

Національна академія наук України  
Інститут проблем математичних машин і систем

На правах рукопису

УДК 681.324

ПЛЕСКАЧ Валентина Леонідівна

МЕТОДИ КЕРУВАННЯ  
ПАРАЛЕЛЬНИМ ФУНКЦІОНУВАННЯМ ТРАНЗАКЦІЙ  
В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

05.13.09 — математичне та програмне забезпечення  
обчислювальних машин та систем

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ  
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України  
1996

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00739612 (S)

Робота виконана в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
НІКІТІН Андрій Іванович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук  
ЛИТВИНОВ Віталій Васильович,  
кандидат фізико-математичних наук  
ПРОЦЕНКО Володимир Семенович.

Провідна організація: Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України.

Захист відбудеться «2» жовтня 1996 р.  
о 14<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради  
при Інституті проблем математичних машин і систем НАН  
України за адресою:  
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 42.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічному архіві інституту.

Автореферат розісланий «            » ————— 199 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

ХОДАК В. І.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертація присвячена дослідженню та розробці питань транзактної обробки даних в розподілених системах, а саме - методам керування паралельним функціонуванням транзакцій в системах керування транзакціями (СКТ).

**Актуальність роботи.** Теперішній час характеризується переходом від індустріального суспільства до інформаційного. Подальший розвиток України пов'язаний зі створенням сучасної інформаційної інфраструктури. Вдосконалення інформаційної технології, методів та засобів зберігання, пошуку, обробки та передачі інформації ґрунтуються на базі розподілених систем обробки даних. Розподілена обробка даних стала самостійним напрямком в розвитку інформатики. Аналіз публікацій показує, що найбільш перспективним є використання розподілених баз даних. У світовій теорії та практиці розподілених систем основною проблемою є створення спеціальних протоколів синхронізації паралельного функціонування транзакцій. Дисертація присвячена розробці та дослідженню таких методів.

**Метою дисертаційної роботи** є розробка теоретичних та прикладних питань створення спеціальних протоколів синхронізації паралельного функціонування транзакцій та їх взаємодії, забезпечення цілісності та несуперечності розподілених баз даних. Виходячи з цього, дослідження проводились у таких напрямках:

- аналітична оцінка існуючих в даній галузі робіт та підходів;
- створення методів керування паралельним функціонуванням розподілених транзакцій, які дозволяють отримати кращі результати в порівнянні з існуючими методами за різними параметрами (результативність, справедливість, кількість транзакцій, що відкочуються);
- узагальнення в термінах графа конфліктів - "зростаюче дерево" - умови квазіпослідовності розподіленого плану паралельних транзакцій на випадки як дискретного, так і неперервного часу;
- побудова протоколів, які дозволяють попереджувати тупики і неквазіпослідовності;

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

- побудова дослідного прототипу моделі розподіленої системи, придатної для використання у різних галузях.

Основним методом досліджень є метод часових міток Лемпорта, який дозволяє забезпечити квазіпаралельне виконання транзакцій. У роботі використовуються елементи теорії обчислювальних мереж, теорії графів, теорії масового обслуговування, теорії скінченних автоматів, теорії інформаційних систем, теорії ймовірностей, математична логіка, статистичні методи імітаційного моделювання та математичний апарат лінійної алгебри.

**Наукова новизна роботи** полягає в тому, що

- розроблені нові підходи для реалізації синхронізаційних процесів в розподілених системах обробки даних в децентралізованих розподілених системах (РС) - прямий метод;

- розглянуті загальні принципи побудови розподіленого плану виконання транзакцій;

- запропоновані протоколи, які базуються на понятті глобального часу Лемпорта; доведено справедливість та результативність цих протоколів;

- запропонований алгоритм керування транзакціями для багатомірного випадку в оптимістичному підході.

**Практична цінність** роботи полягає у тому, що розроблені нові методи можуть бути основою для створення протоколів синхронізації процесів у розподілених системах. Результати дисертаційних досліджень можуть використовуватися при створенні прикладних розподілених баз даних у медицині, економіці, екології. Запропоновані методи можна використовувати при розробці систем прийняття рішень, інформаційно-довідкових систем, систем діагностики, навчальних систем для підвищення їх продуктивності та відмовостійкості.

**Апробація результатів роботи.** Окремі результати роботи під час її виконання доповідались

- на семінарі "Новые информационные технологии и инструментально-технологические средства поддержки принятия решений" (с.Кацавели, 1-5 листопада 1992 р.),

- III Міжнародному науково-технічному семінарі "Теоретические и прикладные проблемы моделирования предметных областей в системах баз данных и знаний" (с.Рибаче, 12-16 жовтня 1994 р.).

Робота виконана в рамках науково-дослідних робіт по держбюджетній та госпдоговірній тематиці, що проводились протягом 1991-1995 років у ІІІММС, м.Київ.

**Публікації.** По темі дисертації опубліковано 7 друкованих робіт.

#### **До захисту пропонуються:**

- прямий метод синхронізації процесів в розподілених системах обробки даних в децентралізованих РС, який гарантує відсутність гупикових ситуацій;
- алгоритм керування транзакціями для багатомірного випадку в оптимістичному підході в фазі ратифікації та докази його справедливості, результативності;
- базовий протокол, що базується на часових мітках Лемпорта, який гарантує відсутність гупикових ситуацій;
- протокол синхронізації транзакцій з сильними обмеженнями.

#### **Структура роботи**

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Робота викладена на 121 сторінках тексту. Бібліографія - 64 найменування.

#### **Зміст роботи**

У **вступі** обґрунтовується важливість та актуальність теми дисертації, викладені мета та методика досліджень. Сформульовані основні положення та результати, досягнуті під час виконання роботи, їх наукова новизна. Стисло викладається зміст розділів дисертаційної роботи.

**Перший розділ** містить аналітичний огляд існуючих методів керування паралельним функціонуванням розподілених транзакцій. Запроваджуються означення використовуваних термінів і понять, розглядаються моделі розподілених транзакцій та розподілених систем (РС), за допомогою яких будуються протоколи синхронізації транзакцій. Наводиться порівняльний аналіз деяких підходів до рішення цих задач.

Загальна задача в системі керування транзакціями полягає в тому, щоб знайти коректний план сімейства паралельних транзакцій, який був би еквівалентним деякому плану послідовно виконуваних транзакцій.

Засоби транзактної обробки даних розділяються на дві групи: методи, які не допускають супер.ності баз даних за рахунок забезпечення виконання коректних планів, та методи знаходження конфліктів з відп. відним відкотом деяких транзакцій при появі суперечливого стану. В загальній постановці задача знаходження коректних планів або конфліктів належить до класу NP-повних задач. Ситуації тупика або неквазіпослідовності транзакцій математично еквівалентні наявності циклу в D-графі (графі залежностей, який відобра. є порядок виконання транзакцій в PC).

Доведено дві теореми:

Теорема 1. Якщо розподілений план виконання транзакцій квазіпослідовний, то в  $\Gamma$  графі цикл відсутній.

Теорема 2. Якщо в D-графі є цикл, то в метод. блокування виникає тупик.

Система підтримки розподілених транзакцій задається у вигляді пари

$$SS = \langle S_s, S_d \rangle,$$

де  $S_s$  - статична та  $S_d$  - динамічна характеристики PC. Статична характеристика описує структуру системи, а динамічна - її поведінку в часі. В загальному випадку

$$S_s = \langle T, R \rangle,$$

$$T = \{T_1, \dots, T_n\}, T_i = \{T_i^1, \dots, T_i^{n_i}\}, i = \overline{1, n},$$

де  $T_i$ -а транзакція розуміється як множина складових її субтранзакцій,  $T$  - множина транзакцій, які одночасно виконуються в системі,  $R = \{R_1, \dots, R_m\}$  - множина інформаційних ресурсів системи.

В кожний момент часу в множині вузлів  $S = \{S_i, i = \overline{1, n}\}$  функціонує 2 підмножини:

$\{TM_i\}$  (transaction module) - підмножина вузлів, яка ініціює транзакції;

$\{DM^k\}$  (data module) - підмножина вузлів, яка виконує транзакції.

При цьому

$$\{TM_i\} \subseteq S;$$

$$\{DM^k\} \subseteq S;$$

$$\{TM_i\} \cap \{DM^k\} \neq \emptyset.$$

тобто один і той же вузол може одночасно як генерувати, так і виконувати транзакції.

Якщо

$$\{DM_i^k\} \cap \{C^* \cdot T_i^k\} = 0,$$

то транзакції  $T_i$  та  $T_j$  не конфлікують.

Якщо

$$\{DM_i^k\} \cap \{DM_j^k\} \neq 0,$$

то транзакції конфлікують за ресурс вузла  $DM^k$ .

Допускається функціонування в одному вузлі  $DM^k$  декількох ресурсів. Для створення TS1- і TS2-протоколів використана модель РС, в якій одному вузлу  $DM^k$  відповідає один ресурс, але це не зменшує загальність міркувань.

Поведінка системи SS в кожний момент часу визначається динамічними характеристиками поточних транзакцій і відповідним керуючому оператору алгоритмом керування транзакціями. Всі розподілені алгоритми транзакційної обробки даних опираються на одну або кілька основних стратегій синхронізації процесів в РС: метод блокування, метод часових міток Лемпорта та оптимістичний підхід. Далі у главі розглядаються найбільш відомі розподілені алгоритми, порівнюються їх характеристики.

У другому розділі наводиться розробка нових методів керування паралельним функціонуванням розподілених транзакцій. У цьому розділі запропоновані модифікації основних методів керування паралелізмом транзакцій, а також оригінальний прямий метод, який базується на ідеї включення в СКТ механізму прямої перевірки деякої множини транзакцій на відсутність циклу в D-графі (для дискретного випадку). Доведено теорему та кілька тверджень відносно якостей запропонованих методів.

Далі у розділі 2.2 розглядаються причини відкоту транзакцій. У розділі 2.3 запропоновано алгоритм керування транзакціями у багатомірному випадку для проведення ратифікації в оптимістичному підході.

Кожній транзакції  $T_i$  ставиться у відповідність вектор часових міток  $S(T_i) = (t_1, t_2, \dots, t_k)$ , де  $k \leq 2 \cdot \max \{l(T_j), 1 \leq j \leq N\}$ ,  $l(T_j)$  - довжина (число елементарних операцій) транзакції  $T_j$ . На множині  $k$ -мірних часових міток вводиться відношення часткового порядку, узгоджене з відношенням залежності транзакцій, котрим відповідають дані часові мітки.

### Алгоритм.

1. Вузол  $TM_i$ , який ініціював транзакцію  $T_i$ , посилає до всіх вузлів субтранзакції  $T_i^k$ , вони виконують необхідні операції читання з РБД  $R_i^k$  і записують їх в приватний робочий простір (ПРП), потім - операції  $C_i^k$ , та знов заносять в ПРП. Субтранзакції  $T_i^k$ , які закінчили ці дії, переходять в стан готовності, посылаючи вузлу-ініціатору  $TM_i$  повідомлення  $READY1$ , що означає факт готовності початку фази ратифікації. В кожному вузлі  $DM^k$  є агенти процесів, які підтримують власні локальні лічильники.  $inc^k$  (transaction number counter).

### 2. Критична локальна секція.

Локальна ратифікація зводиться до перевірки умов 1-3.

1. Ті завершує свою фазу запису до того, як  $T_j$  починає фазу читання.

2. Набір запису  $T_i$  не перетинається з набором читання  $T_j$ , та  $T_j$  завершує фазу запису до того, як  $T_i$  починає.

3. Набір запису  $T_i$  не перетинається з набором читання або набором запису  $T_j$  та  $T_j$  завершує фазу читання раніше, ніж  $T_i$ .

По завершенню локальної ратифікації кожна транзакція у відповідних вузлах  $DM^k$  отримає свій номер транзакції, призначений лічильником  $DM^k$ , і в вузлах-виконавцях внаслідок роботи утворюються черги транзакцій по порядку збільшення транзакційних номерів. Відбувається полуфіксація транзакцій, і полуфіксовані транзакції посилають повідомлення  $READY2$  своїм вузлам-ініціаторам.

### 3. Глобальна критична секція.

Коли вузол-ініціатор отримав повідомлення  $READY2$  від всіх своїх субтранзакцій, вузли  $TM_i$  входять в глобальну критичну секцію GME. Згідно з алгоритмом DME один з  $TM_i$  отримує право ввійти в ME-стан. Вузол-переможець зберігає черги, надіслані різними  $DM^k$ , та запускається розподілений MT(k) -протокол, який порівнює попарно унікальні вектори часових міток транзакцій.

Недолік даного підходу - під час роботи глобальної критичної секції обчислювальна система очікує. Але даний алгоритм забезпечує відсутність полуфіксованих транзакцій, що відпочуються.

4. В процесі виконання транзакцій вузол-переможець надсилає повідомлення COMMIT іншим вузлам, і всі транзакції послідовно фіксуються; результати операції запису переписуються з ПРП в РБД.

Теорема. Нехай  $\{TM_1, TM_2, \dots, TM_n\}$  - вузли-ініціатори транзакцій  $T = \{T_j\}, 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$ , входять в глобальну критичну секцію GME. Незалежно від того, котрий з вузлів виявиться переможцем, будь-який з них запроваджує одне й те ж відношення лінійного порядку на множині  $T$ .

У розділі 2.4 наводиться порівнювальний аналіз оптимістичного підходу з методом блокування. Далі в розділі 2.5 пропонується прямий метод забезпечення квазіпослідовності розподіленого плану в системах керування транзакціями (СКТ). Описується протокол "зростаючого дерева", який базується на дискретизації процесу ініціювання транзакцій і побудові в кожному  $TM_i$  дерева залежностей між субтранзакціями. Це дерево в процесі свого росту визначає наявність або відсутність циклу в D-графі.

Протокол "зростаючого дерева" полягає в обміні набору команд і повідомлень між вузлами  $TM_i$  і  $DM^k$ . Початкові відрізки кожного інтервалу дискретності  $\Delta t$  називаються інтервалами ініціації, якщо виконується нерівність:

$$\Delta t \geq 2T_{\text{del}}^{\text{max}} + \Delta t + \delta^{\text{max}},$$

де  $T_{\text{del}}^{\text{max}}$  - часовий діаметр мережі, тобто максимальний час надходження будь-якого керуючого повідомлення  $m_j$  між будь-якими двома вузлами  $s_i$  й  $s_j$ ;

$\delta^{\text{max}}$  - максимальний час обробки керуючого повідомлення.

Множина інтервалів дискретності, протягом якої триває протокол, називається циклом керування.

Перший інтервал дискретності. Відбувається ініціація транзакцій у вузлі  $TM_i$ , при цьому надсилаються команди  $start_i^k$  у вузли  $DM^k$ , які продовжують черги до ресурсу та надсилають у вузли  $TM_i$  відповідні повідомлення  $asks_i^k$ , в яких міститься інформація про порядок субтранзакцій в черзі. Мають місце три випадки:

- черги до ресурсу в  $DM^k$  не існувало;
- черга до ресурсу в  $DM^k$  існує, всі члени її були ратифіковані в попередніх циклах керування, нова субтранзакція стає в чергу за безпосередньо ратифікованою раніше субтранзакцією;

- в черзі є субтранзакції, ініційовані в інтервалі  $\Delta t_i$ , нова субтранзакція стає за ними.

Отримавши всі команди  $acks^k$ , вузли  $TM_i$  будують у себе початкове дерево висотою  $I \leq 1$ . Коренева вершина відповідає сам-лу  $TM_i$ , а інші вершини - вузлам  $TM_j$  ( $i < j$ ). Якщо деяка субтранзакція від  $TM_i$  встановлена першою або за вже ратифікованою субтранзакцією, або належить множині чипробуваних в попередніх циклах керування, то відповідна гілка не будується, а коренева вершина дерева вважається завершеною й підкреслюється.

Наступні інтервали дискретності. Кожен вузол  $TM_i$ , який ініціював транзакцію, запитує в інших вузлах  $TM_j$  ( $i < j$ ), що відповідають висячим вершинам дерева, інформацію про дерева, побудовані в них на попередніх інтервалах дискретності. Після отримання інформації вузол  $TM_i$  розвиває своє дерево. Процес розвитку дерева полягає в склеюванні кореневої вершини з відповідною незавершеною висячою вершиною дерева вузла  $TM_j$ . Коли дерево вузла  $TM_i$  розвинулось, проводиться його аналіз на наявність ратифікованих вершин завершених гілок і вершин, однійменних з кореневою, й відповідні перетворювання.

Протокол для деякого вузла  $TM_i$  закінчується, якщо

а) коренева вершина дерева виявилася завершеною, транзакція отримує право бути ратифікованою, про що повідомляються відповідні вузли  $DM^k$  командами  $ratificate^k$ ,

б) виявлено цикл в  $\Gamma$ -графі і транзакція відкочується командою  $abort^k$ , а дерево у вузлі  $TM_{i_{min}}$  знищується.

#### Твердження.

Алгоритм результативний за  $r$  інтервалів дискретності й  $r$  знаходиться з нерівності :

$$r > \left\lceil \frac{\ln(n_{TM})}{\ln 2} \right\rceil + 1,$$

де  $n_{TM}$  - число вузлів типу  $TM$ ;

$\lceil \cdot \rceil$  - найближче більше ціле.

Далі в розділі 2.5 описується метод блокування для централізованого та розподіленого випадків. Пропонуються різні способи запобігання тупиків.

**Розділ 3** присвячений розробці і розвитку методу часових міток Лемпорта та його використанню в СКТ. Часові мітки, згенеровані одним вузлом, відрізняються одна від одної значенням локального часу, а часові мітки, згенеровані різними вузлами, - номерами вузлів. З цього випливає унікальність кожної часової мітки в РС. В **розділі 3.2** описується базовий підхід методу часових міток Лемпорта, який полягає в виконанні правила  $TS^* > ISr$ , де  $ISr$  - часова мітка останніх виконаних операцій, що змінили БД, а  $TS^*$  - поточна часова мітка. Далі доводиться два твердження:

**Твердження 1.** Алгоритм базового ts-методу часових міток результативний

**Твердження 2.** При базовому методі часових міток тупикова ситуація неможлива.

Наводиться в **3.3** порівняльний аналіз базового методу з консервативним по продуктивності та кількості транзакцій, що відкочуються.

У **Розділі 4** розглядається практичне використання запропонованих алгоритмів транзактної обробки даних. Реалізовані за допомогою системи імітаційного моделювання СИМПАС та загальноцільової системи імітаційного моделювання GPSS-PC два протоколи, які базуються на методі часових міток Лемпорта.  $TS1$ - і  $TS2$ -протоколи. Далі у розділі 4.2 розглядається метод з сильними обмеженнями ( $TS1$ -протокол), основна ідея якого полягає в збереженні мітки останнього повідомлення  $TS_{last}$  на ресурсі і обробці мітки  $TS_{maxqueue}$  - найбільшої часової мітки субтранзакції, яка зустрічається в черзі останньою. В розділі 4.4 описується створення на базі моделі РС імітаційної моделі системи масового обслуговування на процедурному рівні. В розділі 4.5 надається графічний порівняльний аналіз  $TS1$ - і  $TS2$ -протоколів, а в розділі 4.6 - порівняльний аналіз імітаційних систем моделювання СИМПАС та GPSS-PC. Використання програмного комплексу СИМПАС-АНІІ, який є програмною реалізацією запропонованих у роботі методів, дозволяє забезпечити несуперечливість розподілених баз даних, які забезпечують підтримку обробки даних від віддалених датчиків контролю процентного змісту  $CO$  в задачі аналізу газових сумішей.

У додатках наведені документи, які ілюструють проведені експерименти з програмного моделювання систем керування розподіленими транзакціями.

### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Запропоновано модель СКТ й розглянуто основні твердження, котрі повинні бути доведені при розв'язанні задач синхронізації розподілених транзакцій.

2. Запропоновано алгоритм для багатомірного випадку оптимістичного підходу в фазі ратифікації, доведена його справедливість й результативність.

3. Розроблено базовий протокол, побудований за допомогою часових міток Лемпорта, доведена його справедливість й результативність.

4. Запропоновано прямий метод синхронізації конфлікуючих транзакцій, який моделює події за допомогою графа "зростаюче дерево".

5. Розроблено протокол синхронізації з сильними обмеженнями, на реальних моделях і даних проведено експериментальні дослідження цього протоколу.

Основні положення дисертації опубліковані в таких працях:

1. Попович В.Л. Понятие предикативных блокировок в системах баз данных // Тез. докл. семинара "Новые информационные технологии и инструментально-технологические средства принятия решений". - Казивели, 1992. - С.97-100.

2. Попович В.Л., Шевченко О.В. Моделирование метода обеспечения сериализуемости параллельных транзакций в системах управления транзакциями при помощи системы имитационного моделирования СИМПАС // Тез. докл. III Междунар. науч.-техн. семинара "Теоретические и прикладные проблемы моделирования предметных областей в системах баз данных и знаний". - Рыбачье, 1994. - С.85-90.

3. Алиев А.А., Гостилова С.В., Никитин А.И., Попович В.Л. Алгоритм обеспечения сериализуемости распределенного плана в системах управления транзакциями // УСИМ. - 1995. - N 1-2. - С.37-40.

4. Попович В.Л., Алиев А.А. Оптимистический подход к обеспечению сериализуемости параллельных транзакций в

распределенных системах. - Киев.- 1995. - 5 с.- Деп. в ГНТБ 10.05.95, №1081.

5. Алиев А.А., Попович В.Л. Два метода управления параллелизмом транзакций в распределенных системах // Представление знаний в информационных технологиях. - Киев:Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, 1996. - с.34-46.

6. Никитин А.И., Попович В.Л., Алиев А.А. Прямой метод обеспечения сериализуемости распределенного плана в системах управления транзакциями. // Математические машины и системы. - 1996.-№1

7. Попович В.Л., Шевченко О.В. Моделирование процесса сериализуемости параллельных транзакций в распределенных системах при помощи систем имитационного моделирования GPSS и СИМПАС.-Киев.-1995.-15 с.- Деп. в ГНТБ 11.12.95, №2631.

Попович В.Л. Методы управления параллельным функционированием транзакций в распределенных системах. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.09. - математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем. Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, 1996.

Работа посвящена использованию методов синхронизации распределенных транзакций в системах управления транзакциями. Разработаны новые методы (прямой метод) и протоколы (базовый, с сильными ограничениями, "растущего дерева") управления параллельным функционированием транзакций в распределенных системах. Разработан механизм, позволяющий предотвратить возникновение тупиков, несериализуемости распределенного плана выполнения транзакций.

Проведено экспериментальное исследование свойств разработанных протоколов, построенных с помощью предложенных методов.

Popovich V.L. Management Methods for Serialization on Provision of Transactions in Distributed Systems.

Thesis for the Degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Speciality: 05.13.09. - Mathematical Support and Software of Computers and Systems. Institute of Mathematical machine and system problems, NAS of Ukraine, Kiev, 1996.

The thesis is devoted to the serialization provision problems of the distributed transactions performance in data-base systems.

New methods (direct method) and protocols (base, with strong restrictions, "a growing tree") for parallel functioning of transactions management in distributed systems are developed. New more efficient than existing ones algorithms are proposed.

To ensure the serializability of transactions protocols force recoverability relationship between transactions to be acyclic.

The experimental data concerned with the properties of the new methods are proposed. The software implementation of the proposed theoretical approach is worked out.

Ключові слова: транзакція, квазіпослідовність, розподілений план, синхронізація, граф конфліктів.

## Особистий внесок автора

На базі оригінального прямого методу, методу часових міток Лемпорта, оптимістичного підходу, запропонованих науковим керівником, автором самостійно одержані результати, які складають основний зміст дисертації. В 3, 6 встановлені властивості квазіпослідовного розподіленого плану в системі керування транзакціями, сформульована умова побудови функції упорядкування подій на основі графа «зростаюче дерево» для дискретного випадку. В 4 запропоновано алгоритм для багатомірного випадку оптимістичного підходу в фазі ратифікації, доведено його результативність. В 2, 7, 5 побудовані базовий протокол, протокол з сильними обмеженнями, доведено справедливість, коректність алгоритмів, реалізовані на ПЕОМ протоколи на базі методу часових міток Лемпорта, проведено порівняння їх продуктивності, ефективності в графічній формі.

---

Підп. до друку 15.05.96. Формат 60×84/16. Папір офісний. Офс. друк. Ум. друк. арк. 0,70. Ум. фарбо-відб. 0,93. Обл-вид. арк. 0,87. Зам. 253. Тираж 100 прим.

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

438480

AB 35.379