НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М.ГЛУШКОВА

На правах рукопису

СУРЖКО Сергій Васильович

ІНТЕРПРЕТАЦІЙНІ МЕТОДИ В ТЕОРІЇ АЛГОРИТМІЧНИХ АЛГЕБР

Спеціальність 01.05.01 - теоретичні основи інформатики та кібернетики (математична кібернетика)

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук

Київ-1996

Сурж

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України

Науковий консультант: член-кореспондент НАН України, професор Ющенко Катерина Логвинівна

Офіційні опоненти:

1. Член-кореспондент НАН України, професор Летічевський Олександр Адольфович
2. Доктор фізико-математичних наук Вальковський Володимир Олександрович
3. Доктор фізико-математичних наук, професор Лісовик Леонід Петрович

Провідна організація: Інститут прикладної інформатики Київської держадміністрації та НАН України (м.Київ)

Захист відбудеться 23 лютого 1996 р. об 11 год. на засіданні спеціалізованої ради Д 01.39.02 в Інституті кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України за адресою: 252207, Київ 207, пр. академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту

Автореферат розіслано "22 01 1996 г.

Вчений секретар спеціалізованої ради Синявський В.Ф.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Теорія алгоритмічних алгебр займає важливе місце в математичній теорії обчислень та теоретичному програмуванні. Сфера застосувань цієї теорії охоплює паралельну обробку даних, проектування обчислювальних систем, проектування та синтез схем програм, аналіз та оптимізацію схем програм, структури даних, спеціалізовані системи автоматизованого проектування, форми представлення знань, моделювання технологічних процесів, а також ряд інших проблем як загального, так і спеціального змісту.

Основи даної теорії було закладено В.М.Глушковим і розвинено його соратниками, учнями та послідовниками, якими були отримані такі важливі результати, як умови розв'язності проблеми еквівалентності автоматів відносно напівгрупп та вивчення зв'язку алгоритмічних алгебр з теорією схем програм (О.А.Летічевський); розв'язність алгоритмічної проблеми тотожності слів та існування повної системи аксіом для алгебр с замкненими умовами та дослідження алгебр структур даних (Г.Е.Цейтлін); розв'язність проблеми тотожності слів та існування повної системи аксіом для S(H)-алгебр - спеціального класу алгебр недетермінованих алгоритмів (Ю.А.Ющенко), розв'язано цілий ряд інших задач. Серед робіт близького напрямку слід особливо відзначити результати Л.П.Лісовика з теорії перетворювачів (зокрема, R- та ПЛ-перетворювачів), в рамках якої розв'язаний ряд важливих алгоритмічних проблем.

Однією з основних задач, з необхідністю розв'язку яких зв'язане виникнення алгоритмічних алгебр, є задача еквівалентних перетворень мікропрограм (регулярних схем), яка в багатьох випадках до цього часу не знайшла остаточного рішення. Тому актуальним є дослідження алгоритмічних проблем тотожності для тих чи інших класів алгебр алгоритмів і особливо вільних алгебр.

Теорема В.М.Глушкова про представлення дискретних перетворювачів регулярними схемами вказує на можливість (і спосіб) формального опису обчислень, що задані обчислювальним пристроєм (дискретним перетворювачем), в алгебраїчних термінах. Разом з тим, зворотнє твердження для даного класу перетворювачів не має місця. Тому актуальними є задачі побудови та дослідження інших класів дискретних перетворювачів, особливо таких, для яких дана теорема допускає зворотнє твердження. З цією проблематикою зв'язана важлива проблема організації послідовних та паралельних обчислень, заданих регулярними схемами операторів з притаманними ним тими чи іншими корисними у практичному відношенні властивостями. Дослідження даної проблеми не може бути виконане без виходу за границі теорії алгоритмічних алгебр і потребує розробки та застосування спеціального апарату.

Рішення цих та багатьох інших актуальних задач вкрай ускладнене основним об'єктом - алгеброю алгоритмів, сигнатура якої включає до десяти специфічних операцій і яка далеко не завжди дозволяє застосувати для свого дослідження добре розвинений апарат або безпосередньо використати результати загальнотеоретичного характеру. Тому проблема розробки як спеціальних методів дослідження алгоритмічних алгебр, так і таких методів, що дозволяють ефективно використати результати відомих математичних теорій, є вкрай актуальною. Саме до них відносяться интерпретаційні методи, тобто такі, в яких досліджуваний об'єкт замінюється (інтерпретується) в певному сенсі ізоморфним або еквівалентним йому формальним об'єктом іншого класу із властивостями, що дозволяють достатньо ефективно виконати дослідження і перенести одержані результати на вихідний об'єкт.

Об'єктом дослідження в дисертації є алгебри (детермінованих та недетермінованих) алгоритмів та пов'язані з ними об'єкти.

Метою дисертаційної роботи є розробка та застосування інтерпретаційних методів дослідження алгоритмічних алгебр.

Для досягнення мети дослідження в дисертації поставлені и розв'язані наступні задачі:

- розроблено метод редукції алгебр детермінованих та недетермінованих алгоритмів до єдиного, простішого об'єкта - алгебри Ω-алгоритмів;

- введене и досліджене поняття Ω-мови, узагальнюючє формальну мову, розроблено метод дослідження функціонально еквівалентних Ω-мов шляхом їх зведення до так званих точних Ω-мов;

- введені поняття та розроблено метод дослідження вільних алгебр Ω-алгоритмів, детермінованих та недетермінованих алгоритмів, що базується на точних Ω-мовах;

- розроблено загальний метод дослідження спеціального класу Ω-мов - формальних мов над алфавітом, що інтерпретований в бульовій алгебрі;

- розроблено метод дослідження регулярних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі, в тому числі алгоритм перевірки еквівалентності таких мов;

- розроблено метод класифікації мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі;

- розроблено апарат динамічних сітьових моделей спеціального вигляду (генераторів дискретних процесів, ГДП) і, на його основі, - метод моделювання регулярних схем операторів алгоритмічних алгебр у вигляді ГДП;

- розроблені методи формального опису дискретних перетворювачів в термінах регулярних схем (з настройкою) операторів алгоритмічних алгебр;

- розроблено метод дослідження випадкових обчислювальних процесів, заданих однорідними ланцюгами Маркова із скінченною кількістю станів, інтерпретованих як елементи марковської алгоритмічної алгебри - стохастичного аналога алгебри алгоритмів.

Методика досліджень. В роботі використовується загальна теорія універсальних алгебр, теорія напівгруп, решіток, бульових алгебр, теорія формальних мов і грам[illegible], абстрактних автоматів, а також теорія випадкових процесів (однорідні ланцюги Маркова із скінченною кількістю станів).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному.

1. Показано, що властивості будь-якої алгебри детермінованих або недетермінованих алгоритмів визначаються властивостями суттєво простішого об'єкта - алгебри Ω-алгоритмів, введеної в роботі, що однозначно задається по вихідній алгоритмічній алгебрі. Будь-яку алгебру (детермінованих або недетермінованих) алгоритмів можна побудувати по деякій алгебрі Ω-алгоритмів за допомогою стандартної та конструктивної процедури.

2. Введені і досліджені поняття Ω-мови та точної Ω-мови, а на цій основі - вільні алгебри Ω-алгоритмів, детермінованих та недетермінованих алгоритмів. Частковим випадком вільної алгебри Ω-алгоритмів є алгебра регулярних виразів (алгебра Кліні). Встановлено властивості (точних) Ω-мов, заданих регу-

лярними схемами вільних алгебр детермінованих та недетермінованих алгоритмів.

3. Введено і досліджено клас формальних мов, побудованих над алфавітом, частина символів якого інтерпретована в бульовій алгебрі. Виявлено можливість класифікації таких мов по аналогії із класифікацією за Хомським.

4. Виявлено зв'язок раціональних (регулярних) мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі, із скінченними автоматами. Отримане узагальнення на даний випадок теореми Кліні про представлення раціональних мов автоматами. Доведено розв'язність алгоритмічної проблеми тотожності для регулярних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі.

5. Доведено розв'язність алгоритмічної проблеми тотожності регулярних схем (операторів та умов) вільних алгебр недетермінованих алгоритмів.

6. Побудовано апарат динамічних сітьових моделей (ГДП), що охоплює сітки Петрі та їх модифікації, а також скінченні дискретні перетворювачі інформації. Досліджено напівгрупові властивості вільної мови, породжуваної ГДП, встановлено зв'язок з частково комутативними моноїдами та мовами слідів.

7. Виявлено можливість представлення регулярної схеми оператора алгоритмічної алгебри у вигляді динамічної сітьової моделі (ГДП), яка обчислює той же оператор. На основі даного представлення отримано можливість организації обчислень, стійких до "збоїв" гипотетичної машини.

8. Побудовано і досліджено стохастичний аналог алгоритмічної алгебри - марковська алгоритмічна алгебра.

Практична цінність та реалізація роботи. У роботі побудовано метод, що дозволяє реалізувати алгебри детермінованих і недетермінованих алгоритмів, сигнатура яких містить відповідно сім та вісім (не рахуючи нульарних) операцій, засобами суттєво простішої алгебри Ω-алгоритмів із чотирма операціями. Даний підхід спрощує розробку програмних засобів, орієнтованих на представлення алгоритмів і програм у вигляді регулярних схем алгоритмічних алгебр.

Розроблений в дисертації метод моделювання регулярних схем операторів алгоритмічних алгебр у вигляді ГДП дозволяє організувати обчислювальний процес, який є стійким до збоїв обчислювального пристрою.

Апарат марковських алгоритмічних алгебр дозволяє ефективно розв'язувати ряд практичних задач ймовірнісного характера, що відносяться до програмних обчислень, зокрема ймовірнісний аналог задачі тестування програм.

Апарат генераторів дискретних процесів дозволяє здійснити програмне моделювання і аналіз системи управління промисловим підприємством. Розв'язано також практичну задачу декомпозиції інформаційного фонду промислового підприємства на бази даних.

На основі отриманих результатів при безпосередній участі автора було розроблено програмні засоби моделювання і аналізу інтегрованої системи управління дискретним виробництвом ПАРИС та АВАНС, а також пакет прикладних програм "Декомпозиція інформаційної бази" (Галузевий фонд алгоритмів і програм АСУ Мінприладу СРСР, інв.№ 1030, Калінін, Центрпрограмсистем, 1983), що реалізує описаний в дисертації метод декомпозиції інформаційного фонду на бази даних.

Системи ПАРИС та АВАНС було апробовано на реальних даних, що відносяться до трьох підсистем інтегрованої АСУ

НВО "Електрон" (системи автоматизованого проектування виробів, системи оперативно-виробничого планування, автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління). Результати моделювання були оброблені, а на їх основі розроблено конкретні рекомендації для підвищення ефективності системи управління Львівського науково-виробничого об'єднання "Електрон".

Розробка та апробація вказаних програмних засобів проводилась в рамках наступних дослідно-конструкторських та науково-дослідницьких робіт: ДКР "Розробка загальносистемних та функціональних засобів автоматизації управління виробничим об'єднанням" (шифр "Меркурій 2.2", номер державної реєстрації У45449 від 04.05.87 р.), проведеної на підставі наказів Міністерства промисловості засобів зв'язку СРСР № 547 дск від 16.12.85 р. та № 96 дск від 21.03.86 р.; НДР "Розробка принципів побудови типових інструментальних та функціональних засобів інтегрованих АСУ підприємством (об'єднанням)" (шифр "Старт", номер державної реєстрації У48996 від 06.05.88 р.), проведеної на підставі Постанови Державної Комісії Ради Міністрів СРСР № 47 від 11.02.88 р. та наказу Міністерства промисловості засобів зв'язку СРСР № 61 від 19.02.88 р.; НДР "Проведення наукових досліджень з напрямку розвитку робіт в області АСУ підприємством, об'єднанням, створення науково-технічного доробку по розробці техніко-економічних рішень для підвищення рівня інтеграції та ефективності даних систем у ХІІІ-й п'ятирічці" (шифр "Розвиток", номер державної реєстрації У56580 від 15.03.89 р.), проведеної у відповідності з рішенням Державної Комісії Ради Міністрів СРСР № 47 від 11.02.88 р. та наказом Міністерства промисловості засобів зв'язку СРСР № 61 від 19.02.88 р.; при виконанні технічного завдання з науковотехнічної програми ДКНТ СРСР 0.80.02, завдання 35.01.06Д "Розробити методологічні та інструментальні засоби для автоматизованого проектування складних багаторівневих та великомасштабних систем". Система ПАРИС (версія 1.1) відзначена срібною медаллю ВДНГ СРСР.

<u>На захист виносяться</u> наступні наукові результати, що одержані особисто автором: 1) поняття і властивості алгебр Ω-алгоритмів та метод зведення алгебр детермінованих і недетермінованих алгоритмів до алгебри Ω-алгоритмів; 2) поняття і властивості Ω-мов і точних Ω-мов, а також введені та досліджені на їх основі поняття вільних алгебр Ω-алгоритмів, детермінованих та недетермінованих алгоритмів; 3) загальний метод дослідження спеціального класу Ω-мов - формальних мов над алфавітом, інтерпретованим в булевій алгебрі; 4) метод дослідження регулярних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі, в тому числі алгоритм перевірки на еквівалентність таких мов і розв'язок поставлених алгоритмічних проблем; 5) теорема про розв'язність проблеми тотожності для вільних алгебр недетермінованих алгоритмів; 6) метод класифікації мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі; 7) апарат динамічних сітьових моделей спеціального вигляду (ГДП), властивості ГДП, метод дослідження регулярних схем операторів алгоритмічних алгебр за допомогою ГДП; 8) методи формального опису дискретних перетворювачів в термінах регулярних схем (з настройкою) операторів алгоритмічних алгебр; 9) поняття марковської алгоритмічної алгебри і, на його основі, метод опису та дослідження випадкових обчислювальних процесів, заданих однорідними ланцюгами Маркова із скінченною кількістю станів.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались і обговорювались на Першому Всесвітньому конгресі Товариства математичної статистики та теорії ймовірностей ім.Бернулі (Ташкент, 1986), XIX Всесоюзній алгебраїчній конференції (Львів, 1987), XIII Всесоюзному семинарі "Паралельне програмування і високопродуктивні структури" (Алушта, 1988), Всесоюзному семинарі "Методи та інструментальні засоби генерації програм" (Планерське, 1989), X Всесоюзному семінарі "Паралельне програмування і високопродуктивні системи: методи представлення знань в інформаційних технологіях" (Уфа, 1990), Всесоюзній школі-семинарі "Багаторівневе структурне проектування програмних систем" (Планерське, 1991), V, VI и VII Всесоюзній школі-семинарі "Розпаралелювання обробки інформації" (Львів, 1985, 1987, 1989), Міжнародній науково-технічній конференції Палацу радянської науки та культури (Болгарія, Софія, 1989), Всесоюзному семинарі "Синтез структур автоматизованого управління у великомасштабних системах (Херсон, 1989), V Всесоюзному семинарі "Методи синтезу і планування розвитку структур великомасштабних систем" (Звенігород, 1990), II Українській конференції з автоматичного керування "Автоматика-95" (Львів, 1995), Всесоюзній науковій конференції "Комп'ютеризація інформаційних процесів в управлінні народним господарством" (Москва, 1988), Всесоюзній науковій конференції "Аналіз ефективності і якості проектування та функціонування АСУ в народному господарстві" (Москва, 1983), I Всесоюзній науково-технічній конференції "Практичне застосування сучасних технологій програмування, пакетів прикладних програм в обчислювальних системах та мережах ЕОМ" (Дніпропетровськ, 1988), II Всесоюзній конференції "Автоматизовані системи обробки зображень" (Львів, 1986), У Всесоюзній конференції "Розподілені інформаційно-керуючі системи" (Саратов, 1988), ІУ Всесоюзному науковому семінарі "Методи синтезу та планування розвитку структур складних систем" (Ташкент, 1987), школах-симпозіумах з системології та міждисциплінарних досліджень СМД-84, СМД-86, СМД-87, СМД-88 (Ворохта, 1984, 1986, 1987, 1988).

Публікації. За темою дисертації опубліковано понад 40 праць, в тому числі два учбових посібника, ряд статей в центральних виданнях за переліком ВАК, тези та доповіді на різних міжнародних та республиканських конференціях.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох глав, які містять двадцять чотири розділи, висновків, списка літератури із 178 найменувань та додатку. Основний текст дисертації займає 192 сторінки. Робота містить 8 малюнків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, викладені питання, дослідженню яких присвячена дисертаційна робота і які виносяться на захист, формулюється об'єкт та мета дослідження, розкривається зміст роботи.

Основний зміст першої глави полягає у викладенні метода редукції алгебр (детермінованих і недетермінованих) алгоритмів до алгебри Ω-алгоритмів. Наведені визначення основних об'єктів, що розглядаються у роботі, вводиться та досліджується алгебра Ω-алгоритмів, встановлюється зв'язок цього поняття з алгебрами детермінованих і недетермінованих алгоритмів. Вводяться та досліджуються поняття Ω-мови і точної

Ω-мови, а на їх основі вводяться та досліджуються вільні алгебри Ω-алгоритмів, детермінованих і недетермінованих алгоритмів.

Нехай X - непуста (информаційна) множина; F_0 - скінченна множина попарно відмінних часткових точково-множинних (недетермінованих) операторів, визначених в X; $X_1, X_2, ..., X_k$ - неперетинаючися множини, що утворюють розбиття X; $g_1, g_2, ..., g_k$ - такі оператори (диз'юнкти), які утворюють множину G_0, що область визначення g_i співпадає з X_i, і оператор g_i тотожній у своїй області визначення. Алгеброю Ω-алгоритмів називаємо універсальну алгебру $\Phi = (F; F_0, G_0; X)$ сигнатури $\Omega = \{\cdot, +, *, \sigma, 0, 1\}$, породжену множиною $F_0 \cup G_0$. Сигнатура Ω містить операції множення (композиції), суми (недетермінованої диз'юнкції) та ітерації, що природнім чином визначаються для точково-множинних операторів, а також унарну операцію σ (характеристику) і нульарні операції 0 та 1. Операція характеристики визначається так: якщо f - частковий недетермінований оператор, визначений в X, то $\sigma(f)$ є звуженням тотожнього оператора на область визначення f. Основна множина F алгебри Φ складається з точково-множинних (недетермінованих) операторів, які задані термами відповідної алгебри термів сігнатури Ω, званих Ω-схемами даних операторів.

По алгебрі Φ будуються алгебри $Re_n\Phi$ і $Re_d\Phi$, однотипні відповідно алгебрам детермінованих і недетермінованих алгоритмів і породжувані скінченною множиною вигляду $F_0 \cup T$, де сукупність $T \subset \sigma(F) x \sigma(F)$ є різною для $Re_n\Phi$ та $Re_d\Phi$. Алгебри $Re_n\Phi$ і $Re_d\Phi$ називаються відповідно недетермінованим та детермінованим редуктом алгебри Φ. Алгебра Ω-алгоритмів може бути побудована за допомогою представленої в роботі процедури по алгебрі $\mathfrak{R}$ (детермінованих або недетермінованих) алгоритмів. Отриману таким чином алгебру Ω-алгоритмів позначаємо Ex $\Phi(\mathfrak{R})$ і називаємо екстенсіоналом алгебри $\mathfrak{R}$.

Теорема 1.1. Будь-яка алгебра $\mathfrak{R}$ недетермінованих алгоритмів є ізоморфною деякому недетермінованому редукту екстенсіонала Ex $\Phi(\mathfrak{R})$ цієї алгебри, $\mathfrak{R} \approx Re_n$ Ex $\Phi(\mathfrak{R})$. Навпаки, кожний недетермінований редукт будь-якої алгебри Ω-алгоритмів Φ ізоморфний деякій алгебрі $\mathfrak{R}$ недетермінованих алгоритмів.

Теорема 1.2. Будь-яка алгебра $\mathfrak{R}$ детермінованих алгоритмів є ізоморфною деякому детермінованому редукту її екстенсіонала Ex $\Phi(\mathfrak{R})$, $\mathfrak{R} \approx Re_d$ Ex $\Phi(\mathfrak{R})$. Навпаки, кожний детермінований редукт будь-якої алгебри Ω-алгоритмів Φ ізоморфний деякій алгебрі $\mathfrak{R}$ детермінованих алгоритмів.

Значення цих теорем полягає в тому, що вивчення властивостей будь-якої алгебри алгоритмів (детермінованих чи недетермінованих) зводиться до дослідження алгебри Ω-алгоритмів, сигнатура якої значно простіша від сигнатури будь-якої з цих двох алгебр. Поняття алгебри Ω-алгоритмів суттєво ширше від поняття алгоритмічної алгебри: існують оператори, які не можуть бути задані в алгебрах детермінованих або недетермінованих алгоритмів, але містяться в алгебрі Ω-алгоритмів, яка є їх екстенсіоналом.

Нехай A, B - скінченні непусті неперетинаючися алфавіти, W - сукупність термів сигнатури $\{\cdot, \sigma, 0, 1\}$, побудованих над змінними з $A \cup B$ (Ω-слів), $W\Lambda$ - сукупність непустих підмножин з W, званих Ω-мовами над алфавітом $A \cup B$. На $W\Lambda$ визначаються операції сигнатури Ω, що перетворюють цю множину в універсальну алгебру.

Нехай J - таке відображення множини $A \cup B$ на множину $F_0 \cup G_0$ елементарних операторів (G_0 - диз'юнкти), що $I(A) = F_0$, $I(B) = G_0$. Гомоморфізм I Ω-алгебри $W\Lambda$ на алгебру Φ Ω-алгоритмів, породжену множиною $F_0 \cup G_0$, що продовжує відображення J, називається інтерпретацією $W\Lambda$ (в класі недетермінованих операторів).

Ω-мови L_1, $L_2 \in W\Lambda$ називаються функціонально еквівалентними, якщо для любої інтерпретації I виконується рівність $I(L_1) = I(L_2)$.

Нехай $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$. На Ω-словах задаються тотожності наступного вигляду: $\sigma(\alpha\sigma(\beta)\gamma) = \sigma(\alpha\beta)\sigma(\alpha\gamma)$; $\sigma(\alpha)\sigma(\beta) = \sigma(\beta)\sigma(\alpha)$; $\sigma(\alpha)\alpha = \alpha$; $\sigma(0) = 0$, $\sigma(1) = 1$; $\sigma(b_i) = b_i$, $i = 1, 2, \dots, n$; $b_i b_j = 0$ при $i \neq j$, $i, j = 1, 2, \dots, n$; $b_1 \cup b_2 \cup \dots \cup b_n = 1$; $\alpha 1 = 1\alpha = \alpha$, $\alpha 0 = 0\alpha = 0$

На основі даних тотожностей в W визначається частковий порядок. Вводиться поняття точної Ω-мови, що складається з Ω-слів спеціального вигляду. Кожній Ω-мові $L \in W\Lambda$ однозначним чином співставляється точна Ω-мова $s(L)$. Точні Ω-мови над алфавітом $A \cup B$ утворюють Ω-алгебру Λ.

Теорема 1.3. Ω-мови L_1, $L_2 \in W\Lambda$ функціонально еквівалентні тоді і тільки тоді, коли точні Ω-мови $s(L_1)$ і $s(L_2)$ співпадають.

Нехай J - визначене вище відображення $A \cup B$ на $F_0 \cup G_0$, $\Phi[A, B]$ - абсолютно вільна алгебра Ω-схем, що породжена множиною $A \cup B$. Сюр'єктивний гомоморфізм $I: \Phi[A, B] \rightarrow \Phi$, що продовжує J, називаємо інтерпретацією $\Phi[A, B]$ (в класі недетермінованих операторів).

На $\Phi[A, B]$ визначається конгруенція $\tau : (R_1,R_2) \in \tau$, якщо $I(R_1) = I(R_2)$ для будь-якої інтерпретації I алгебри $\Phi[A, B]$. Кожній Ω-схемі $R \in \Phi[A, B]$ однозначним чином співставляється деяка Ω-мова $L(R)$.

Теорема 1.4. Нехай $R_1, R_2 \in \Phi[A, B]$. Включення $(R_1, R_2) \in \tau$ виконується тоді і тільки тоді, коли Ω-мови $L(R_1)$, $L(R_2)$ функціонально еквівалентні.

Теорема 1.5. Існує гомоморфізм і Ω-алгебри $\Phi[A, B]/\tau$ в Ω-алгебру Λ точних Ω-мов, який є продовженням тотожнього на множині $A \cup B$ відображення.

Існує гомоморфізм $h: \Phi[A, B] \to \Lambda$, який задається формулою $h(R) = s(L(R))$, і фактор-алгебри $\Phi[A, B]/\mathrm{Ker}\ h$, $\Phi[A, B]/\tau$ ізоморфні. Ω-алгебра $\Phi[A, B]/\mathrm{Ker}\ h = Z(A, B)$ називається вільною алгеброю Ω-алгоритмів над алфавітом $A \cup B$.

Теорема 1.6. Будь-яка алгебра Ω-алгоритмів є гомоморфним образом деякої Ω-алгебри $Z(A, B)$.

Нехай C - скінченний алфавіт, K(C) - алгебра термів сигнатури $\{\cdot, +, *, 0, 1\}$ над алфавітом C (регулярні вирази), γ - конгруенція на K(C): $(R_1, R_2) \in \gamma$, якщо $L(R_1) = L(R_2)$. Під алгеброю Кліні (алгеброю регулярних виразів) над алфавітом C, як правило, розуміють фактор-алгебру $K(C)/\gamma$.

Теорема 1.7. Нехай $R_1, R_2 \in K(A)$. Включення $(R_1, R_2) \in \gamma$ виконується тоді і тільки тоді, коли $(R_1, R_2) \in \mathrm{Ker}\ h$.

Теорема 1.8. Регулярні вирази $R_1, R_2 \in K(A)$ γ-еквівалентні тоді і тільки тоді, коли для будь-якої інтерпретації $I:\Phi[A, B] \to \Phi$ оператори $I(R_1)$, $I(R_2)$ співпадають.

На основі конструкцій детермінованого і недетермінованого редуктів по алгебрі Z(A, B) визначаються двохосновні алгебри $\Re_Z^d = Re_d\, Z$ та $\Re_Z^n = Re_n\, Z$, які називаються відповідно вільною алгеброю детермінованих та вільною алгеброю недетермінованих алгоритмів. Поняття інтерпретації очевидним чином переноситься і на ці алгебри.

Теорема (1.9, 1.11). Будь-яка алгебра детермінованих (недетермінованих) алгоритмів є гомоморфним образом деякої вільної алгебри детермінованих (недетермінованих) алгоритмів.

Теорема (1.10, 1.12). Нехай $\Re$ - вільна алгебра детермінованих (недетермінованих) алгоритмів, $\alpha, \beta \in \Re$. Тотожність $\alpha = \beta$ справедлива тоді і тільки тоді, коли оператори (умови) $I(\alpha)$, $I(\beta)$ співпадають при будь-якій інтерпретації I алгебри $\Re$.

Нехай р - звуження ядерної конгруенції Ker h на $K(A\cup B)$.

Лема 1.10. Основна множина вільної алгебри недетермінованих алгоритмів, породженої множиною $A\cup B$, міститься в $K(A\cup B)/p$.

В <u>другій главі</u> досліджуються мови над алфавітом $A\cup B$, де елементи з B відповідають елементам бульової алгебри, яка далі позначається тим же символом B. До таких мов відносяться точні Ω-мови, що задаються Ω-схемами вільної алгебри недетермінованих алгоритмів.

Нехай $W=(A\cup(B\backslash\{0,1\})^*$, P(W) - сукупність мов з W, побудованих над скінченними підалфавітами алфавіту $A\cup(B\backslash\{0,1\})$. Якщо $L \in P(W)$ і A' (відповідно B') - такий скінченний підалфавіт алфавіту A (відповідно B), що хоча б одне слово з L містить деякий символ з A' (з B'), а кожний символ з A' (з B') має входження хоча б в одне слово з L, то пишемо $A(L)=A'$, $B(L)=B'$.

P(W) перетворюється в алгебраїчну систему сигнатури (Ω_0,Ω_p), де $\Omega_0 = \{+, ., *, 0, 1\}$, а Ω_p складається з єдиного бінарного відношення - часткового порядку, індукованого з B та узгодженого з операціями. З B индукуються властивості операцій додавання і множення, що приводить до фактор-системи $U = P(S)/\rho$, де ρ - деяка однозначно визначена по B конгруенція. Відносно операції додавання (порядку) U є верхньою напіврешіткою. Конгруенцію ρ можна розглядати як ядерну конгруенцію Ker h, де h: $P(W) \to U$ - сильний сюр'єктивний гомоморфізм.

Нехай S - множина слів вигляду

$$w = \alpha_1 a_1 \alpha_2 a_2 \ldots \alpha_n a_n \alpha_{n+1}, \qquad (*)$$

де $a_1 a_2 \ldots a_n \in A^*$, $\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n\alpha_{n+1} \in (B\setminus\{0\})^*$, доповнена нулем. В S визначається множення (индуковане з B), що перетворює S в моноїд. Через P(S) позначається сукупність непорожніх підмножин з S, побудованих над скінченними підалфавітами алфавіту $A\cup(B\setminus\{0\})$. P(S) перетворюється в алгебраїчну систему сигнатури (Ω_0,Ω_p). Існує сильний гомоморфізм z P(W) на P(S).

Нехай E - сукупність всіх скінченних розбиттів одиниці бульової алгебри B, D(e) - перетин S та $(A \cup e)^*$, де $e \in E$, PD(e) - сукупність непорожніх підмножин з D(e).

Теорема 2.1. Для будь-яких $e \in E$, $L_1, L_2 \in PD(e)$ нерівність $h(L_1) \le h(L_2)$ виконується тоді і тільки тоді, коли $L_1 \subset L_2$.

Теорема 2.2. 1. Для будь-яких $e \in E$, $K \in U$ множина $PD(e)\cap K$ містить не більше одного елемента.

2. Для будь-якого класу $K \in U$ існує таке розбиття одиниці $e \in E$, що $PD(e)\cap K \neq \varnothing$.

Отже, визначено оператор δ: $U \times E \to P(S)$, який парі (K, e) співставляє (можливо, порожню) мову $\delta(K, e) \in PD(e) \cap K$.

Теорема 2.3. 1. Нехай $K_1, K_2 \in U$. Якщо $\delta(K_1,e) = \delta(K_2,e) = L$, $L \neq \varnothing$ хоча б для одного $e \in E$, то $K_1 = K_2 = [L]$.

2. Для будь-якого $K \in U$ знайдеться таке розбиття одиниці $e \in E$, що $\delta(K,e) = L \neq \varnothing$. При цьому $K = [L]$ і L - єдина мова з $PD(e)$, для якої справедлива дана рівність.

Скажемо, що скінченна підмножина B' бульової алгебри B посідає властивість (A), якщо для будь-яких $\alpha, \beta \in B$ існують алгоритми обчислення $\alpha + \beta$, $\alpha\beta$, $\bar{\alpha}$. Дана властивість передбачає ефективність опису елементів з B'.

Через $\mathfrak{R} = (C, Q, f, q_0, T)$ позначається автомат із вхідним алфавітом C, множиною станів Q, функцією переходів f, початковим станом q_0 та множиною заключних станів T.

Якщо $L \in P(W)$ - регулярна мова, то вона може бути задана деяким регулярним виразом R_W. Тоді $z(L) \subset S$ задається в S регулярним виразом R_S. Якщо $L \subset S$ і L регулярна в $P(W)$, то ця мова задається регулярним виразом R_S^W.

Теорема 2.5. 1. Мова $L \in P(S)$ регулярна в W тоді і тільки тоді, коли вона є регулярною підмножиною моноїда S.

2. Нехай мова $L \in P(W)$ регулярна і задана виразом R_W (або скінченним автоматом). Тоді мова $z(L) \in P(S)$ теж регулярна в W. Якщо множина $B(L)$ посідає властивість (A), то існує алгоритм побудови регулярного виразу R_S^W (відповідно скінченного автомату), який задає мову $z(L)$, по виразу R_W (по відповідному автомату).

Розглядаються автомати спеціального вигляду - автомати з чергуванням алфавіту. Отримано таке узагальнення теореми Кліні.

Теорема 2.6. Непорожня множина $L \subset S$ є регулярною підмножиною моноїда S тоді і тільки тоді, коли мова L розпізнається автоматом із чергуванням алфавіту.

Клас еквівалентності $K \in U$ називається h-регулярним, якщо в ньому міститься хоча б одна регулярна мова.

Теорема 2.7. Нехай клас $K \in U$ h-регулярний. Тоді регулярна кожна з мов $\delta(K, e)$, де $e \in E$. Якщо $\delta(K, e) = L \neq \varnothing$, то L - єдина мова з $PD(e)$, для котрої $K = [L]$.

Теорема 2.8. Нехай L_1, L_2 - регулярні в W мови, задані регулярними виразами R_1, R_2 відповідно і множина $B(L_1) \cup B(L_2)$ посідає властивість (A). Існує алгоритм перевірки справедливості рівності $[L_1] = [L_2]$.

Стверджується можливість класифікації елементів U по аналогії із класифікацією Хомського формальних мов. Підставою для цього є формульована нижче теорема.

Нехай Λ_i - клас мов, породжених граматиками типу i, $i = 0, 1, 2, 3$ (Λ_0 - клас рекурсивно перечислювальних мов і т.д.). Для мови L покладемо $i(L) = \max\{i: L \in \Lambda_i\}$.

Теорема 2.9. Нехай $K \in U$, $Z(K) = \{L: L = \delta(K, e) \neq \varnothing, e \in E\}$. Тоді $i(L_1) = i(L_2)$ для будь-яких $L_1, L_2 \in Z(K)$.

Теорема 2.10. Існує алгоритм, що дозволяє для будь-яких схем $R_1, R_2 \in K(A \cup B)$ встановити справедливість рівності $h(R_1) = h(R_2)$.

Теорема 2.11. Проблема тотожності для вільної алгебри недетермінованих алгоритмів є розв'язною.

У третій главі будується та застосовується до дослідження алгоритмічних алгебр апарат динамічних сітьових моделей спеціального вигляду - генераторів дискретних процесів.

Генератор дискретних процесів (ГДП) визначається як деяка статична структура (схема ГДП), доповнена правилами функціонування. Схема ГДП описується двудольним орієнтованим графом і зв'язує скінченну сукупність змінних, що приймають значення в заданих множинах, із сукупністю функціональних символів, ототожнюваних з елементарними операторами (ЕО). ЕО визначається на деяких змінних, які називаються входами ЕО, і задає значення вихідних змінних (виходів). Процес обчислення виходів ЕО по заданих значеннях входів називається спрацьовуванням ЕО. Спрацьовування ЕО виконуються миттєво, недетермінованим чином і послідовно при обмеженнях: 1) наступний в утворюваній послідовності спрацювавших операторів може спрацювати лише після завершення роботи попереднього; 2) повторне спрацьовування деякого ЕО можливе лише після "перерахування" хоча би одного його входа після попереднього спрацьовування.

Серед змінних ГДП виділяються дві підмножини, одна з яких містить так звані інформаційні, а друга - керуючі зміні. Пара (S_0, S_1) непорожніх підмножин інформаційних змінних називається настройкою ГДП. Процес роботи ГДП Г(S_0, S_1) з даною настройкою полягає в послідовному спрацьовуванні ЕО, заданих на деякому початковому стані, що фіксує початкові значення змінних ГДП. Робота ГДП завершується, якщо ні один з ЕО не може спрацювати або ж досягаються стани із заданої множини заключних станів.

Послідовності спрацьовувань ЕО ГДП Г можуть розглядатися як слова деякої мови L(Г) (вільної мови ГДП Г), побудованої над алфавітом функціональних символів. Слова з L(Г) називаються допустимими процесами. Будь-який допустимий процес t визначає деякий частковий оператор t, що відносить кожному початковому стану ГДП деякий заключний стан або оператор не визначений в цьому стані. В процесі роботи ГДП $\Gamma(S_0, S_1)$ обчислює деякий частковий оператор, який являє собою вектор-функцію, що визначена на векторі змінних з S_0 і задає значення вектора змінних з S_1.

Клас ГДП охоплює сітки Петрі: по заданій сітці можна побудувати ГДП, функціонування якого точно відповідає функціонуванню даної сітки Петрі, біжучі розмітки якої співпадають з біжучими станами ГДП, а вільна мова сітки співпадає з вільною мовою ГДП.

Головним обмеженням на функціонування ГДП є умова "перераховування" значень вхідних змінних ЕО. Це обмеження можна зняти шляхом спеціального підбору керуючих змінних (теорема 3.1).

Теорема 3.2. Нехай елементарні оператори ГДП Г визначені всюду на входах. Тоді мова L(Г) є регулярною.

Розглянемо ГДП Г із множиною A функціональних символів. Задамо бінарне відношення ρ, покладаючи $(a, b) \in \rho$, якщо $a \neq b$ і перетини входів a (входів b) з виходами b (виходами a) та виходів a з виходами b порожні. Відношення ρ є відношенням комутативності на A і тому однозначно визначений частково комутативний моноїд M(Г). Через h позначимо канонічний гомоморфізм A^* в M(Г).

Теорема 3.3. 1) Мова L(Г) є насиченою; 2) якщо $t \in M(\Gamma)$, то всі слова, які містяться в $h^{-1}(t)$, є одночасно допустимими або одночасно недопустимими процесами; 3) якщо $t \in M(\Gamma)$ і $\tau_1, \tau_2 \in h^{-1}(t)$, то $\tau_1 = \tau_2$.

Оскільки мова L(Г) насичена, то на ній можна побудувати деяку фактор-множину Λ(Г), що складається із слідів M(Г). Мова слідів Λ(Г) характеризує Г як "паралельний" обчислювач, в якому допускається паралельна реалізація ЕО, що відповідають комутуючим функціональним символам.

Теорема 3.4. Якщо всі ЕО ГДП Г визначені всюду на входах, то мова слідів Λ(Г) є розпізнаваємою.

Показується, що на L(Г) може бути введена така нетривіальна бінарна операція, яка перетворює L(Г) в моноїд, що є гомоморфним образом вільного моноїда A*.

Розглядається багаторівневе представлення ГДП Г у вигляді скінченної впорядкованої послідовності більш простих і пов'язаних між собою ГДП. Подібне представлення, яке називається багаторівневою алгоритмічною системою, вводиться і для алгоритмічних алгебр. Доводиться, що будь-яка регулярна схема алгоритмічної алгебри допускає розклад за деякою багаторівневою алгоритмічною системою (теорема 3.7). За допомогою введених представлень доводиться наступне твердження.

Теорема 3.8. Для будь-якої регулярної схеми R, що задає оператор f, існує такий ГДП Г(R), що представляє той же оператор.

Понад те, процес обчислення f за схемою R в деякому сенсі тотожній функціонуванню ГДП Г(R).

На основі отриманих в даній главі результатів досліджуються і класифікуються механізми управління обчисленням значень оператора, заданого ГДП Г(R). Показано, що обчислення можна організувати на основі "однорідного" способу управління. Наприклад, такий спосіб може полягати в циклічному виконанні ЕО, впорядкованих довільним чином. Якщо цикл перерветься (але біжучий стан змінних збережено), то обчислення можна відновити із будь-яким іншим порядком спрацьовувань ЕО.

У четвертій главі розглянено спеціальні класи алгоритмічних алгебр та деякі застосування одержаних результатів.

Вводяться регулярні схеми операторів алгоритмічних алгебр над пам'яттю та регулярні схеми з настройкою. Обидва поняття аналогічні відповідним поняттям з теорії схем програм. Розглянено їх зв'язок із скінченними дискретними перетворювачами, що складаються з сумісно функціонуючих керуючого та операційного автоматів.

Теорема 4.1. Оператор, представлений скінченним дискретним перетворювачем, може бути представлений регулярною схемою з настройкою в алгоритмічній алгебрі над структурованою інформаційною множиною, сигнатура якої містить лише дві операції - α-ітерацію та композицію операторів.

Теорема 4.2. Оператор, заданий ГДП $\Gamma(S_0, S_1)$, може бути заданий регулярною схемою (з настройкою) оператора такої алгебри (недетермінованих) алгоритмів, сигнатура якої містить лише три операції - композицію операторів, α-ітерацію та недетерміновану диз'юнкцію.

Оскільки ГДП охоплюють сітки Петрі, приходимо до висновку про те, що функціонування сіток Петрі теж може бути описане в термінах регулярних схем (з настройкою) операторів деякої алгебри алгоритмів.

Теорема 4.3. Для будь-якої регулярної схеми R оператора f алгебри (детермінованих або недетермінованих) алгоритмів існує регулярна схема $R' = (\alpha)\{f_1 \vee f_2 \vee \ldots \vee f_k\}$ (з настройкою) алгебри алгоритмів, сигнатура якої містить лише три операції (композицію операторів, недетерміновану диз'юнкцію та α-ітерацію), елементарні оператори якої однозначним чином визначаються за схемою R, і яка обчислює той же оператор f.

Оскільки регулярна схема, наведена в теоремі, може бути задана за допомогою ГДП, теорема Глушкова про представлення скінченних дискретних перетворювачів регулярними схемами допускає обернення в класі ГДП.

Побудований стохастичний аналог алгебри алгоритмів - марковська алгоритмічна алгебра, в котрій однорідні ланцюги Маркова із скінченною кількістю станів визначаються через "елементарні" випадкові процеси такого ж роду. По алгоритмічній алгебрі $\mathfrak{R}$ можна побудувати деяку систему із скінченною кількістю станів, поведінка якої визначається регулярними схемами операторів алгебри $\mathfrak{R}$. Якщо для даної системи задати початковий розподіл та матрицю ймовірностей переходів, то прийдемо до марковської алгоритмічної алгебри $M(\mathfrak{R})$.

Теорема 4.4. Марковська алгоритмічна алгебра $M(\mathfrak{R})$є гомоморфним образом алгоритмічної алгебри $\mathfrak{R}$.

Дана відповідність да можливість рішення ряду таких задач ймовірнісного характеру стосовно до регулярних схем, які формулюються в термінах ланцюгів Маркова.

Розглянено застосування апарату ГДП до побудови і аналіза інформаційно-функціональної моделі системи управління підприємством. Розв'язується задача декомпозиції інформаційного фонда АСУ на бази даних.

У висновках сформульовані винесені на захист результати дисертаційної роботи.

У додатку наводяться довідки про впровадження результатів дисертації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

В дисертації пропонується для рішення актуальної наукової проблеми дослідження алгебр детермінованих і недетермінованих алгоритмів використовувати інтерпретаційні методи, основані на зведенні даних алгебр та пов'язаних з ними формальних об'єктів до інших об'єктів, дослідження яких може бути виконане достатньо ефективним чином. До таких об'єктів, введених і розглянених в дисертації, відносяться універсальні алгебри Ω-алгоритмів, формальні мови над інтерпретованим в бульовій алгебрі алфавітом, генератори дискретних процесів, марковські алгоритмічні алгебри.

Розробка та застосування для аналіза алгоритмічних алгебр інтерпретаційних методів показали, що за їх допомогою може бути розв'язаний ряд теоретичних задач, які не допускали рішення традиційними методами і які виявили можливість застосування розробленого апарату для ефективного рішення практичних задач на промисловому рівні.

В роботі отримані наступні результати, що мають новизну та виносяться на захист:

1. Розроблено інтерпретаційний метод, який дозволяє звести алгебри детермінованих і недетермінованих алгоритмів до єдиного, суттєво простішого об'єкта - введенної і дослідженої в роботі алгебри Ω-алгоритмів. Показано, що властивості будь-якої алгебри детермінованих або недетермінованих алгоритмів визначаються властивостями алгебри Ω-алгоритмів, яка однозначно задається по вихідній алгоритмічній алгебрі. Будь-яка алгебра (детермінованих або недетермінованих) алгоритмів може бути побудована по деякій алгебрі Ω-алгоритмів за допомогою стандартної конструктивної процедури.

2. Введені і досліджені поняття Ω-мови і точної Ω-мови, а на підставі цих понять - вільні алгебри Ω-алгоритмів, детермінованих і недетермінованих алгоритмів. Встановлено зв'язок вільної алгебри Ω-алгоритмів і вільної алгебри недетермінованих алгоритмів з алгеброю Кліні. Розроблено метод дослідження вільних алгебр Ω-алгоритмів, детермінованих і недетермінованих алгоритмів, який базується на властивостях точних Ω-мов, заданих схемами відповідних алгебр.

3. Введене поняття і розроблений загальний метод дослідження спеціального класу Ω-мов - формальних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі. Встановлено можливість класифікації таких мов за аналогією з класификацією за Хомським.

4. Розроблено метод дослідження регулярних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі. Встановлено зв'язок раціональних (регулярних) мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі, із скінченними автоматами. Одержане узагальнення на даний випадок теореми Кліні про представлення раціональних мов автоматами. Описано загальний алгоритм, який дозволяє перевірити еквівалентність таких мов.

5. Доведена розв'язність алгоритмічної проблеми тотожно і для регулярних мов над алфавітом, інтерпретованим в бульовій алгебрі.

6. Встановлено розв'язність алгоритмічної проблеми тотожності регулярних схем (операторів та умов) вільних алгебр недетермінованих алгоритмів.

7. Побудовано апарат генераторів дискретних процесів, що охоплює автомати, сітки Петрі та їх модифікації, а також скінченні дискретні перетворювачі. Досліджено властивості мов,

породжуваних ГДП, встановлено зв'язок з частково комутативними моноїдами та мовами слідів.

8. Розроблено метод дослідження регулярних схем операторів алгоритмічних алгебр на основі їх представлення у вигляді генераторів дискретних процесів. На основі даного представлення досліджені способи організації обчислень, описуваних регулярними схемами, в тому числі стійких до збоїв обчислювального пристрою. Показано, що в класі ГДП є вірною і допускає обернення теорема В.М.Глушкова про представлення оператора, заданого скінченним дискретним перетворювачем, регулярною схемою алгоритмічної алгебри.

9. Розроблено методи формального опису дискретних перетворювачів в термінах регулярних схем (з настройкою) операторів алгоритмічних алгебр.

10. Розроблено метод дослідження випадкових обчислювальних процесів, які відповідають однорідним ланцюгам Маркова із скінченною кількістю станів і інтерпретуються як елементи введеної в роботі марковської алгоритмічної алгебри - стохастичного аналога алгебри алгоритмів.

11. На основі розроблених теоретичних положень запропоноване використання введеного в роботі апарата для програмного моделювання та аналізу системи управління промисловим підприємством, а також для рішення задачі декомпозиції інформаційного фонду підприємства на бази даних.

Підходи і методи, запропоновані в дисертації, мають загальний характер і можуть бути використані для рішення ряда інших теоретичних і практичних задач.

Основні результати дисертаційної роботи відображені в наступних публікаціях:

1. Романов А.Н., Суржко С.В. Основы автоматизации проектирования информационно-управляющих систем. - М.: МЭСИ, 1985. - 107 с.
2. Романов А.Н., Суржко С.В. Теоретические основы построения сложных экономических систем. - М.: МЭСИ, 1981. - 88 с.
3. Суржко С.В. О некоторых классах алгоритмических алгебр // Кибернетика. - 1990. - N2. - С.108-112.
4. Суржко С.В. О вычислении значений операторов, заданных регулярными схемами // Кибернетика. - 1989. - N6. - С. 75-77,82.
5. Суржко С.В. О категорном подходе к изучению алгоритмических алгебр // Кибернетика и системный анализ. - 1993. - N2. - С. 50-62.
6. Суржко С.В. О сетевых моделях дискретных преобразователей информации // Кибернетика и системный анализ. - 1991. - N5. - С.83-90.
7. Суржко С.В., Ющенко Е.Л. О языках над алфавитом, интерпретированным в булевой алгебре // Кибернетика и системный анализ. - 1995. - №3. - С. 86-106.
8. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е., Суржко С.В. Алгоритмические алгебры Глушкова и проблемы моделирования систем // Кибернетика и системный анализ. - 1993. - N3. - С. 106-116.
9. Суржко С.В., Кример А.А. Моделирование и программные средства синтеза и анализа системы управления предприятием // Управляющие системы и машины. - 1990. - №5. - С. 107-112.
10. Суржко С.В. Фильтрация дискретных процессов // Проблемы бионики. Выпуск 41. - Харьков: Вища школа, 1988. - С. 109-113.
11. Суржко С.В. Некоторые свойства сопряженных нагруженных графов // Вестник Львовского университета. Серия экономическая. Выпуск 18. - Львов: Вища школа, 1986. - С. 79-80.

12. Суржко С.В. Структурирование и декомпозиция дискретных преобразователей // Декомпозиционные методы проектирования систем. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР, 1988. - С. 49-55.

13. Суржко С.В. Об управляемых динамических системах // Теоретико-системные методы и их использование в автоматизированных системах. - Киев: Ин-т Кибернетики АН УССР, 1983. - С. 36-40.

14. Суржко С.В. О языках, порождаемых дискретными преобразователями // Цифровые устройства и микропроцессоры в системах передачи информации. Межвузовский сборник научных трудов ХИИТ. - Харьков: ХИИТ, 1987. - С. 58-62.

15. Суржко С.В. О функциях от элементов упорядоченного пространства // Вестник Львовского университета. Серия экономическая. Выпуск 15. - Львов: Вища школа, 1983. - С. 73-75.

16. Суржко С.В. Совершенствование информационного обеспечения - основа повышения качества функционирования интегрированной системы управления // Средства связи. Выпуск 1. - М.: ЦООНТИ "ЭКОС", 1989. - С. 10-12.

17. Романов А.Н., Одинцов Б.Е., Суржко С.В. О задаче структуризации интегрированного информационного фонда для обслуживания пользователей различного типа // Применение методов вычислительной математики в экономике. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1981. - С. 31-44.

18. Романов А.Н., Одинцов Б.Е., Суржко С.В. Структуризация информационных фондов систем управления // Технология реализации многоуровневых систем управления базами данных. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1982. - С. 28-41.

19. Романов А.Н., Суржко С.В., Одинцов Б.Е. Оптимизационная модель определения состава баз данных для запросных

задач // Исследование проблем проектирования информационного и программного обеспечения АСУ. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1981. - С. 39-49.

20. Одинцов Б.Е., Романов А.Н., Суржко С.В. О некоторых подходах к организации информационных фондов АСУ на основе интеграции баз данных // Машинная обработка экономической информации на ЭВМ. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1980. - С. 31-39.

21. Одинцов Б.Е., Романов А.Н., Суржко С.В. О некоторых методах определения состава интегрированного фонда АСУ // Современные проблемы обработки экономической информации в АСУ. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1981. - С. 39-49.

22. Одинцов Б.Е., Суржко С.В. Метод определения уровня дублирования данных в информационном фонде АСУ // Теория и практика проектирования информационного обеспечения АСУ. Сборник научных трудов. - М.: МЭСИ, 1981. - С. 50-63.

23. Пакет прикладных программ "Декомпозиция информационной базы", инв. № 1030//Отраслевой фонд алгоритмов и программ (ОФАП АСУ Минприбора). Каталог. - Калинин: Центрпрограммсистем, 1983. - 313 с.

24. Романов А.Н., Суржко С.В. Генераторы дискретных процессов: модели и приложения // Первый Всемирный Конгресс Общества математической статистики и теории вероятностей им. Бернулли: Тезисы докладов. - М.: Наука, 1986. - С. 993.

25. Суржко С.В. Алгебра Ω-регулярних елементів та її властивості // Всеукраїнська наукова конференція "Застосування обчислювальної техніки, математичного моделювання та математичних методів у наукових дослідженнях. Тези доповідей. - Львів, 1995. - С. 85.

26. Суржко С.В. Алгебры К-регулярных схем и алгоритмические

алгебры // Друга українська конференція з автоматичного керування "Автоматика-95". Праці. Том 2. - Львів, 1995. - С. 137.

27. Суржко С.В. Полугруппы и структурирование автоматов // XIX Всесоюзная алгебраическая конференция. Тезисы сообщений. Часть 1. - Львов, 1987. - С. 270.

28. Суржко С.В. Генераторы дискретных процессов // Седьмая Всесоюзная школа-семинар "Распараллеливание обработки информации". Тезисы докладов и сообщений. Часть 1. - Львов, 1989. - С. 224-225.

29. Суржко С.В. Моделирование, анализ и компьютеризация информационных процессов на основе математической модели системы управления // Компьютеризация информационных процессов в управлении народным хозяйством. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. Часть 2. - М.: МЭСИ, 1988. - С. 84-85.

30. Суржко С.В. Об одном подходе к описанию многоуровневых схем алгоритмов // Пятая Всесоюзная школа-семинар "Распараллеливание обработки информации". Тезисы докладов и сообщений. Часть 2. - Львов, 1985. - С. 91.

31. Суржко С.В. Об S-алгебрах и их обобщениях // Восьмой Всесоюзный семинар "Параллельное программирование и высокопроизводительные структуры". Тезисы докладов. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР, 1988. - С. 7-8.

32. Суржко С.В. О двух подходах к формализованному описанию и исследованию систем управления // Методы синтеза и планирования развития структур крупномасштабных систем. Тезисы докладов У Всесоюзного семинара. - М.: Ин-т проблем управления, 1990. - С. 15.

33. Суржко С.В. О динамических сетевых моделях информационно-управляющих систем // Распределенные информацион-

но-управляющие системы. - Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1988. - С. 21.

34. Суржко С.В. О моделировании действий и ситуаций в экспертных системах // Восьмой Всесоюзный семинар "Параллельное программирование и высокопроизводительные структуры". Тезисы докладов. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР, 1988. - С. 199.

35. Суржко С.В. О полугрупповых свойствах параллельных процессов //X Всесоюзный семинар "Параллельное программирование и высокопроизводительные системы: методы представления знаний в информационных технологиях". Тезисы докладов. - Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова АН УССР, 1990. - С. 7.

36. Суржко С.В. Организация вычислений в соответствии с регулярными схемами операторов // Седьмая Всесоюзная школа-семинар "Распараллеливание обработки информации". Тезисы докладов и сообщений. Часть 1. - Львов, 1989. - С. 226.

37. Суржко С.В. Полугруппы дискретных процессов и минимизация бесконечных автоматов // Шестая Всесоюзная школа-семинар "Распараллеливание обработки информации". Тезисы докладов. Часть 3. - Львов, 1987. - С. 20-21.

38. Суржко С.В. Расширения системы алгоритмических алгебр // Шестая Всесоюзная школа-семинар "Распараллеливание обработки информации". Тезисы докладов. Часть 1. - Львов, 1987. - С. 77-78.

39. Суржко С.В. Схемы функционирования дискретных систем управления // Синтез структур автоматизированного управления в крупномасштабных системах. Тезисы докладов Всесоюзного семинара. - Херсон, 1989. - С. 7-8.

40. Суржко С.В., Ющенко Е.Л. О языках над алфавитом, интерпретированным в булевой алгебре // Друга українська конференція з автоматичного керування "Автоматика-95". Праці. Том 2. - Львів, 1995. - С. 137-138.

41. Суржко С.В., Плаксин В.Ф., Сыпа И.М. Модельный подход к анализу, разработке и сопровождению интегрированной автоматизированной системы управления // Практическое применение современных технологий программирования, пакетов прикладных программ в вычислительных системах и сетях ЭВМ. Тезисы докладов I Всесоюзной научно-технической конференции. - Днепропетровск, 1988. - С. 150-151.

Особистий внесок. Всі результати, що складають основний зміст роботи, отримані особисто автором. В публікаціях, написаних у співавторстві, дисертанту належать: в роботах [1,2,17-23] - формальні моделі декомпозиції інформаційного фонду; в [7,40] - основні результати, крім теореми 4 та леми 8, отриманих сумісно із співавтором (теорема 2.4 і лема 2.8 дисертації); в [8] - недетерміновані процеси, зв'язок з дискретними перетворювачами, поняття марковської САА, багаторівневі алгоритмічні системи; в [9,24,41] - апарат ГДП.

Surzhko S.V. Interpretation methods in the algorithmic algebras theory.

Doctor of physics-mathematical science thesis, speciality 01.05.01 - theoretical basics of informatics and cybernetics (mathematical cybernetics).

National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Cybernetics named after V.M.Glushkov, Kiev, 1996.

The manuscript based on 41 articles is defended. It contains the results of algorithmic algebras investigations. The methods of the investigations based on conseptions of the algebra of Ω-algorithms, the generator of discrete processes, Markov's algorithmic algebra, etc. are worked out. Properties of the algebras of determinated and non-determinated algorithms and connected objects are studied, the solvability of the problem of equivalence for the free algebra of non-determinated algorithms is proved on the basis of these methods.

Суржко С.В. Интерпретационные методы в теории алгоритмических алгебр.

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.05.01 - теоретические основы информатики и кибернетики (математическая кибернетика).

Национальная Академия наук Украины, Институт кибернетики им.В.М.Глушкова, Киев, 1996.

Защищается рукопись на основе 41 работы, содержащих результаты исследования алгоритмических алгебр. Разработаны методы исследований, основанные на понятиях алгебры Ω-алгоритмов, генератора дискретных процессов, марковской алгоритмической алгебры и т.д. На базе этих методов изучены свойства алгебр детерминированных и недетерминированных алгоритмов и связанных с ними объектов, доказана разрешимость проблемы тождества для свободной алгебры недетерминированных алгоритмов.

Ключові слова: алгебра алгоритмів, алгебраїчне програмування, алгоритм, алгоритмічна алгебра, система алгоритмічних алгебр, схеми алгоритмів, схеми програм.

Ротапринт ЛвЦНТЕІ Замовлення 9 Тираж 100