde{t} \in \tilde{r}} \mu_{\tilde{t}}((t,T)).$$

Якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в КННФ, то довільний кортеж $\tilde{t} \in \tilde{r}$ задає розподіл можливості значень атрибутів $R \cup STATUS$ об'єкта $\xi(\tilde{t})$. Проте в багатьох ситуаціях знання суб'єкта про значення атрибутів об'єкта $\xi(\tilde{t})$ є невзаємозв'язаними. Тобто можливість довільного твердження про значення довільного атрибуту $A \in R$, не залежить від значень інших атрибутів $R \cup STATUS \setminus A$. В цьому випадку простіше (як з точки зору наглядності, так і обробки) вказувати можливі значення кожного атрибута для об'єкта окремо. В зв'язку з цим введемо поняття домена атрибута.

Означення 7. Доменом атрибута A називається множина всеможливих тверджень допустимих в базі даних про значення атрибута.

Домен атрибута A позначається $dom(A)$. Легко бачити, що поняття домена атрибута є природним розширенням цього поняття в чітких реляційних базах даних. Тобто, якщо відношення чітке, то довільне твердження про значення атрибута є елементом множини $D(A)$ і поняття множини значень та домена співпадають $(D(A)=dom(A))$. Якщо в базі даних допускається представлення нечітких тверджень про значення атрибута A, то довільний елемент $a \in dom(A)$ буде нечіткою підмножиною $D(A)$ і буде характеризуватися функцією розподілу можливостей μ_a. Тому розглядаються домени атрибутів, які є множиною всеможливих нечітких множин заданих на $D(A)$, тобто

$dom(A)=[0,1]^{D(A)}$.

Означення 8. Якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ зі схемою $R=A_1A_2...A_n$ представлене у вигляді множини відображень атрибутів $A_1A_2...A_n\cup STATUS$ в $dom(A_1)\times dom(A_2)\times...\times dom(A_n)\times dom(STATUS)$, то будемо говорити, що нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в першій **нечіткій нормальній формі** (ІННФ).

Розглянуто функції $G_{1\to K}$ та $G_{K\to 1}$, які задають перетворення $G_{1\to K}$ нечіткого відношення представленого в ІННФ в нечітке відношення в КННФ і навпаки. Доведена наступна теорема.

Теорема 2. Нехай $\tilde{r}$ та $\tilde{s}$ - довільні нечіткі відношення представлені відповідно в ІННФ та КННФ. Тоді

I) $POSS(G_{1\to K}(\tilde{r})) = POSS(\tilde{r})$;

2) $G_{K\to 1}(\tilde{s}) \le \tilde{s}$;

3) $\tilde{r} = G_{K\to 1}(G_{1\to K}(\tilde{r}))$, якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ - нормоване;

4) $\tilde{s} \ge G_{1\to K}(G_{K\to 1}(\tilde{s}))$.

Нечіткі відношення, які представлені в КННФ та ІННФ, викликають ряд складностей при їх обробці. В основному ці складності пов'язані з неможливістю ідентифікувати кортежі, які представляють інформацію про один і той же об'єкт. Тому розглянуті нечіткі відношення представлені в 2-й нечіткій нормальній формі, які знімають цю проблему, проте дещо зменшують семантичну виразність нечіткого відношення. Переважно на практиці існують обмеження відносно того, де у нечіткому відношенні можуть появлятись нечіткі дані. Типовий випадок- заборона нечіткостей в любій компоненті первинного ключа.

Означення 9. Якщо нечітке відношення $\tilde{r}$ зі схемою $R=A_1A_2...A_n$ представлене у вигляді множини відображень атрибутів $A_1A_2...A_n\cup STATUS$ в $D(K)\times dom(R\cup STATUS\setminus K)$, що для довільних двох відображень t_1 і t_2 $t_1[K]\ne t_2[K]$, то будемо говорити, що нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в **другій нечіткій нормальній формі** (2ННФ) зі схемою (R,K).

Очевидно, що довільне нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в 2ННФ знаходиться також в ІННФ. Якщо К- ключ множини об'єктів O_i^*, то інформація про об'єкти O_i^* нечітким відношенням $\tilde{r}$, яке знаходиться в 2ННФ зі схемою (R,K). Оскільки значення $\tilde{t}[K]$ ключових атрибутів кортежа $\tilde{t}\in\tilde{r}$ однозначно визначають об'єкт $o=\xi(\tilde{t})$, то різні кортежі представляють інформацію про різні об'єкти. Тобто $(\forall\tilde{t}_1\in\tilde{r})$ $(\forall\tilde{t}_2\in\tilde{r})$ $(\xi(\tilde{t}_1)\neq\xi(\tilde{t}_2))$, якщо $\tilde{t}_1\neq\tilde{t}_2$. Функція $Vl:O(r)\times\{0,1\}^{RuSTATUS}\to D(\{0,1\}^{RuSTATUS})$ однозначно визначає функцію Vl': $D(K)\times\{0,1\}^{RuSTATUS}\to D(\{0,1\}^{RuSTATUS})$: $(\forall t[K]\in D(K))$ $(\forall A\in RuSTATUS)$, якщо $Vl'(t[K],A)=a$, то a є значенням атрибута A на об'єкті, який визначається кортежем $t[K]$ заданим на ключових атрибутах. Розширимо область визначення функції Vl' на повну множину $D(K)$. Якщо $t[K]\in D(K)$ і не існує $o\in O_i^*$, що $t[K]=Vl(o,K)$, то $\forall A\in RuSTATUS\setminus K$ $Vl'(t[K],A)=e$. Приведене розширення Vl' повністю узгоджується із семантикою елемента e. Відмітимо, що значення функції Vl' на $D(K)\times(RuSTATUS\setminus K)$ повністю визначає $ext(\tilde{r})$. Справедливе також зворотне твердження, тобто $ext(\tilde{r})$ визначає Vl'.

Справедливі наступні твердження.

Лема I. Нехай $\tilde{r}$– нечітке відношення представлене в 2ННФ зі схемою (R,K). Якщо кожен кортеж нечіткого відношення $\tilde{r}$ нормований, то нечітке відношення $\tilde{r}$ також нормоване.

Теорема 3. Нехай задано нечітке відношення $\tilde{r}$ представлене в 2ННФ зі схемою (R,K), послідовність $\left\{t_i[K]\right\}_{i=1}^{m}$ та множини послідовностей $\left\{A_i^j\right\}_{j=1}^{l_i}$, $\left\{d_i^j\right\}_{j=1}^{l_i}$ для $i=1,2,..,m$, де $t_i[K]\in D(K)$, $A_i^j\in RuSTATUS$, $d_i^j\in dom(A_i^j)$ $(i=1,2,\ldots,m;\ j=1,2,\ldots,l_i)$. Для довільних $1\le i_1,i_2\le m$ $t_{i_1}[K]\neq t_{i_2}[K]$ і $\forall i\in\{1,\ldots,m\}$, $\forall j_1,j_2\in\{1,\ldots,l_i\}$ $A_i^{j_1}\neq A_i^{j_2}$. Тоді, якщо для кожного $t_i[K]$ $(i=1,2,..,m)$ існує $\tilde{t}_i\in\tilde{r}$, що $\tilde{t}_i[K]=t_i[K]$, то

$$\Pi\left(\bigwedge_{i=1}^{m}\bigwedge_{j=1}^{l_i} Vl'(t_i[K],A_i^j)=d_i^j \mid \tilde{r}\right)=$$

$$=\min_{i=1,2,..,m}\ \min_{j=1,2,..,l_i}\ \max_{a\in D(A_i^j)}\left[\Pi(Vl'(t_i[K],A_i^j)=a\mid\tilde{r}),\mu_{d_i^j}(a)\right],$$

де $\mu_{d_i^j}$ – функція належності нечіткої множини d_i^j .

Показано, що існує обернене відображення до функції POSS, яке позначається $POSS^{-1}$ і відображає довільний розподіл можливості заданий на $\Omega(R)$ в замкнуте нечітке відношення представлене в 2ННФ.

$$POSS^{-1}(B) = \Big\{ \tilde{t} \mid (\exists\omega\in\Omega(R)) \Big[(\mu_B(\omega)>0)\wedge(\exists t\in\omega)\Big[(t[K]=\tilde{t}[K])\wedge$$

$$\wedge (\forall C\in RSTATUS\backslash K)(\forall c\in D(C)) (\mu_{\tilde{t}[C]}(c)=\Pi(V1'(\tilde{t}[K],C)=c\mid B)\Big]\Big]\Big\},$$

де B- нечітка множина визначена на $\Omega(R)$, яка задана своєю функцією належності μ_B. Показано, що для довільного замкнутого нормованого нечіткого відношення, представленого в 2ННФ, справедливі вирази

$$\tilde{r} = POSS^{-1}(POSS(\tilde{r}))$$

$$B \supseteq POSS(POSS^{-1}(B))$$

Введені обмеження на нечіткі дані (FE- залежності).

Означення 10. Нехай $\tilde{r}$- нечітке відношення, представлене в 1ННФ, зі схемою R ,$X,Y\subseteq R$ і $\alpha\geq 0$. Нечітке обмеження існування (FE-залежність) $X\neg(\alpha)Y$ задовільняє відношення $\tilde{r}$, якщо для кожного кортежа $\tilde{t}\in\tilde{r}$ $Sp(\tilde{t}(X))\leq\alpha*Sp(\tilde{t}(Y))$, де для довільної множини атрибутів Z

$$Sp(\tilde{t}(Z))= \min_{A\in Z} Sp(\tilde{t}[A]).$$

В цьому означенні Sp- міра специфічності, яка запропонована Ягером і для скінченого випадку, коли елементи D(A) впорядковані по спаданню $\mu_{\tilde{t}[A]}$ має вигляд

$$Sp(\tilde{t}[A]) = \int_0^{\beta} \frac{1}{|F_\alpha|}\, d\alpha = \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{j} \left[\mu_{\tilde{t}[A]}(a_j)-\mu_{\tilde{t}[A]}(a_{j+1})\right],$$

де $\beta=\sup\{\alpha\mid F_\alpha\neq\emptyset\}$, $|D(A)|=n$ і по визначенню $\mu_{\tilde{t}[A]}(a_{n+1})=0$.

Наведемо аксіоми виводу FE-залежностей.

FE0. **Збільшення:** Якщо $\alpha_1\leq\alpha_2$, то із $X\neg(\alpha_1)Y$ випливає $X\neg(\alpha_2)Y$.

FE1. **Рефлективніть:** $X\neg(1)X$.

FE2. **Поповнення:** Із $X\neg(\alpha)Y$ випливає $XZ\neg(\alpha)Y$.

FE3. **Адитивність:** Із $X\neg(\alpha_1)Y$, $X\neg(\alpha_2)Z$ випливає $X\neg(\alpha_3)YZ$, де $\alpha_3=\max(\alpha_1,\alpha_2)$.

FE4. **Проективність:** Із $X\neg(\alpha)YZ$ випливає $X\neg(\alpha)Y$.

FE5. **Транзитивність:** Із $X\neg(\alpha_1)Y$, $Y\neg(\alpha_2)Z$ випливає $X\neg(\alpha_1\alpha_2)Z$.

FE6. **Псевдотранзитивність:** Із $X\neg(\alpha_1)Y$, $YZ\neg(\alpha_2)W$ випливає $XZ\neg(\alpha_3)Z$, де $\alpha_3=\max(\alpha_1\alpha_2,\alpha_2)$.

Доведена справедливість і повнота системи аксіом виводу (FE0–FE6).

Третій розділ присвячений питанню побудови нечіткої реляційної алгебри. Введені поняття природного розширення, адекватності і обмеженості реляційних операторів на випадок нечітких відношень. Розглянуто зв'язок реляційних операторів та залежностей даних, що підтримуються на схемі реляційної бази даних. Основна увага приділена нечітким відношенням представленим в 2ННФ, для яких існує відображення $POSS^{-1}$, що дає змогу природним чином узагальнити основні реляційні оператори. Введено ряд реляційних операторів, які не мають аналогу в традиційній реляційній алгебрі. Досліджені властивості введених операторів, їх зв'язок із звичайними реляційними операторами.

Підхід, що розглядається в дисертації, в деякій мірі аналогічний підходам до визначення реляційної алгебри на нечітких відношеннях, домени атрибутів яких є множиною всеможливих підмножин D(A), тобто $dom(A)=2^{D(A)}$. Ці підходи детально розглянуті в роботах Кодда , Ліпського, Імелінського , Віскапа. Відзначимо, що у вищезгаданих роботах приймається, що POSS – це відображення $Rel\dagger(R) \to Rel(R)$. Як видно із другого розділу, в даній роботі зроблений відступ від традиційного визначення функції можливих розширень POSS і задається , що POSS – це відображення $Rel(R)\to\Omega(R)$. Очевидно, що традиційний підхід є частковим випадком наведеного, оскільки довільний розподіл можливостей, заданий на $\Omega(R)$, однозначно визначає розподіл можливостей, заданий на Rel(R). Обернене твердження не вірне.

Для визначення реляційних операторів на нечітких відношеннях розширено кожний унарний оператор на $\Omega(R)$, бінарний на $\Omega(R_1)\times\Omega(R_2)$. Розширення оператора γ позначається γ':

Означення II. Нехай заданий оператор γ на Rel і γ' на Ω. γ' – **природне розширення** γ при виконанні наступних умов:

I) якщо γ – унарний оператор, то для довільного $u\in\Omega$

$$\pi_R\sigma_{STATUS=T}(\gamma'(u)) = \gamma(\pi_R\sigma_{STATUS=T}(u))$$

і для довільного $r\in Rel$

$$\gamma'(POSS(r)) = POSS(\gamma(r));$$

2) якщо γ – бінарний оператор, то для довільних $u_1, u_2\in\Omega$

$$\pi_R \sigma_{STATUS=T}(u_1 \gamma' u_2) = \pi_R \sigma_{STATUS=T}(u_1)\ \gamma\ \pi_R \sigma_{STATUS=T}(u_2)$$

і для довільних $r_1, r_2 \in \mathrm{Rel}$

$$POSS(r_1)\ \gamma'\ POSS(r_2) = POSS(r_1\ \gamma\ r_2).$$

Зформульовані умови узгодженості узагальненого реляційного оператора $\tilde{\gamma}$ визначеного на $\mathrm{Rel}\dagger$ із звичайним реляційним оператором γ визначеним на Rel.

Означення I2. Нехай заданий оператор γ на Rel і $\tilde{\gamma}$ на $\mathrm{Rel}\dagger$. $\tilde{\gamma}$- **природне розширення** γ при виконанні наступних умов:

I) якщо γ, $\tilde{\gamma}$ - унарні оператори, то $\gamma(r)=\tilde{\gamma}(r)$ для довільного $r \in \mathrm{Rel}$ для якого $\gamma(r)$ визначений;

2) якщо γ, $\tilde{\gamma}$ - бінарні оператори, то $r_1\ \gamma\ r_2 = r_1\ \tilde{\gamma}\ r_2$ для довільних $r_1, r_2 \in \mathrm{Rel}$ для яких $r_1\ \gamma\ r_2$ визначений.

Наступне означення описує ідеальну поведінку узагальненого оператора.

Означення I3. Нехай задані оператори γ на Rel і γ' на Ω і $\tilde{\gamma}$ на $\mathrm{Rel}\dagger$. Оператор $\tilde{\gamma}$ є **точним** узагальненням γ відносно розширення γ' при виконанні наступних умов:

I) якщо γ - унарний оператор, то для довільного $\tilde{r} \in \mathrm{Rel}\dagger$

$$\gamma'(POSS(\tilde{r})) = POSS(\tilde{\gamma}(\tilde{r}));$$

2) Якщо γ - бінарний оператор, то для довільних $\tilde{r}_1, \tilde{r}_2 \in \mathrm{Rel}\dagger$

$$POSS(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ POSS(\tilde{r}_2) = POSS(\tilde{r}_1\ \tilde{\gamma}\ \tilde{r}_2).$$

Тут $\gamma'(POSS(\tilde{r}))$ і $POSS(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ POSS(\tilde{r}_2)$ - нечіткі множини, функції належності яких задаються наступними виразами

$$\mu_1(v) = \max \{ \overset{P}{\mu}_{\tilde{r}}(u) \mid u \in \Omega(R), v=\gamma'(u) \},$$

$$\mu_2(v) = \max \{ \min (\overset{P}{\mu}_{\tilde{r}_1}(u), \overset{P}{\mu}_{\tilde{r}_2}(u)) \mid u_1 \in \Omega(R), u_2 \in \Omega(R), v=u_1 \gamma' u_2 \},$$

де $\overset{P}{\mu}_{\tilde{r}}$, $\overset{P}{\mu}_{\tilde{r}_1}$, $\overset{P}{\mu}_{\tilde{r}_2}$ - функції належності нечітких множин $POSS(\tilde{r})$, $POSS(\tilde{r}_1)$, $POSS(\tilde{r}_2)$.

На жаль, не завжди $\gamma'(POSS(\tilde{r}))$ або $POSS(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ POSS(\tilde{r}_2)$ можуть бути представлені у вигляді $POSS(\tilde{q})$ для деякого $\tilde{q}$. В таких випадках узагальнення вибирається таким чином, щоб воно містило $\gamma'(POSS(\tilde{r}))$ або $POSS(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ POSS(\tilde{r}_2)$ з найменшими "доповненнями".

Означення I4. Нехай задані оператори γ на Rel, γ' на Ω і $\tilde{\gamma}$ на

Rel$\dagger$. Оператор $\tilde{\gamma}$ **адекватний** γ відносно розширення γ' при виконанні наступних умов:

I) якщо γ - унарний оператор, то для довільного $\tilde{r}\in$Rel$\dagger$

$$\gamma'(\mathrm{POSS}(\tilde{r})) \subseteq \mathrm{POSS}(\tilde{\gamma}(\tilde{r}));$$

2) якщо γ - бінарний оператор, то для довільних $\tilde{r}_1,\tilde{r}_2\in$Rel$\dagger$

$$\mathrm{POSS}(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ \mathrm{POSS}(\tilde{r}_2) \subseteq \mathrm{POSS}(\tilde{r}_1\ \tilde{\gamma}\ \tilde{r}_2).$$

Оператор $\tilde{\gamma}$ **обмежений** для γ відносно розширення γ' при виконанні наступних умов:

I) якщо γ - унарний оператор, то для довільного $\tilde{r}\in$Rel$\dagger$ не існує такого $\tilde{q}\in$Rel$\dagger$, що

$$\gamma'(\mathrm{POSS}(\tilde{r})) \subseteq \mathrm{POSS}(\tilde{q}) \subset \mathrm{POSS}(\tilde{\gamma}(\tilde{r}));$$

2) якщо γ - бінарний оператор, то для довільних $\tilde{r}_1,\tilde{r}_2\in$Rel$\dagger$ не існує такого $\tilde{q}\in$Rel$\dagger$, що

$$\mathrm{POSS}(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ \mathrm{POSS}(\tilde{r}_2) \subseteq \mathrm{POSS}(\tilde{q}) \subset \mathrm{POSS}(\tilde{r}_1\ \tilde{\gamma}\ \tilde{r}_2).$$

Очевидно, що якщо $\tilde{\gamma}$ є точне узагальнення γ відносно γ', то $\tilde{\gamma}$ - адекватний і обмежений для γ відносно γ'.

Розглянуто узагальнення реляційних операторів на відношення, які представлені в 2ННФ. В цьому випадку, як показано в розділі 2, існує функція POSS^{-1}, яка однозначно визначає відображення із множини $[0,1]^{\Omega(R,K)}$ в Rel$\dagger$(R,K). Згідно цієї функції визначається узагальнення довільного реляційного оператора γ для якого задане розширення γ'.

Означення I5. Нехай заданий оператор γ на Rel і його розширення γ' на Ω. **Узагальнення** $\tilde{\gamma}$ оператора γ відносно γ' для відношень, представлених в 2ННФ, визначається наступними співвідношеннями

I) якщо γ - унарний оператор, то для довільного $\tilde{r}\in$Rel$\dagger$(R,K)

$$\tilde{\gamma}(\tilde{r}) = \mathrm{POSS}^{-1}(\gamma'(\mathrm{POSS}(\tilde{r}));$$

2) Якщо γ - бінарний оператор, то для довільних $\tilde{r}_1,\tilde{r}_2\in$Rel$\dagger$(R,K)

$$\tilde{r}_1\ \tilde{\gamma}\ \tilde{r}_2 = \mathrm{POSS}^{-1}(\mathrm{POSS}(\tilde{r}_1)\ \gamma'\ \mathrm{POSS}(\tilde{r}_2)).$$

Теорема 4. Нехай $\tilde{\gamma}$ - узагальнення оператора γ відносно γ' для відношень, представлених в 2ННФ. Тоді, якщо γ'- природне розширення γ, то $\tilde{\gamma}$- природне розширення, адекватний і обмежений оператору γ відносно γ' для нормованих повних нечітких відношень.

Наведені визначення наступних нечітких реляційних операторів: об'єднання, перетин, різниця, доповнення, вибір, проекція, з'єднання. Показано, що для кожного з вищенаведених нечітких операторів справедливі умови попередньої теореми, а значить і справедливі наслідки цієї теореми. Введено два нових реляційних оператори KEY і LEVEL для обробки нечітких значень.

Четвертий розділ присвячений розширенню мови маніпулювання даними SQL на випадок нечітких відношень. Описані основні синтаксичні конструкції мови, обгрунтована доцільність ряду нововведень, вказаний зв'язок із реляційною алгеброю.

Найпростіший блок SELECT мови SQL є композицією декартового добутку, вибору та проекції. Блок SELECT в FSQL дещо міняється. Його загальний вигляд записується наступним чином

```
 SELECT <список-атрибутів-I>
[KEY <список-атрибутів-2>]
 FROM <список відношень>
[JOIN CONDITION <умови-з'єднання>]
[WHERE <нечітка-умова>]
[LEVEL <умова-рівня>]
```

Зупинимося на основних відмінностях SELECT SQL та SELECT FSQL.

I. Результатом блоку SELECT FSQL є нечітке відношення, представлене в 2ННФ, зі схемою (<список-атрибутів-I>, <список-атрибутів-2>). Речення KEY може бути опущене, в цьому випадку ключові атрибути вибираються по замовчуванню.

2. <умови-з'єднання> є кон'юнкцією атомів наступного виду

<назва-відн.-I>.<назва-атриб.-I>=<назва-відн.-2>.<назва-атриб.-2>,

де <назва-відн.-I>, <назва-відн.-2> належать списку відношень речення FROM. З допомогою речення JOIN CONDITION задаються пари атрибутів, які з точки зору універсальності реляційної схеми є однаковими. У випадку оперування чіткими відношеннями в мові SQL умови з'єднання включались в речення WHERE. Легко перевірити, що включення <умови-з'єднання> в речення WHERE шляхом кон'юнкції із нечіткою умовою не відображає адекватно процеси обробки неповної інформації. Тут прослідковується аналогія з нечіткою реляційною алгеброю, де оператори природного з'єднання та еквi- з'єднання не можуть бути виражені в загальному випадку через оператор θ-з'єднання.

3. <нечітка-умова> будується аналогічно до звичайної булівської умови мови SQL з єдиною відмінністю, що при побудові нечіткої умови можемо використовувати нечіткі операції порівняння, кожна з яких характеризується функцією належності на відповідних універсумах.

4. Речення LEVEL відповідає оператору LEVEL нечіткої реляційної алгебри. Умова рівня записується у вигляді Пθс або Nθс, де θ-деяка з операцій порівняння =, >, <, ≥, ≤, ≠ і c∈[0,1].

Підсумовуючи вищесказане, наведемо для запиту заданого блоком SELECT, еквівалентний вираз нечіткої реляційної алгебри

$$\mathrm{LEVEL}_{\langle умова\_рівня \rangle} \mathrm{KEY}_{\langle список\text{-}атрибутів\text{-}2 \rangle} \sigma_{\langle нечітка\text{-}умова \rangle} \pi_{\langle список\text{-}атрибутів\text{-}1 \rangle} r_1 \bowtie_{\langle умови\text{-}з'єднання \rangle} \ldots \bowtie_{\langle умови\text{-}з'єднання \rangle} r_n,$$

де послідовність $r_1,\ldots,r_k$ задає список відношень речення FROM.

Розглянуто питання обчислення запитів , які включають агрегуючі функції (COUNT, SUM, MIN, MAX, AVG); операції порівнянн множин (=, IN, CONTAINS); речення GROUP BY, HAVING; ключові слова ANY, ALL; предикат EXIST; оператори UNION, INTRESECT, MINUS.

В п'ятому розділі описана реалізація дослідного прототипу СКБД для маніпулювання неповною інформацією на базі промислової СКБД dBASE сімейства. Приводиться опис мови представлення даних, визначення лінгвістичних змінних, нечітких модифікаторів. Розлянуто питання представлення нечіткого відношення через систему звичайних відношень базової СКБД, їх обробка. В якості мови запитів вибрана мова FSQL, для якої реалізовано обчислення запитів заданих основними синтаксичними конструкціями мови шляхом їх трансформації в еквівалентний вираз реляційної алгебри.

Фукціональна схема дослідного протипу СКБД представлена на рис.1.

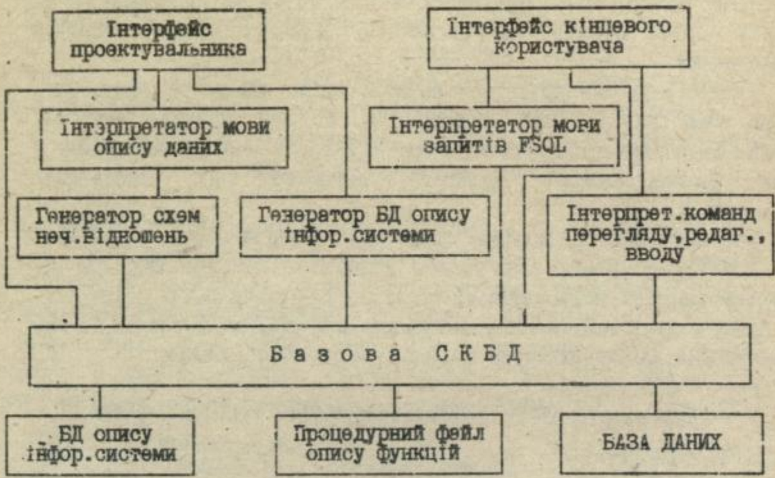

Рис.І.

У висновку зформульовані основні результати дисертаційної роботи.

В додатку наведені документи, які підтверджують впровадження результатів дисертаційних досліджень.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

В дисертації проведені дослідження, пов'язані з побудовою розширеної реляційної моделі для представлення та обробки неповної інформації в базах даних. Проведені роботи охоплюють широкий спектр досліджень, починаючи з теоретичного обгрунтування деяких прикладних питань теорії можливості і закінчуючи розробкою мови маніпулювання нечіткими даними FSQL та основними ідеями реалізації дослідного прототипу СКБД.

Отримані наступні основні теоретичні і практичні результати:

І. Побудовано уніфікований підхід до формалізації нечіткого інформаційного відношення. Введені нечіткі нормальні форми, показані основні співвідношення між нормальними формами, доведені їх властивості.

2. Розроблені методи оцінки нечітких запитів на нечітких базах даних в рамках теорії можливостей.

3. Введені обмеження на нечіткі дані (FE- залежності), наведена система аксіом їх виводу, а також доведена її повнота.

4. Побудована нечітка реляційна алгебра на відношеннях, представлених в 2ННФ. Досліджено властивості нечітких реляційних операторів та питання використання залежностей даних для зменшення невизначеності результату реляційної операції.

5. Побудована мова маніпулювання нечіткими даними FSQL, досліджено зв'язок основних конструкцій мови із виразами нечіткої реляційної алгебри.

6. Розроблені принципи, методи та алгоритми побудови програмного комплексу дослідного прототипу СКБД для маніпулювання нечіткими даними.

7. Зроблений порівняльний аналіз інших методів до представлення нечіткої інформації в реляційних базах даних .

Основні результати дисертації викладені в роботах:

1. Кицмей Т.В. Представлення нечіткої інфромації з базах даних реляційного типу.- Депон.в ДНТБ України 27.04.93, № 848-Ук93,15 с.

2. Кицмей Т.В. Представление нечеткой информации в базах данных реляционного типа.- Тез.док. на семинаре "Новые информационные технологии и инструментально- технологические средства поддержки принятия решений" псс. Кацивели, 21- 26 дек.,- Киев, Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова АН Украины, 1992.

3. Кицмей Т.В. Обмеження на нечіткі дані.- Вісник Львівського політехнічного інституту, збірник "Комп'ютерна техніка", 5 с (в друці).

4. Кицмей Т.В. Нечітка інформація в реляційних базах даних.- Депон. в ДНТБ України 13.08.93, № 1738-Ук93, 42 с.

5. Кицмей Т.В. Нечітка реляційна алгебра.- Депон. в ДНТБ України 13.08.93, № 1739-Ук93, 37 с.

6. Кицмей Т.В. Нечітка мова маніпулювання даними FSQL.- Депон. в ДНТБ України 13.08.93, № 1741-Ук93, 18 с.

7. Кицмей Т.В. Дослідний протстип СКБД на основі нечіткої реляційної моделі.- Депон. в ДНТБ України 13.08.93, № 1740-Ук93, 14 с.

8. Кицмей Т.В. Представление нечеткой информации в базах данных реляционного типа.- Тез.док. на II международном семинаре "Теоретические и прикладные проблемы моделирования предметных областей в системах баз данных и знаний" /Под. ред. Игнатенко Б.К. - Киев: Concept Ltd, 6 с.

9. Кицмей Т.В. Обмеження на нечіткі дані. Тези доповіді на І-й міжнародній конференції з інформаційних технологій і систем, 4-9 жов. 1993 р.,- м. Львів, 4 с.

Підп. до друку 6.12.93 . Формат 60x84 1/16
Папір друк. № 2. Офс.друк. Умовн.друк.арк. 1,5
Умовн.фарб.-відб. 1,5 Умовн.видав.арк. 1,37
Тираж 100 прим. Зам. 243 , Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13, Ст.Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП
Львів, вул. Городоцька, 286