

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

На правах рукопису

**Філатов Валентин Олександрович**

УДК 004.75:[004.65 : 004.89]

**МУЛЬТІАГЕНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕГРАЦІЇ  
ГЕТЕРОГЕННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ**

**05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні  
інформаційні технології**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**дисертації на здобуття наукового ступеня**  
**доктора технічних наук**

**Харків – 2004**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор  
Бондаренко Михайло Федорович,  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
завідувач кафедри програмного забезпечення ЕОМ.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Молчанов Олександр Артемійович, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, завідувач кафедри прикладної математики;

доктор технічних наук, професор Міхальов Олександр Ілліч, Національна металургійна академія України, завідувач кафедри інформаційних технологій і систем;

доктор технічних наук, професор Авраменко Валерій Павлович, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри інформаційно-управляючих систем;

Провідна установа:

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, відділ математичного моделювання.

Захист відбудеться “25” лютого 2005 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий “21” січня 2005 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук

Чалий С.Ф.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Головними тенденціями розвитку інформаційних систем і розподілених баз даних є з одного боку децентралізація і розподіл ресурсів управління інформацією, а з іншого – неоднорідність структур збереження даних інформаційних систем. Таким чином, розподілені автоматизовані системи стають основою інформаційної структури збереження, обробки і управління даними, та забезпечують інформатизацію суспільства – поетапного створення єдиного інформаційного простору. В міру розширення регіональних, державних і міжнародних інтеграційних процесів в економіці та бізнесі зростають вимоги до продуктивності розподілених автоматизованих систем.

Існує значна кількість робіт, досліджень, моделей, методів і програмних продуктів, що з різним ступенем ефективності вирішують деякі аспекти створення інтегрованих інформаційних систем та підходів до побудови інтелектуальних систем на основі технології програмних агентів.

Найбільш визнаними в даній галузі є дослідження вчених: В.М. Глушкова, А.А. Павлова, Д.А. Поспелова, Б.П. Арсеньєва, А.В. Замуліна, Л.А. Калініченко, К.Д. Дейта, В.Б. Тарасова, М.Л. Цетліна, М. Wooldridge, Jennings N. R., Nwana H.S., Huhns M.N., Singh M.P., A.R. Simon, P.Wegner та інших. Перспективними є рішення у галузі розробки інтелектуальних систем інтеграції і управління інформаційними ресурсами на основі технології програмних агентів. Існуючі рішення на основі інтеграційних технологій таких, як Active, ODBC, DAO, OLE DB, BDE та ін. працюють тільки в середовищі баз даних і не дозволяють здійснити реальну інтеграцію гетерогенних структур.

Аналіз вітчизняних і закордонних джерел показав, що дослідження в цьому напрямку недостатньо ефективні, не відповідають повною мірою сучасним вимогам в області інформаційних технологій інтеграції і управління інформаційними ресурсами обчислювальних систем.

У зв'язку з цим виникає актуальна необхідність створення комплексного системного підходу до рішення задач інтеграції і управління інформацією, як єдиної проблеми на основі технології програмних агентів, розробки ефективних моделей інтеграції і управління інформаційними ресурсами гетерогенних обчислювальних систем, методів і інструментальних засобів проектування і рішення практичних задач. Ці питання складають суть досліджень наданої дисертаційної роботи.

**Об'єкт дослідження** – неоднорідні бази даних, інформаційні системи і файлові структури збереження інформації розподілених обчислювальних систем.

**Предмет дослідження** – інтеграція і управління гетерогенними інформаційними ресурсами обчислювальних систем і баз даних.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково-дослідних робіт ХНУРЕ, спільних робіт ХНУРЕ з провідними науковими і науково-виробничими установами, організаціями та підприємствами України. Найважливішими з них є такі:

«Розробка принципів побудови та реалізації інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень при підготовці кадрів вищої кваліфікації». Шифр теми – науково-дослідна (фундаментальна). Підстава виконання робіт: наказ ректора ХТУРЕ ІКН від 05.01.1998р. № ДР 0198U004446. Робота здійснена автором в якості відповідального виконавця.

«Розробка інформаційно-аналітичної системи з розподіленим штучним інтелектом «Університет». Шифр теми – науково-дослідна (прикладна). Підстава виконання робіт: наказ Міністерства освіти і науки України № 15/20-148 від 08.02.2001 р. № ДР 0101U001763. Робота здійснена автором в якості відповідального виконавця.

«Розробка типової інформаційно-аналітичної системи «Університет» (ІІ черга). Шифр теми – науково-дослідна (прикладна). Підстава виконання робіт: наказ Міністерства освіти і науки України № 633 від 05.11.2002 р. № ДР 0103U001560. Робота здійснена автором в якості відповідального виконавця.

«Розробка методологічних основ та інструментальних засобів створення просторових систем підтримки прийняття рішень». Шифр теми – науково-дослідна (фундаментальна). Підстава виконання робіт: наказ Міністерства освіти і науки України № 633 від 05.11.2002 р. № ДР 0103U001566. Робота здійснена автором в якості відповідального виконавця.

«Розробка концепції та програми інформатизації Полтавської області». Шифр теми – госпдогівірна (прикладна). Підстава виконання робіт: наказ проректора з наукової роботи Харківського національного університету радіоелектроніки № 633 від 01.09.2001р. № 01-31. Робота здійснена автором в якості відповідального виконавця.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка нових науково обґрунтованих моделей, методів та інструментальних засобів підтримки інтелектуальних систем інтеграції і управління інформаційними ресурсами розподілених обчислювальних систем.

Для досягнення поставленої мети розв'язуються наступні наукові завдання:

- аналіз існуючих методів та засобів інтеграції гетерогенних інформаційних ресурсів розподілених обчислювальних систем;
- розробка ефективної моделі інтеграції інформаційних систем і розподілених баз даних на основі «клієнт-серверної» взаємодії;
- розробка й обґрунтування моделі єдиного інформаційного простору розподіленої обчислювальної системи;

- дослідження агентних технологій, спрямованих на рішення проблеми інтеграції інформаційних ресурсів обчислювальних систем;
- дослідження і формалізація класів агентно-орієнтованих задач інформаційного простору розподіленої обчислювальної системи;
- розробка і дослідження моделей сценарію виконання послідовності функціональних задач, орієнтованих на виконання в середовищі мультіагентних систем;
- розробка і дослідження моделі програмного агента на основі фреймової структури;
- розробка і дослідження моделей поведінки програмних агентів в інформаційному просторі;
- розробка мови виконання завдань програмного агента при рішенні задач управління та інтеграції інформаційних ресурсів обчислювальних систем;
- розробка ефективних методів аналізу взаємозалежних агентно-орієнтованих задач на основі модифікованого апарата мереж Петрі;
- розробка інструментальних засобів підтримки проектування і супроводу агентно-орієнтованих задач у системах управління мультіагентним простором (СУМП);
- розробка методики проектування і створення мультіагентних систем автономного адміністрування і управління інформаційних ресурсів обчислювальних систем;
- розробка прикладних задач управління та інтеграції інформаційних ресурсів на основі системи управління мультіагентним простором.

**Методи досліджень.** Теоретичні дослідження при розробці мультіагентних систем інтеграції гетерогенних інформаційних систем базуються на теорії та ідеях штучного інтелекту, теорії програмних агентів, методах системного аналізу, положеннях дискретної математики, теорії графів, розвинутої теорії мереж Петрі, теорії поведінки автоматів, теорії формальних і алгебраїчних систем.

Експериментальні дослідження проводились в лабораторних умовах (Науково-дослідна лабораторія системних технологій ХНУРЕ) і на реальних об'єктах.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень сформульована та вирішена важлива для теорії і практики наукова проблема, створено і розвинуто новий науковий напрямок – мультіагентні системи інтеграції інформаційних ресурсів розподілених систем і баз даних.

В дисертаційному дослідженні сформульовані наступні, найбільш значимі наукові результати, що виносяться на захист:

- *вперше:*

теоретично обґрунтовані і розроблені методи і засоби інтеграції гетерогенних інформаційних ресурсів розподілених інформаційних систем і баз даних із застосуванням

технології програмних агентів. Запропонований підхід дозволяє істотно розширити функціональні можливості регіональних інформаційних систем за рахунок автономної взаємодії із різнорідними структурами даних;

створено і досліджено три класи автономних програмних агентів на основі фреймової структури для рішення задач управління інформаційними ресурсами розподілених гетерогенних інформаційних систем. Перший клас включає рефлексивні програмні агенти, призначені для реалізації завдань користувача у інформаційному просторі типу “умова-дія”; складні завдання у вигляді послідовності дій реалізує другий клас – автономні програмні агенти; третій клас інтелектуальних програмних агентів призначений для вирішення завдань в експертних та інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень;

отримана узагальнена модель поведінки програмних агентів у мультіагентному просторі на основі теорії оптимального вибору варіантів і теорії кінцевих автоматів. Поведінка розглядається як окремий випадок загальної теорії оптимального управління об'єктами. У такому аспекті програмний агент виступає як абстрактна дискретна керуюча система, що на основі своїх дій і реакції на ці дії середовища, обирає оптимальну стратегію поведінки. Доведено перевагу використання запропонованого підходу;

отримано новий метод інтеграції інформаційних ресурсів гетерогенних систем і розподілених баз даних, що застосовує сценарії виконання послідовності задач користувача. Розроблена та обґрунтована загальна модель автономного сценарію користувача, яка передбачає аналіз виконаних дій та вибір ефективного шляху рішення наступної задачі з урахування особливостей інформаційного простору;

*- удосконалено:*

загальну модель поведінки програмних агентів на основі теорії оптимального вибору варіантів. Розроблений загальний підхід до побудови моделі поведінки програмних агентів на основі теорії автоматів дозволяє сформувати і досліджувати класи детермінованих програмних агентів по ступені їхньої автономності в інформаційному середовищі;

методи подання агентно-орієнтованих задач та засоби управління потоками задач користувача на основі автономних сценаріїв розвитку ситуацій. Сценарій визначається як план дій – частково упорядкована сукупність задач користувача. Таким планом є граф, у якому в якості відносини між вершинами виступають відносини типу: «ціль-підціль», «мета-дія», «дія-результат». Шлях у цьому сценарії, що веде від вершини, яка відповідає поточній ситуації у кожному з цільових вершин, визначає план дій. Усі задачі побудови плану дій поділяються на два типи, яким відповідають різні моделі: планування в просторі станів і планування в просторі задач.

*- набули подальшого розвитку:*

концепція єдиного інформаційного простору як основа побудови систем управління гетерогенними інформаційними ресурсами. Поняття простору включає об'єкти розподілених інформаційних систем – файли даних, каталоги, логічні та фізичні диски, персональні комп'ютери, відносини між об'єктами та операції маніпулювання об'єктами у інформаційному просторі. Запропонований підхід дозволяє формалізувати та визначити класи агентно-орієнтованих задач користувача;

застосування апарата мереж Петрі для моделювання ієрархічних багаторівневих інформаційних процесів, що відбуваються в мультіагентних системах управління. Це дозволяє при аналізі складних агентно-орієнтованих задач користувача досліджувати динаміку взаємодії процесів у явному вигляді;

інструментальні засоби проектування та супроводження розподілених інформаційних систем та баз даних. Розроблено комплекс мовних засобів підтримки проектування, розробки і супроводу мультіагентних систем управління розподіленими інформаційними системами, що включає: мову опису даних агентних структур (DDL AS); мову маніпулювання даними (DML AS); мову маніпулювання даними на слотах-проекціях програмних агентів (DML SP); мову управління завданнями програмного агента (DCL AS) та дозволяє ефективно вирішувати комплекс задач користувача у розподіленому єдиному інформаційному просторі.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблена технологія інтеграції і управління інформаційними ресурсами гетерогенних систем і розподілених баз даних на основі програмних агентів є теоретичною основою створення нового класу систем управління мультіагентним простором (СУМП), поряд із широко відомими системами класу системи керування базами даних (СКБД), при рішенні практичних задач інтеграції і управління розподіленими даними. На основі отриманих теоретичних результатів розроблені алгоритмічні і програмні засоби, що реалізують наступні функції:

- проектування і розробка інформаційної системи автономного управління розподіленими ресурсами неоднорідної інформаційної системи;
- впровадження і реалізацію широкого класу задач управління інформаційними ресурсами розподілених систем;
- інтеграцію розподілених даних корпоративних і регіональних систем, управління потоками задач за сценарієм, захист та аудит інформаційних ресурсів, моніторинг та інтелектуальний аналіз даних.
- оперативне адміністрування та аналіз даних мультіагентних систем управління інформаційними ресурсами розподілених обчислювальних систем і баз даних.

Інструментальні програмні засоби, створені на основі запропонованого підходу, були використані для вирішення практичних задач автоматизації управління інформаційними ресурсами в різних галузях діяльності і довели свою ефективність.

Основні результати дисертаційної роботи використані та впроваджені при розробці і реалізації розподіленої регіональної інформаційно-аналітичної системи «Вибори» на замовлення Харківської обласної територіальної виборчої комісії з виборів депутатів Обласної ради, у корпоративній «Інформаційно-аналітичній системі Державтоінспекція «ІАС ДАІ» м. Харкова для оперативного пошуку водіїв правопорушників дорожнього руху, а також перевірки автотранспортних засобів, при створенні і впровадженні «Розподілений підсистеми диспетчерської служби управління агропромисловим комплексом (АПК) Полтавської області» та у навчальному процесі кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки при викладенні лекцій, проведенні практичних і лабораторних занять з дисциплін «Системи штучного інтелекту», «Проектування інформаційних систем», «Intranet-технології», «Моделі і структури даних», «Бази і банки даних».

За результатами дисертаційної роботи видано і впроваджено у навчальний процес підручник із грифом Міністерства освіти України:

Пономаренко Л.А., Філатов В.А. Електронна комерція. Підручник /За ред. А.А.Мазаракі.– К.: Київ.нац.торг.-екон.ун-т, 2002.– 443с.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.** Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, успішною програмною реалізацією розробленого підходу і ефективним практичним впровадженням дисертаційних досліджень у ХНУРЕ, науковій лабораторії системних технологій (НДЛ СТ) та на підприємствах і установах, які продемонстрували збіг теоретичних положень із реальними спостереженнями.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень доповідалися на міжнародних науково-практичних конференціях і семінарах: Всесоюзній школі із проблем контролю і управління складними об'єктами, (м. Туапсе, 1993 р.; 1-й, 2-й та 3-й Міжнародних конференціях «Теорія і техніка передачі, прийому й обробки інформації», (Харків - Туапсе, 1995 р., 1996 р., 1997р.); Міжнародному конгресі «Інформаційне суспільство – стан, проблеми, перспективи», (Київ, 2000 р.); 8-й Міжнародній конференції з управління «Автоматика – 2001», (Одеса, 2001 р.); 7-й Міжнародній конференції «Теорія і техніка передачі, прийому й обробки інформації», (Харків, 2001 р.); 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Дистанційна освіта: досвід і перспективи», (Белгород, Росія, 2001 р.); 9-й Міжнародній конференції з управління “Автоматика – 2002”, (Донецьк, 2002 р.); 8-й Міжнародній конференції "Теорія і техніка передачі, прийому й обробки інформації ("Інтегровані інформаційні системи, мережі і технології") "ІІСТ – 2002",

(Харків, 2002 р.); Міжнародній науково - технічній конференції «Сучасні складні системи управління СССК/HTCS'2002», (Старий Оскол, Росія, 2002р.); 3-й Міжнародній науково - практичній конференції «Штучний інтелект», (Кацивелі, Крим, 2002 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології і інформаційна безпека в науці, техніці та освіті», (Севастополь, 2002 р.); 10-й Міжнародній конференції з управління «Автоматика – 2003», (Севастополь, 2003 р.); 5-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в освіті і управлінні», (Нова Каховка, 2003 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні і багатопроцесорні системи», (Геленджик, Росія, 2003 р.); 9-й Міжнародній конференції «Теорія і техніка передачі, прийому й обробки інформації», (Харків - Туапсе, 2003 р.); Міжнародній науковій конференції «Інтелектуалізація обробки інформації», (Сімферополь, 2004 р.); 4-й Міжнародній науково - практичній конференції «Штучний інтелект», (Кацивелі, Крим, 2004 р.); 6-й Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в освіті і управлінні», (Нова Каховка, 2004 р.); 10-й Міжнародній конференції "Теорія і техніка передачі, прийому й обробки інформації ", (Харків - Туапсе, 2004 р.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковані 38 науково-технічних публікацій: 24 статті (6 з яких – одноосібно) у виданнях, які внесені до переліку видань ВАК України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата та доктора наук зі спеціальності “Технічні науки”; 14 публікацій у збірниках наукових праць, матеріалах, тезах доповідей міжнародних науково-технічних конференцій, науково-технічних семінарів, шкіл-семінарів, форуму.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати дисертаційного дослідження, надані до захисту, одержані автором особисто. В друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать аналіз проблеми інтеграції інформаційних ресурсів розподілених систем і баз даних і загальна постановка задачі проведених досліджень [1,3,4,6,7], проаналізовано основні тенденції в розвитку сучасних інтелектуальних інформаційних систем і запропоновано підхід до постановки і рішення задачі автономного адміністрування розподілених баз даних на основі технології програмних агентів [8-11], досліджено особливості технології програмних агентів, запропонована структура мультіагентної системи автономного адміністрування і управління розподіленими інформаційними системами і неоднорідними базами даних [16-18], для рішення задач інформаційної підтримки з використанням технології програмних агентів запропонована математична модель інформаційного простору розподіленої обчислювальної системи, розглянуто варіанти реалізації потоків задач у мультіагентному просторі [19-22], у результаті аналізу структур даних запропонована фреймова модель програмного агента, обґрунтовано підхід на підставі технології «слот-кортеж-агент» у рамках поведінки активного об'єкта «умови-дії» [26], розглянуто питання побудови моделі програмного агента для автономного адміністрування інформаційних

ресурсів як абстрактного типу даних, теоретично обґрунтований підхід на підставі концепції алгебраїчних систем [25,33], запропоновано структуру інструментальних мовних засобів підтримки розробки, впровадження і супроводи мультіагентних систем автономного адміністрування і управління інформаційними ресурсами розподілених систем [27-30,37,38].

**Структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку джерел з 244 найменувань (24 сторінки) та додатку. Загальний обсяг роботи складає 337 сторінок, у тому числі 289 сторінок основного тексту, ілюстрованих 92 малюнками.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, визначені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, а також особистий внесок автора в роботи, виконані в співавторстві, апробація результатів дисертації та кількість публікацій за темою дисертаційної роботи.

**У першому** розділі, на основі аналітичного огляду існуючих підходів та аналізу проблем дослідження визначено, що інтеграція інформаційних ресурсів на рівні єдиного інформаційного простору є стратегічним напрямком в галузі управління інформацією. У якості перспективної інформаційної технології інтеграції інформаційних ресурсів залишається технологія «клієнт-сервер». Для забезпечення взаємодії інформаційних систем і розподілених баз даних у рамках єдиного інформаційного простору доцільно використовувати розподілені однорангові архітектури з проміжним програмним рівнем. Такий підхід дозволяє досягти необхідного рівня гнучкості, відкритості і продуктивності розподілених інформаційних систем. Проміжний рівень взаємодії між інформаційними ресурсами, базами даних і додатками доцільно реалізувати на основі технології програмних агентів і мультіагентних систем.

**У другому** розділі на основі змістовного аналізу можливих підходів до інтеграції інформаційних ресурсів регіональних систем визначено місце концепції єдиного інформаційного простору як найбільш актуальної і перспективної. Концепція єдиного інформаційного простору регіональних систем вимагає розробки і дослідження нових ефективних методів і технологій організації і управління інформацією.

На основі аналізу методів представлення задач в економічних і бізнес інформаційних системах доведено, що актуальним на даний час є напрямок, пов'язаний з інтеграційними технологіями типу «потоків задач» і методами їхнього представлення й аналізу. Підхід до рішення проблеми управління та інтеграції інформаційних ресурсів на основі технології програмних агентів

дозволить реалізувати переваги сучасної технології розподілених об'єктів і ефективно досягти поставленої мети.

**У третьому** розділі розглянуто питання розробки і дослідження моделей і технологій управління інформаційними ресурсами обчислювальних систем.

У першому підрозділі розглянуті загальні принципи побудови інформаційних систем.

Інтенсивні теоретичні і прикладні роботи в галузі розробки інформаційних систем почалися у 70-ті роки XX століття і були обумовлені двома наступними причинами: технічною та соціальною. Основою побудови систем стала непроцедурна вхідна мова, за допомогою якої користувач може сформулювати, що треба робити, не вказуючи як робити. Конструкції такої мови націлені на забезпечення користувача визначеним набором операцій без залучення засобів традиційного програмування. Завдання, складене на цій мові, близько до форми конструкцій природної мови. Інформаційна система будується як система програмування, що ґрунтується на деякій вхідній мові, тобто на основі методів розробки трансляторів.

Теоретичним основам побудови систем, заснованих на мовах програмування, присвячений ряд робіт. До теперішнього часу запропоновано кілька формальних методів специфікації програмних систем узагалі, моделей і типів даних зокрема. Найбільшу популярність як формальне обґрунтування інструмента специфікації типів даних одержав алгебраїчний підхід.

У загальному випадку алгебраїчна система може бути представлена у виді:

$$U_a = \langle A, \Omega_f, \Omega_p \rangle, \quad (1)$$

де  $A$  – множина основ;  $\Omega_f = \{F_1, \dots, F_k\}$  – множина імен операцій, заданих на множині  $A$ ;  $\Omega_p = \{\pi_1, \dots, \pi_m\}$  – множина предикатів, заданих на множині  $A$ . Система  $U_a$  може бути записана в короткому вигляді  $U_a = \langle A, \Omega \rangle$ , за умови об'єднання множин  $\Omega = \Omega_f \cup \Omega_p$ .

Множину  $A$  називають носієм чи основною множиною, операції  $F_k$  і предикати  $\pi_m$ , на відміну від інших операцій і предикатів, називаються основними чи головними.

Дослідження в області моделей даних інформаційних систем показують, що в даний час центральним стало поняття типу даних. З цим зв'язані як проблематика створення нових мов програмування, так і впровадження сучасних технологій організації даних. З усього різноманіття підходів до визначення типу даних найбільш конструктивно виглядає наступна – тип даних визначає множину значень за допомогою множини операцій.

У зв'язку з особливою роллю операцій у визначенні структур даних і функціонуванні систем, розглянемо докладніше поняття типу даних. Для формального визначення типу даних введено поняття сигнатури  $\Sigma$  як пари, що складається з множини імен операцій  $F_k$  і множини описів операцій  $\Omega_o$ . Тоді сигнатуру можна визначити як  $\Sigma = \langle F_k, \Omega_o \rangle$ .

#### Визначення 1.

Тип даних  $T$  сигнатури  $\Sigma$  —це пара: специфікація типу даних сигнатури  $\Sigma$  і відповідна їй реалізація типу даних.

Такий підхід дає новий погляд на типи даних, відповідно до якого множина значень типу характеризується множиною операцій, дозволяє конструювати операції над типами не тільки творцям мови, але і програмістам, що створюють свої власні типи. Оскільки тип даних як об'єкт складається з двох основних компонентів: специфікації і реалізації, то й операції над типами мають справу зі складовими цих компонентів. До таких дій можуть відноситися: збільшення чи зменшення кількості операцій, заміна реалізацій усіх чи деяких операцій, зміна типу представлення і зв'язаних з цим операцій.

Таким чином, у визначенні типу даних відображені два його аспекти: користувача (специфікація) і машинний (реалізація). Програміст, складаючи свою програму, бачить тип як визначену специфікацію; компілятор, транслюючи цю програму в об'єктний код, має справу з обома аспектами типу даних; процесор, виконуючи об'єктний код, взаємодіє тільки з реалізаціями відповідних типів даних. Щоб створити тип необхідно побудувати специфікацію і зв'язати з нею придатну реалізацію.

Розглянуто класифікацію структурованих моделей даних, показано, що в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень останнім часом велика увага приділяється також неструктурованим моделям.

У другому підрозділі розглянуті питання розробки агентно-орієнтованого підходу до побудови інформаційних систем.

Сучасні структури збереження даних, у тому числі усі відомі моделі баз даних (ієрархічна, мережна і реляційна), призначені для надійного збереження даних і пасивні по своїй суті. У цих структурах відсутні елементи і механізми для реалізації технології дій. У зв'язку з інформаційною насиченістю корпоративних систем і вимогами щодо рішення якісно нових задач управління розподіленими інформаційними ресурсами виникає необхідність розробки активних структур інформаційних обчислювальних систем. Такими об'єктами можуть стати програмні агенти.

Третій підрозділ присвячено дослідженню моделі інформаційного простору розподіленої обчислювальної системи.

Обчислювальне середовище сучасної корпорації, установи, офісу, як правило, являє собою сервер, мережне устаткування, локальні комп'ютери, оргтехніку різного призначення, прикладне, системне і спеціальне програмне забезпечення. Усі ресурси обчислювальної системи – від файлів користувача, структур баз даних, прикладних програм до системних компонентів – зберігаються у файлах, а файли – у поименованих каталогах. Така технологія організації обчислювальної системи є концептуальною і не залежить ні від класу розв'язуваних користувачем задач, ні від типу

взаємодії сервер – локальний комп'ютер. Таким чином, обчислювальне середовище є інваріантною складовою будь-якої інформаційної системи й утворює інформаційний простір.

Інформаційний простір доцільно представити у вигляді абстрактної алгебраїчної системи:

$$E = \langle O, S, \Omega \rangle, \quad (2)$$

де  $O$  – об'єкти інформаційного простору  $O = \{o_n \mid n=1, N_1\}$ ;  $S$  – відносини між об'єктами  $O$ ;  $\Omega$  – операції маніпулювання об'єктами в просторі  $E$ .

Як об'єкти моделі (2) можуть виступати компоненти сучасної обчислювальної системи – файли всіх типів, каталоги, логічні і фізичні диски, персональні комп'ютери.

Відношення  $S = \{s_n \mid n=1, N_2\}$  між об'єктами інформаційного простору визначає конкретну конфігурацію обчислювального середовища  $E$ , орієнтовану на конкретного користувача чи користувачів,  $G = \{g_n \mid n=1, N_3\}$  – множина користувачів. Модель взаємодії користувача з інформаційним простором можна представити у вигляді:

$$y_n(t) = e_n(z_n(t), i=1, N_3) \quad (3)$$

де  $z_n(t)$  – вхідний вплив на інформаційний простір з боку користувача  $g_n \in G$ ;  $y_n(t)$  – реакція системи  $E$ , що сконфігурована під користувача  $g_n$  і має вид  $e_n$ . У загальному випадку  $z_n(t)$  – елементарна задача, що користувач  $g_n$  вирішує за допомогою інформаційної системи  $E(O, S, \Omega)$ .

Елементарні задачі можуть бути об'єднані у функціональні задачі шляхом об'єднання елементарних операцій  $q_1, q_2, \dots, q_n$  у послідовність взаємозалежних операцій алгоритму  $a_k = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ ,  $a_k \in L$ , де  $L$  – множина алгоритмів рішення функціональних задач. Розглянуто окремий випадок потоку задач, коли для рішення кожної задачі  $z_{nk}$  існує інструментальний програмний комплекс чи програмний модуль  $m_k \in M$ , де  $M$  – множина програмних модулів, що реалізують множину задач  $Z$ . При цьому повинні бути задоволені умови узгодження задач у потоці. Першою умовою є логічне завершення попередньої задачі і початок виконання наступної задачі. Другою є умова узгодження даних на проміжних етапах рішення:  $y_{nj}(t) = z_{nj}(t)$ ,  $n \neq j$ , – вихідні дані попередньої задачі є вхідними наступної. Тоді загальне рішення потоку задач може бути представлене як послідовність рішення задач  $z_{n1}(t), z_{n2}(t), \dots, z_{nj}(t)$ ,  $n=1, N_3, j=1, K$ .

У четвертому підрозділі розглянуті питання розробки і дослідження моделі програмного агента на основі фреймової структури.

Для класу задач, у яких користувач є «активним елементом» ініціалізації їх виконання, а формати даних на проміжних етапах узгоджені, може бути сформульована і вирішена задача автономного управління задачею (потокотом задач) на основі технології програмних агентів.

## Визначення 2.

Програмний агент – це додаток, що функціонує в обчислювальному середовищі на основі моделі «умова-дія» і використовується для автономного виконання задач інформаційної підтримки користувача.

#### Визначення 3.

Мультиагентний простір – це інформаційний простір обчислювальної системи, у якому в інтересах користувача функціонують програмні агенти такі, що координуються системою управління мультиагентним простором (СУМП).

#### Визначення 4.

СУМП – програма-адміністратор, що здійснює проектування, розробку, впровадження, контроль і аналіз роботи системи, заснованої на технології програмних агентів.

#### Визначення 5.

Технологія програмних агентів – принцип управління інформаційними ресурсами розподіленого обчислювального середовища на основі програмних агентів.

#### Визначення 6.

Агентно-орієнтована задача – це задача користувача, що може бути частково чи цілком вирішена за допомогою технології програмних агентів. Визначимо класи агентно-орієнтованих задач:

1. Інтеграція гетерогенних інформаційних структур і розподілених баз даних.
2. Моніторинг інформаційних ресурсів обчислювальних систем.
3. Захист даних і автономний аудит інформаційних ресурсів розподіленої обчислювальної системи.
4. Маніпулювання файлами та автономне управління інформацією обчислювальної системи.
5. Управління потоками взаємозалежних задач користувача на основі автономних сценаріїв.
6. Управління сітовими ресурсами розподілених обчислювальних систем.
7. Автономний пошук і аналіз даних у мережах Intranet\Internet.

Однієї з відомих структур представлення даних і знань, що задовольняє концептуальної моделі мультиагентного простору є фрейм. Для реалізації технології взаємодії програмного агента з об'єктами обчислювального середовища як модель програмного агента може бути використана фреймова структура.

На підставі фрейму реалізована модель програмного агента в термінах <об'єкти>, <умови>, <дії>, <пріоритет>. Фрейм виступає у виді універсального каркаса чи типової оболонки, у яку можуть додаватися функціональні модулі-слоти для рішення конкретних задач адміністрування інформаційних ресурсів. Кожен слот може формуватися з чотирьох атрибутів базових типів і виконувати необхідні операції з даними.

Слот у моделі фрейму є логічною структурою для реалізації конкретних завдань фрейму - програмному агенту, які можна видаляти, додавати, змінювати функціональне призначення слота-завдання. Однак класичне представлення слота у вигляді структури  $\langle \text{ім'я} \rangle, \langle \text{значення} \rangle$  не може повною мірою відображати вимоги концептуальної моделі програмного агента. Модифікуємо структуру слота і приведемо його до виду:

$$\text{Slot} = \langle U, D, \text{dom}, r_i, \theta, \Omega \rangle, \quad (4)$$

де  $U$  – множина імен атрибутів,  $D$  – множина доменів,  $\text{dom}$  – відображення  $U \rightarrow D$ ,  $\theta$  – множина, що визначає початкові умови та ознаки виконання дій у структурі завдання,  $\Omega$  – множина операцій,  $r_i$  – модель-кортеж  $i$ -го завдання агента:

$$r_i = \{ \{R\}_{ij}, \Omega_i, V_i \}, \quad (5)$$

$\{R\}_{ij}$  – множина станів кортежу  $r_i$ ,  $V_i$  – множина обмежень цілісності,  $\Omega_i$  – множина операцій, заданих на  $\{R\}_{ij}$ .

У п'ятому підрозділі досліджені і розроблені моделі поведінки програмних агентів.

У контексті розвитку теорії програмних агентів як об'єктів, що здатні на цілеспрямовані дії в навколишнім середовищі, центральним завданням стає дослідження динаміки діяльності агентів.

В основу поведінки програмних агентів покладена загальна теорія управління технічними системами. Поведінка може бути розглянута як окремий випадок загальної теорії оптимального управління об'єктами. У такому аспекті програмний агент виступає як абстрактна дискретна керуюча система, що на основі своїх дій і реакції на ці дії середовища, вибирає оптимальну стратегію поведінки.

Зміст підходу полягає в наступному – у кожному з послідовних моментів часу  $t_n (n=1, 2, \dots)$  необхідно вибирати варіант  $v_n$  із кінцевої множини можливих варіантів  $V$ . У результаті зробленого вибору втрати системи  $\xi_n$  являють собою випадкову величину – функцію елементарного результату  $\omega$ , і залежать від  $v_n$  і, можливо, станів системи. Реалізована при цьому послідовність варіантів  $\{v_n\}$  повинна бути такою, щоб досягалася задана мета, сформульована в термінах граничних значень поточних середніх втрат.

Наявність апіорної невизначеності в умовах відсутності точної інформації про втрати системи і її характеристик, приводить до того, що формування послідовності варіантів  $\{v_n\}$  варто здійснювати відповідно до адаптивного підходу. При цьому вибір чергового варіанта  $v_{n+1}$  здійснюється на основі отриманої на даний момент часу послідовності втрат  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ , що відповідає послідовності варіантів  $v_1, v_2, \dots, v_n$ . Це значить, що  $v_{n+1}$  є функцією від  $v_1, v_2, \dots, v_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ , від моменту часу  $n$  та елементарного результату  $\omega$ . Таким чином:

$$v_{n+1} = T_n(v_1, v_2, \dots, v_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \omega), \quad n=1, 2, \dots, \quad (6)$$

де  $\xi_n$  в залежності від задачі – або скаляр, або вектор.

Функцію  $T_n$  будемо називати правилом вибору варіанта  $v_{n+1}$ . Ця функція може бути як детермінованою, так і випадковою. Послідовність  $\{T_n\}$  правил вибору визначає стратегію вибору варіантів чи стратегію управління.

У результаті проведеного аналізу методів адаптивного вибору варіантів при оптимізації систем з дискретним часом, розглянутий вище підхід може бути використаний при побудові класів-моделей системи «інформаційне середовище – програмний агент».

#### Клас А.

|                                  |                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Тип стану інформаційної системи: | повна інформація                                        |
| Функція втрат:                   | $\xi_n = \{1, 0\}$ бінарна                              |
| Стратегія поведінки:             | $v_{n+1} = T_n(\omega)$                                 |
| Модель поведінки:                | автоматна модель поведінки, модель типу «автомат-рядок» |
| Тип автомата:                    | детермінований, стохастичний з постійною структурою     |
| Тип програмного агента:          | рефлексивний, автономний                                |

#### Клас С.

|                                  |                                                                           |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Тип стану інформаційної системи: | апріорна невизначеність                                                   |
| Функція втрат:                   | $\xi_n = \{1, 0\}$ бінарна                                                |
| Стратегія поведінки:             | $v_{n+1} = T_n(v_1, v_2, \dots, v_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \omega)$ |
| Модель поведінки:                | автоматна модель поведінки                                                |
| Тип автомата:                    | детермінований, стохастичний з перемінною структурою                      |
| Тип програмного агента:          | автономний                                                                |

#### Клас Е.

|                                  |                                                                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип стану інформаційної системи: | апріорна невизначеність                                                                         |
| Функція втрат:                   | $\xi_n = \{1, 0\}$ бінарна                                                                      |
| Стратегія поведінки:             | $p_{n+1} = R_n(v_1, v_2, \dots, v_n, p_1, p_2, \dots, p_n, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \omega)$ |
| Модель поведінки:                | автоматна модель поведінки                                                                      |
| Тип автомата:                    | детермінований, стохастичний з перемінною структурою                                            |
| Тип програмного агента:          | інтелектуальний                                                                                 |

Аналіз розглянутої вище моделі поведінки кінцевого автомата дозволяє використовувати його основні властивості при розробці моделі поведінки програмного агента.

Відповідно до основних вимог щодо властивостей програмних агентів – автономності функціонування і здатності виконувати доцільні дії, в дисертації розглянуто один з підходів до побудови моделі поведінки програмного агента на основі концепції «фрейм – слот».

З урахуванням (4),(5) логічна модель слота може бути розглянута як двовимірний об'єкт. Стани-кортежі  $\{R\}_{ij}$  можуть бути представлені у вигляді реляційної структури, атрибутами якої є  $\{OBG, ACT, CON, STA\}$ . Модель слота представлена в наступному вигляді:

$$Slot <[OBG],[ACT],[CON],[STA]>. \quad (7)$$

На підставі загальної моделі поведінки автомата і моделі слота-програмного агента (4), представимо слот у термінах моделі кінцевого автомата, тоді  $n$  слотів відповідають  $n$  типів дій:

$$r_i = \{\{R\}_{ij}, \Omega_i, V_i\} \approx f_i(i=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

Кожен слот  $r_i$  за аналогією з автоматом для  $n$ -го дії має кінцеве число внутрішніх станів  $\{R\}_{ij}$  слота-агента:

$$\{R\}_{ij} \approx \varphi_i (i=1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

На кожен дію, тип якої визначено значенням атрибута  $[ACT]$ , середовище відповідає відповідним сигналом  $s(t)$ , значення якого  $\{1, 0\}$  відображається в атрибуті  $[STA]$ .

Розроблений загальний підхід до побудови моделі поведінки програмних агентів на основі теорії автоматів дозволяє створити і досліджувати класи детермінованих програмних агентів по ступені їхньої автономності в інформаційному середовищі.

*Рефлексивний програмний агент класу A.*

#### Визначення 7.

Рефлексивний агент – програмний агент, що виконує за завданням користувача унітарні дії з об'єктом в інформаційному просторі обчислювальної системи при обмеженнях на виконувану дію у виді продукції типу IF <умова> – THEN <дія>.

*Рефлексивний програмний агент класу A з пам'яттю.*

#### Визначення 8.

Рефлексивний агент – програмний агент, що виконує за завданням користувача унітарні дії з об'єктом в інформаційному просторі обчислювальної системи при обмеженнях на виконувану дію у виді продукції типу IF <умова> – THEN <дія>. На відміну від простого рефлексивного програмного агента може зберігати результати виконаних дій.

*Автономний програмний агент класу A.*

#### Визначення 9.

Автономний агент – програмний агент, що виконує за завданням користувача лінійну послідовність дій з об'єктами в інформаційному просторі обчислювальної системи при обмеженнях на дію, що виконується, обумовлених форматом атрибута  $[CON]$ .

*Автономний програмний агент класу C.*

#### Визначення 10.

Автономний агент із доцільною поведінкою – програмний агент, що виконує за завданням користувача довільну послідовність дій з об'єктами в інформаційному просторі обчислювальної системи при обмеженнях на дію, що виконується, обумовлених форматом атрибута [CON].

*Модель поведінки автономного агента.*

Модель автономного програмного агента з доцільною поведінкою значно складніше наведених раніше моделей. В підрозділі розглянуто основні принципи організації доцільної поведінки автономних агентів. Програмний агент вважається деяким об'єктом, здатним у кожен момент часу  $t = 1, 2, \dots$  сприймати кінцеве число сигналів  $s \in (s_1, s_2, \dots, s_n)$  і змінювати в залежності від них свої дії  $f \in (f_1, f_2, \dots, f_n)$ . Кожна  $f_i$ -я дія має кінцеве число внутрішніх станів  $\varphi \in (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)$ . Агент знаходиться в інформаційному середовищі, і дії  $f$  агента викликають відповідні реакції  $s$  середовища  $C$ . Ці реакції, у свою чергу, є для агента вхідними сигналами для прийняття рішення про подальші дії.

Доцільність поведінки програмного агента в інформаційному середовищі полягає в збільшенні числа сприятливих реакцій і зменшенні числа реакцій несприятливих. Поведінка програмного агента задається рівнянням  $f(t) = F(\varphi(t))$ , що вказує залежність дії  $f(t)$  автомата в момент часу  $t$  від його стану  $\varphi(t)$  і матрицею  $\|a_{ij}(s)\|$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, m$ . Матриця станів детермінованого програмного агента є простій: кожен її рядок при будь-якому фіксованому значенні  $s$  містить один елемент, що дорівнює одиниці, а інші елементи дорівнюють нулю. Переходи станів детермінованого програмного агента визначаються в такий спосіб: якщо в момент  $t$  автомат знаходиться в стані  $\varphi_i$  то в момент  $t+1$  він перейде в такий стан  $\varphi_{i+1}$ , для якого  $a_{ij}(s(t+1)) = 0$ .

**Четвертий** розділ присвячено дослідженню методів представлення та аналізу агентно-орієнтованих задач управління інформаційними ресурсами розподілених обчислювальних систем.

У першому підрозділі розглянуті методи управління інформаційними ресурсами в корпоративних системах.

Один з важливих і відповідальних етапів у процесі проектування системи управління інформаційними ресурсами – це вибір інструментарію, що дозволить перенести існуючі в організації процеси на мову, зрозумілу машинам, за допомогою термінів системи зручно і просто описати існуючі дії співробітників організації. Методи і засоби управління визначають вибір інструментарію, швидкість і якість створюваного додатка, вартість супроводу продукту, дають можливість створювати нові версії систем. Використання помилкової методології часто приводить до непередбачених результатів. Тому вибір методології може безпосередньо впливати не тільки на швидкість проектування системи, але і на кінцевий результат.

У другому підрозділі розроблені методи представлення агентно-орієнтованих задач управління інформаційними ресурсами обчислювальних систем

Функціонування інформаційних систем носить цілеспрямований характер. Типовим представником такого функціонування є рішення задачі планування шляху досягнення потрібної мети з деякої фіксованої початкової ситуації. Результатом рішення задачі повинен бути план дій – частково упорядкована сукупність дій. Таким планом є граф, у якому в якості відносини між вершинами виступають відносини типу: «ціль-підціль», «мета-дія», «дія-результат» і т.п. Шлях у цьому сценарії, що веде від вершини у кожну з цільових вершин, визначає план дій. Усі задачі побудови плану дій можна поділити на два типи, яким відповідають різні моделі: планування в просторі станів і планування в просторі задач.

У першому випадку вважається заданим деякий простір ситуацій. Опис ситуацій включає стан зовнішнього середовища і стан інформаційної системи. Ситуації утворюють деякі узагальнені стани, а дії чи зміни в зовнішньому середовищі приводять до зміни актуалізованих у даний момент станів. Серед узагальнених станів виділяються початкові стани і кінцеві стани.

Планування по станах. Представлення задач у просторі станів припускає завдання ряду описів: станів, множини операторів і їхніх впливів на переходи між станами, цільових станів. Описи станів можуть являти собою рядки символів, вектори, двомірні масиви, дерева, списки і т.п. Оператори переводять один стан в інший. Простір станів можна представити як граф, вершини якого позначені станами, а дуги – операторами.

Планування по задачах. Метод планування по станах можна розглядати як окремий випадок методу планування за допомогою редукцій, тому що кожне застосування оператора в просторі станів означає зведення вихідної задачі до двох більш простих, з яких одна є елементарною. Декомпозицію задачі на альтернативній множині підзадач зручно представляти у виді графа.

У третьому підрозділі розглянути методи аналізу взаємозалежних агентно-орієнтованих задач на основі мереж високого рівня.

Представлення моделі системи у виді цілеспрямованої взаємодії мережі фреймів дозволяє реалізувати складні системні задачі. Однак використання фреймів має відомі обмеження в їхній комп'ютерній реалізації. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки і застосування ефективного апарата моделювання і аналізу поведінкових властивостей системи в процесі обробки даних. З огляду на значні витрати на проектування й експлуатацію таких систем, високі вимоги до якості одержуваних рішень, задача моделювання, комплексного аналізу і забезпечення якості поведінкових властивостей автоматизованих систем у конкретних додатках є досить актуальною, і в даний час не має прийнятних рішень.

Нехай задана структура інструментальних засобів прийняття рішень у виді деякої сукупності паралельно взаємодіючих задач  $\{z_\gamma\}$ ,  $\gamma \in H$ . У процесі їхнього виконання деяка підмножина задач:  $\{z_{\gamma_1}\} \subset \{z_\alpha\}$ ,  $\gamma_1 \in H_1 \subset H$  може бути виконана з залученням додатково підлеглих їм задач:  $\{z^*_{\gamma_1}\}$ ,  $\gamma_1 \in H_1 \subset H$ . Розширення підмножини задач  $\{z_{\gamma_1}\} \subset \{z_\alpha\}$  на  $\{z^*_{\gamma_1}\}$ ,  $\gamma_1 \in H_1 \subset H$  може носити як

постійний, так і тимчасовий характер, що призводить до складної, багаторівневої ієрархії підзадач. Це, у свою чергу, веде до додаткових витрат обчислювальних ресурсів. Задача проведених досліджень може бути сформульована в такий спосіб: розробити ефективні процедури динамічного аналізу і синтезу ієрархії взаємозалежних під завдань.

Перспективним напрямком комплексного рішення поставлених задач є моделювання взаємодіючих процесів моделями на основі розширень предикатних мереж Петрі Е-мереж. Достоїнства мереж засновані на можливостях урахування умов предметної області, а також наявністю механізмів управління простором станів і структурою мережі. В підрозділі також розглянуто особливості побудови мереж і управління динамікою моделювання процесів обробки даних з використанням модифікованих предикатних мереж.

Модифіковані предикатні мережі. З огляду на відомі складності при інтерпретації і моделюванні процесів обробки даних предикатними мережами, визнано доцільним застосування наступної модифікації мереж:

$$S_{pr} = \langle P, T, F, A_t, C, \{V_s\}, K, M_o \rangle, \quad (10)$$

де  $P$  – множина позицій;  $T$  – множина переходів;  $F$  – функція інцидентності позицій і переходів;  $C$  – функція кольору маркера;  $A_t$  – параметр часу, віднесений до всіх компонентів мережі:  $P, T, F, M_o$ ;  $V_s$  – умова виконання переходів  $t_k \in T, k \in K$ , віднесених до компонентів мережі:  $V_{pl}$  – умова виконання  $t_k \in T, k \in K$ , віднесена до його вхідних позицій;  $V_{po}$  – умова виконання  $t_k \in T, k \in K$ , віднесена до його вихідних позицій;  $V_t$  – умова виконання  $t_k \in T, k \in K$ , віднесена безпосередньо до цього переходу;  $V_{Mp}$  – умова виконання  $t_k \in T, k \in K$ , віднесена до маркірування його інцидентних позицій,  $1 \in L$ ;  $V_F$  – умова виконання  $t_k \in T, k \in K$ , віднесена до його вхідних і вихідних дуг інцидентних позицій;  $K$  – ємність маркерів у позиціях з урахуванням  $C$ ;  $M_o$  – вектор початкового маркірування.

Умова виконання переходу  $V_s$  включає також такі властивості як надійність, складність, вартість, ступінь вірогідності конкретної події.

**П'ятий** розділ присвячено дослідженню методів і засобів проектування мультіагентних систем управління інформаційними ресурсами розподілених систем.

У першому підрозділі викладено загальні аспекти створення, проблеми і методи проектування інформаційних систем.

Ключова роль у досягненні успіху більшості комп'ютеризованих систем належить програмному забезпеченню. В останнє десятиліття прикладні програми пройшли шлях від маленьких і порівняно простих додатків з декількох рядків коду до дуже великих і складних додатків, що складаються з декількох мільйонів рядків. Багато з цих додатків вимагали постійного супроводу, включаючи виправлення виявлених помилок, реалізацію нових вимог користувачів, а також перенос програмного забезпечення на нові чи модернізовані обчислювальні платформи.

Зусилля і ресурси, затрачувані на супровід програмного забезпечення, зростають дуже високими темпами.

У результаті розробка і реалізація багатьох великих інформаційних проектів затягується, їхня вартість перевершує заплановану, а остаточний продукт виходить ненадійним і складним в супроводі. Це привело до ситуації, що відома під назвою «криза програмного забезпечення». Основні невдачі при створенні програмного забезпечення були викликані: відсутністю повної специфікації усіх вимог на етапі проектування; відсутністю прийнятної методології розробки; недостатнім ступенем поділу загального глобального проекту на окремі компоненти, що піддаються ефективному контролю і керуванню.

В другому підрозділі розглянути питання розробки методики проектування мультіагентної системи управління інформаційними ресурсами розподіленої обчислювальної системи.

Математичну модель процесу проектування можна представити у вигляді ітераційного процесу, що складається з окремих взаємодіючих проектних процедур трьох множин: множина моделей  $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ ; множина операцій над моделями  $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ ; множина критеріїв проектування  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ , де  $n$  – кількість етапів проектування.

Весь процес проектування є послідовністю проектних процедур  $p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ . Кожна проектна процедура  $p_j = \langle O_j, M_j, K_j \rangle$  переводить модель проєктованого об'єкта в наступний стан:  $p_1: M_1 \rightarrow M_2, p_2: M_2 \rightarrow M_3, \dots, p_n: M_n \rightarrow M_{n+1}$ . При цьому повинні виконуватися умови:  $\forall M_j \in M \exists p_j : M_j \rightarrow M_{j+1}$ , де  $M_j \rightarrow M_{j+1}$ ,  $K_j \subseteq K_{j+1}$ ,  $O_j \subseteq O$ ,  $j = 1, N$ ,  $\rightarrow$  символ послідовності дій. Виконання визначеного числа проектних процедур  $p_{ij}$  на  $i$ -ом етапі проектування спіральної моделі процесу дозволяє перейти на наступний, більш високий рівень даного проектного рішення.

Третій підрозділ присвячений питанням розробки мовних засобів підтримки проектування і супроводу мультіагентних систем управління розподіленими інформаційними системами.

Аналіз стану технологічних аспектів розробки складних інтелектуальних програмних систем показав, що в даний час існує дві стійкі тенденції в цій галузі. Перша з них повторює класичний шлях розвитку автоматизації програмування: автокоди – мови високого рівня – мови надвисокого рівня – мови специфікацій. Цю тенденцію називають висхідною стратегією в області створення засобів розробки інтелектуальних систем. Друга тенденція, що сходить, зв'язується зі спеціальними засобами, орієнтованими на проектування і реалізацію визначеного класу задач. Для вирішення питань проектування і супроводження СУМП розроблено спеціалізований комплекс мовних засобів. Далі наведено скорочений опис специфікації мови.

#### Мова опису даних (DDL AS)

Мова опису агентних структур даних застосовується при створенні програмних агентів.

Основними операторами мови для визначення агентних структур є:

Створення програмного агента:

CREATE AGENT [name | AUTHOR creator-identier]

CREATE SLOT slot-name {{OBG}, {CON}, {ACT}, {STA}, {PROC}}

Набір типових атрибутів [OBG], [CON], [ACT], [STA], [PROC] визначає функціональне призначення слота-відношення. Формат типових атрибутів:

OBG [character], <визначає шлях до місця знаходження об'єкта>;

CON [character], <містить умову виконання операції, зазначеної у фразі ACT, над об'єктом, шлях до якого міститься в OBG>;

ACT [character], <визначає тип операції над об'єктом OBG>;

STA [character, 1 | 0 | IS NULL], <містить ознаку завершення операції над об'єктом OBG.

#### Мова маніпулювання даними (DML AS)

До операторів маніпулювання даними відносяться наступні оператори:

SELECT – вибірка даних зі слотів-відношень;

INSERT – вставка слотів-відношень у структуру програмного агента;

UPDATE – зміна вмісту слотів-відношень;

DELETE – видалення слотів-відношень зі структури програмного агента.

#### Мова маніпулювання даними на слотах-проекціях програмних агентів (DML SP)

До операторів маніпулювання даними відносяться наступні оператори:

SELECT – вибірка даних зі слотів-проекцій;

INSERT – вставка слотів-проекцій у структуру слотів-кортежів;

UPDATE – зміна вмісту слотів-проекцій;

DELETE – видалення слотів-проекцій зі структури програмного агента.

Призначення оператора SELECT складається у вибірці і відображенні даних слотів-проекцій одного чи декількох слотів-кортежів. Загальний формат оператора SELECT має наступний вид:

SELECT [DISTINCT | ALL] {\* | OBG | CON | ACT | STA | PROC}

FROM slot-name ; [WHERE condition]; [GROUP BY column\_list]; [ORDER BY column\_list]

Обробка елементів оператора SELECT виконується в наступній послідовності:

FROM – визначаються імена одного чи декількох слотів-кортежів;

WHERE – виконується фільтрація слотів-проекцій відповідно до заданої умови <condition>;

GROUP BY – утворюються групи кортежів, що мають те саме значення в стовпці чи стовпцях <column\_list>;

ORDER BY – визначається упорядкованість результатів виконання оператора <column\_list>.

#### Мова управління завданнями програмного агента DCL AS

Основною структурною одиницею програмних агентів є слот-кортеж з типовим набором атрибутів [OBG], [CON], [ACT], [STA], [PROC], що визначають його функціональне призначення. Специфікація типів атрибутів слота-кортежа програмного агента:

OBG [character], [format], <визначає шлях до перебування об'єкта>;

[format]=[диск:][шлях\] [ім'я файлу], [ім'я каталогу], [ім'я диска], [ім'я ПК]

CON [character], [format], <містить умову виконання операції, зазначеної у фразі АСТ над об'єктом, шлях до якого міститься в OBG>; [format]= IF <параметр, значення> [умова].

Функції обробки файлів:

SIZE ([диск:][шлях\] [ім'я файлу]) – виділяє розмір файлу в кілобайтах;

AUTR ([диск:][шлях\] [ім'я файлу]) – виділяє ім'я власника файлу;

DNEW([диск:][шлях\] [ім'я файлу]) – дата останнього відновлення;

TNEW ([диск:][шлях\] [ім'я файлу]) – час роботи з файлом при останньому відновленні у форматі [чч.мм.сс];

GO PROC – передача управління в зв'язаний атрибут [PROC]. Умови виконання операції визначаються в результаті виконання процедури <proc\_ [ім'я процедури].....endproc>

Четвертий підрозділ присвячений питанням розробки інструментальних CASE-засобів проектування, розробки і супроводу систем управління мультіагентним простором інформаційних систем. Розроблені інструментальні CASE-засоби дозволяють вирішувати різноманітні класи задач інформаційної підтримки, інтеграції і управління ресурсами гетерогенних інформаційних систем.

**У шостому** розділі наведено приклади розробки і впровадження прикладних мультіагентних систем управління інформаційними ресурсами. На основі технології програмних агентів спроектована, розроблена і впроваджена в експлуатацію розподілена регіональна інформаційно-аналітична система «Вибори» за замовленням Харківської обласної територіальної виборчої комісії з виборів депутатів в Обласну раду. Ефективність функціонування системи підтвердила її експлуатація в обласній територіальній виборчій комісії з виборів депутатів Харківської обласної ради в 2002 році.

Корпоративна «Інформаційно-аналітична система Державтоінспекція «ІАС ДАІ» розроблена і впроваджена на замовлення Дзержинського районного відділення Державтоінспекції м. Харкова для оперативного пошуку водіїв правопорушників дорожнього руху, а також перевірки автотransпортних засобів, що знаходяться у розшуку по чотирьох базах даних – України, Російської Федерації, країнам СНД і базі даних INTERPOL. Система «ІАС ДАІ» знаходиться в експлуатації з 2001 року, і показала свою ефективність при рішенні пошукових задач.

Розподілена «Підсистема диспетчерської служби управління агропромисловим комплексом (АПК) Полтавської області» призначена для автоматизації процесів роботи з інформаційними ресурсами в масштабах області. Розроблена в 2004 році система являє собою корпоративну систему управління електронним документообігом, що поєднує розрізнені структури збереження даних і процеси документообігу в єдину інформаційну систему.

У додатку наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень сформульована і вирішена важлива для теорії і практики наукова проблема, створено і розвинуто новий науковий напрямок – мультіагентні системи управління інформаційними ресурсами розподілених систем і баз даних. У рамках даного напрямку отримані наступні наукові результати, що мають істотні переваги перед існуючими рішеннями:

1. Проведено аналіз існуючих підходів до вирішення проблеми інтеграції гетерогенних інформаційних ресурсів розподілених інформаційних систем і баз даних, теоретично обґрунтовані і розроблені методи і засоби із застосуванням технології програмних агентів. Запропонований підхід дозволяє істотно розширити функціональні можливості регіональних інформаційних систем за рахунок автономної взаємодії із різнорідними структурами даних.

2. Вперше обґрунтовано і отримано новий метод інтеграції інформаційних ресурсів гетерогенних систем і розподілених баз даних, що застосовує сценарії виконання послідовності задач користувача. Розроблена та обґрунтована загальна модель автономного сценарію користувача, яка передбачає аналіз виконаних дій та вибір ефективного шляху рішення наступної задачі з урахування особливостей інформаційного простору.

3. Вперше отримана узагальнена модель поведінки програмних агентів у мультіагентному просторі на основі теорії оптимального вибору варіантів і теорії кінцевих автоматів. Поведінка розглядається як окремий випадок загальної теорії оптимального управління об'єктами. У такому аспекті програмний агент виступає як абстрактна дискретна керуюча система, що на основі своїх дій і реакції на ці дії середовища, обирає оптимальну стратегію поведінки, отримано і досліджено клас автономних програмних агентів на основі фреймової структури для рішення задач автономного управління інформаційними ресурсами розподілених регіональних інформаційних систем. Доведено перевагу використання запропонованого підходу.

4. Вперше створено і досліджено три класи програмних агентів на основі фреймової структури рефлексивний, автономний, інтелектуальний для рішення задач управління інформаційними ресурсами розподілених гетерогенних інформаційних систем. Перший клас включає програмні агенти, призначені для реалізації завдань користувача у інформаційному просторі типу “умова-дія”; складні завдання у вигляді послідовності дій реалізує другий клас – автономні програмні агенти; третій клас програмних агентів призначений для вирішення завдань в експертних та інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

5. Набула подальшого розвитку концепція єдиного інформаційного простору як основа побудови систем управління гетерогенними інформаційними ресурсами. Поняття простору включає об'єкти розподілених інформаційних систем – файли даних, каталоги, логічні та фізичні диски, персональні комп'ютери, відносини між об'єктами та операції маніпулювання об'єктами у інформаційному просторі. Запропонований підхід дозволяє формалізувати та визначити класи агентно-орієнтованих задач користувача.

6. Одержало подальший розвиток застосування апарата мереж Петрі для моделювання ієрархічних багаторівневих інформаційних процесів, що відбуваються в мультіагентних системах управління. Це дозволяє при аналізі складних агентно-орієнтованих задач користувача досліджувати динаміку взаємодії процесів у явному вигляді;

7. Розроблена технологія інтеграції і управління інформаційними ресурсами гетерогенних систем і розподілених баз даних на основі програмних агентів є теоретичною основою створення нового класу систем управління мультіагентним простором (СУМП), поряд із широко відомими системами класу системи керування базами даних (СКБД), при рішенні практичних задач інтеграції і управління розподіленими даними. На основі отриманих теоретичних результатів розроблені алгоритмічні і програмні засоби, що реалізують функції проектування, розробки та впровадження широкого класу задач управління інформаційними ресурсами розподілених систем.

8. Отримані теоретичні результати були реалізовані при розробці і впровадженні інформаційних систем різного функціонального призначення – від корпоративних до регіональних розподілених інформаційних систем. Розроблені інструментальні засоби проектування і супроводу мультіагентних систем автономного управління й адміністрування інформаційних ресурсів можуть бути використані при створенні корпоративних і регіональних розподілених систем підтримки прийняття рішень.

Вірогідність отриманих результатів дисертаційної роботи підтверджена експериментальними дослідженнями, результатами впровадження на реальних об'єктах (акти впровадження наведені в Додатку до дисертації).

Напрямки теоретичних і практичних досліджень дисертаційної роботи доцільно розвивати в області проектування і застосування мультіагентних систем і використовувати в регіональних і корпоративних інформаційно-аналітичних системах.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Танянский С.С., Тулупов В.В., Филатов В.А. Сравнительная характеристика показателей сложности выполнения запросов в реляционных СУБД // Системы обработки информации. – Харьков: ХВУ.– 2004. – Вып.2. – С. 91-95.

*Автором розглянуто основні аспекти розподіленої обробки даних в інформаційних системах зі спільною схемою даних із застосуванням реляційної системи управління базами даних.*

2. Чалая Л.Э., Филатов В.А. Многоуровневая агентная концепция безопасности распределенных баз данных // Материалы Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании", 30 сентября – 5 октября 2002. – Севастополь, 2002. – С. 27-28.

*Автором досліджені проблеми щодо застосування ефективних методів безпеки розподілених баз даних, розглянута багаторівнева мультіагентна концепція на підставі технології програмних агентів.*

3. Пономаренко Л.А., Танянский С.С., Филатов В.А. Построение оптимальной последовательности соединения отношений в запросах реляционной базы данных // Системні дослідження та інформаційні технології. Міжнародний науково-технічний журнал. – 2003. – № 2. – С. 53-58.

*Автором розв'язано задачу побудови оптимальної послідовності запитів до реляційної розподіленої бази даних в умовах обмежень на інформаційні ресурси обчислювальної системи.*

4. Сладков А.В., Филатов В.А. Модель управления ресурсами информационного пространства на основе программных агентов // 10 Международная научная конференция "Теория и техника передачи, приема и обработки информации": Сб. тезисов и докладов. – Харьков, ХНУРЭ-2004. – С. 42-43.

*Автором наведено структуру моделі управління інформаційними ресурсами розподіленої регіональної системи із застосуванням програмних агентів з автономною моделлю поведінки на підставі теорії автоматів.*

5. Мазаракі А.А., Базілевич В.Д., Пономаренко Л.А., Філатов В.О. Концепція електронної комерції і технологія віртуального ринку // Матеріали конгресу "Інформаційне суспільство - стан, проблеми, перспективи" (25-27 вересня 2000). – Київ. – 2000. – С. 132-142.

*Автором розглянуто ефективна інформаційна технологія та види програмного забезпечення щодо підтримки концепції сучасної електронної комерції.*

6. Пономаренко Л.А., Филатов В.А. Методы и средства управления информационными ресурсами в корпоративных системах // Проблемы информатизации та управління: Збірник наукових праць. – К.: НАУ, 2003. – Вып.8. – С. 145-153.

*Автором досліджені проблеми побудови корпоративних інформаційних систем, а також вибору засобів управління ресурсами розподілених обчислювальних систем, зокрема технології groupware та workflow.*

7. Танянский С.С., Филатов В.А. Глобальная выполнимость функциональных зависимостей при ведении несогласованных баз данных // Сб. научн. трудов 1-ой Международной конференции

«Теория и техника передачи, приема и обработки информации». – Харьков: ХТУРЭ, 1995. – С. 155-156.

*Автором розглянуті проблеми експлуатації та ведення неузгоджених розподілених баз даних з реляційною моделлю, запропоновано оригінальний підхід із застосуванням глобальної схеми даних.*

8. Пономаренко Л.А., Філатов В.О. Програмні агентні технології в адмініструванні баз даних // Вісник Київського торговельно-економічного університету. – Київ, 2001. – Вип. 3. – С. 68-73.

*Автором розроблена концептуальна модель агентної технології динамічного адміністрування розподілених баз даних із гетерогенною структурою, запропоновано структурну схему програмного агента.*

9. Пономаренко Л.А., Філатов В.О. Адміністрування баз даних із застосуванням програмних агентних технологій. Матеріали Міжнародної конференції з управління “Автоматика-2001”, 10-14 вересня 2001.– Одеса, 2001.– С. 120-121.

*Автором розглянуто сучасна інформаційна технологія автономних програмних агентів і засоби її використання, визначено завдання динамічного адміністрування, наведено схему взаємодії модулів та блоків інтелектуального агента.*

10. Філатов В.А. Применение агентных технологий в системах баз данных. 7 Международная конференция “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”: Сб. научных трудов. – Харьков: ХТУРЭ, 2001.– С. 216-217.

11. Пономаренко Л.А., Цыбульник Е.Е., Філатов В.А. Динамическое администрирование баз данных с использованием агентных технологий. Научный и произв.-практич. сборник "Труды Одесского политехнического университета". – Одесса, 2001.– Вип.4 (16). – С. 95-97.

*Автором запропоновано підхід до рішення задачі автономного адміністрування розподілених баз даних на основі технології програмних агентів.*

12. Таняньський С.С., Глушко К.В., Філатов В.О. Організація доступу до баз даних у сфері послуг // Вісник Київського торговельно-економічного університету. – Київ, 2004.– Вип.1/2004.– С. 112-119.

*Автором розглянуто види програмного забезпечення щодо реалізації розподіленого доступу до гетерогенних баз даних інформаційної підтримки сфери послуг.*

13. Глушко К.В., Філатов В.О. Організація доступу до розподіленої інформації в електронному бізнесі // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація.– Донецьк, 2002.– Вип.48. – С. 200-205.

*З урахуванням особливостей технології електронної комерції автором запропонована модель взаємодії програмних агентів з основними компонентами електронного бізнесу.*

14. Пономаренко Л.А., Глушко К.В., Філатов В.А. Построение эффективной модели

реляционной базы данных информационной системы "Общественное питание" // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування: Збірник наукових праць: у 2-х ч. ХДУХТ. – Харків, 2003. – С. 549-560.

*Автором розглянуто підхід до синтезу ефективної реляційної моделі бази даних розподіленої інформаційної системи "Громадське харчування".*

15. Бондаренко М.Ф., Борисенко В.П., Филатов В.А. Концепция построения и средства реализации информационно-управляющей системы Высшей аттестационной комиссии при Совете Министров Украины // АСУ и приборы автоматики. – 1998. – Вып. 108. – С. 26-32.

*Автором розроблена інформаційно-логічна модель бази даних і технологія інтеграції різномірних даних інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень «Вища атестаційна комісія України «ІАС ВАК України».*

16. Пономаренко Л.А., Филатов В.А. Модель системы управления информационными ресурсами на основе технологии программных агентов // Проблемы інформатизації та управління: Збірник наукових праць. – Київ: НАУ, 2004. – Вип.9. – С. 8-16.

*Автором розроблена інформаційна модель програмного агента на підставі фреймовій структури класу "об'єкти - умови - дії" для ефективного вирішення завдань управління ресурсами розподілених систем.*

17. Пономаренко Л.А., Филатов В.А. Состояние и тенденции развития агентных технологий в задачах информационной поддержки // Проблемы підвищення ефективності інфраструктури, Збірник наукових праць. – Київ: НАУ, 2002. – Вип.8. – С. 174-180.

*Автором розглянуто основні аспекти сучасного стану, розвитку та впровадження технології інтелектуальних програмних агентів в задачах автономного управління інформаційними ресурсами розподілених обчислювальних систем.*

18. Филатов В.А. Мультиагентный подход к интеграции и управлению информацией в гетерогенных вычислительных средах // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 748-755.

19. Пономаренко Л.А., Цыбульник Е.Е., Филатов В.А. Агентные технологии в задачах поиска информации и принятия решений // УСиМ: Управляющие системы и машины. – 2003. – № 1. – С. 36-41.

*Автором досліджені різні аспекти застосування агентних технологій у задачах інформаційного пошуку та прийняття рішень в електронній комерції, управлінні потоками даних, діагностиці та управлінні в мережних структурах.*

20. Филатов В.А. Модели и методы защиты информационных ресурсов на основе агентных технологий // Вестник национального технического университета "ХПИ". – Харьков: ХПИ, 2003. – Вып.19. – С. 179-186.

21. Гвоздинский А.Н., Чалая Л.Э., Филатов В.А. Безопасность компьютерных систем:

методы и технологии // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков: ХНУРЭ, 2003.– № 2 (23).– С. 131-136.

*Автором теоретично обґрунтовано підхід на підставі концепції інтелектуальних програмних агентів щодо моніторингу і захисту інформаційних ресурсів різномірних інформаційних систем.*

22. Чалая Л.Э., Филатов В.А. Об одном подходе к использованию агентных технологий в задачах идентификации пользователей информационных систем // Искусственный интеллект. – 2003.– № 4. – С. 460-466.

*Автором розроблено дворівневу модель безпеки на основі технології програмних агентів і запропоновано сучасний підхід до ідентифікації індивідуального клавіатурного почерку користувача із застосуванням математичного апарату опису нейронних мереж.*

23. Буслик Н.Н., Филатов В.А. Информационная модель для подсистемы аэроэкологического мониторинга территориальной АСУ природоохранной деятельностью // Сб. научн. трудов 3-ой Международной конференции «Теория и техника передачи, приема и обработки информации». – Харьков, 1997. – С. 396-397.

*Автором розроблена інформаційна модель розподіленої бази даних системи моніторингу екологічного простору регіональної системи природоохоронної діяльності.*

24. Танянский С.С., Филатов В.А. Решение задачи обработки данных в измерительно-вычислительных комплексах одного класса с помощью инструментальных средств СУБД // Тезисы докладов Всесоюзной школы по проблемам контроля и управления сложными объектами (13-17 октября). – Туапсе. – 1993.– С. 35-36.

*Автором розв'язано задачу обробки даних гетерогенних інформаційних структур із застосуванням стандартних інструментальних засобів реляційних систем управління базами даних.*

25. Чалая Л.Э., Филатов В.А. Модель интеллектуального агента как абстрактный тип данных // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон: ХГТУ, 2003.– № 2 (18).– С. 216-219.

*Автором запропоновано підхід до побудови інтелектуального агента як абстрактного типу даних, розроблена логічна модель інтелектуального агента на підставі фрейму.*

26. Филатов В.А. Об одном подходе к построению математической модели программного агента // Радиоэлектроника и информатика. – 2003.– № 4 (25).– С. 48-51.

27. Филатов В.А. Мультиагентная система автономного управления информационными процессами // Сб. трудов международной научной конференции «Современные сложные системы управления» СССР/НТСС'2002, 27-29 ноября 2002г. – Ст. Оскол, Россия, СТИ, 2002.– С. 131-134.

28. Филатов В.А. Концептуальная модель мультиагентной системы мониторинга распределенных баз данных // 8 Международная конференция “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”: Сб. научных трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – С. 147-148.

29. Цыбульник Е.Е., Чалая Л.Э., Филатов В.А. Модель мультиагентной системы автономного администрирования информационных систем и распределенных баз данных // Искусственный интеллект, 2002.– № 4. – С. 620-627.

*Автором запропоновано модель життєвого циклу мультиагентної системи, досліджені парадигми програмної реалізації та концептуальна модель мультиагентної системи.*

30. Филатов В.А. Модель автономного поведения интеллектуального программного агента в информационном пространстве // Сборник научных трудов ДНГУ.– Днепропетровск: НГУ, 2004. – № 19.– том 2 – С. 127-135.

31. Филатов В.А. Об одном подходе к построению модели поведения программного агента // Интеллектуализация обработки информации: тезисы докладов Международной научной конференции. – Симферополь: Крымский научный центр НАН Украины, 2004. – С. 165.

32. Филатов В.А. Модель поведения автономного агента на основе теории автоматов // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон: ХГТУ, 2004.– № 1 (19).– С. 108-111.

33. Танянский С.С., Руденко Д.А., Филатов В.А. Модель информационного пространства мультиагентной системы управления потоками работ // "Автоматика - 2003": Материалы 10-й международной конференции по автоматическому управлению, 15-19 сентября 2003. – Севастополь: СевНТУ 2003.–Т3.– С. 113-114.

*Автором запропоновано підхід щодо побудови адаптивної моделі управління потоком задач користувача з використанням математичних процедур вибору та прийняття рішень при нечітких функціональних обмеженнях..*

34. Кучеренко Е.И., Филатов В.А. Модели принятия решений в задачах анализа сложных систем на основе сетей высокого уровня. // Системы обработки информации. – Харьков: ХВУ.– 2004. – Вип.5. – С. 139-148.

*Автором наведено алгоритмічну структуру процесу моделювання та аналізу задач мультиагентної системі із застосуванням модифікованих предикатних мереж і Е-мереж високого рівня у реальному масштабі часу, з окрема, інтеграції розширених мереж Петрі.*

35. Филатов В.А., Кучеренко В.Е. О моделях обработки данных на основе иерархии сетей высокого уровня. // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – Научный журнал, Запорожье: ЗНТУ, 2004. – № 1(11).– С. 95-100.

*Автором визначено умови маркірування мета позицій і виконання мета переходів в умовах*

*ієрархії взаємозалежних мереж. Розроблено технологію управління мереж із змінною структурою на основі модифікації функції інцидентності.*

36. Фалькович Е.И., Филатов В.А. Концепция проектирования средств информационной поддержки в системе государственного управления // Збірник наукових праць Української Академії державного управління при Президентові України. Харків. – 2001. – Вип. 1. – С. 68-70.

*Автором розроблена концепція проектування засобів інформаційної підтримки керівників районних, міських адміністрацій у системі державного управління на основі інтелектуальних розподілених інформаційних систем.*

37. Чалая Л.Э, Ластович А.Е., Филатов В.А. О языковых средствах поддержки интеллектуальных агентов // 9 Международная научная конференция “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”: Сб. тезисов и докладов. – Харьков, ХНУРЭ-2003. – С. 266-267.

*Автором запропоновано модель програмного агента у вигляді фреймової структури, а також мови опису базових структур та маніпулювання даними. Розроблено мовний комплекс підтримки мультіагентних систем, частина якого, мова запитів, здійснює доступ до слотів завдань або кортежів станів.*

38. Филатов В.А. Концептуальная модель информационно-аналитической системы «Выборы» // УСиМ: Управляющие системы и машины. – 2004. – № 3. – С. 15-20.

## АНОТАЦІЇ

**Філатов В.О. Мультіагентні технології інтеграції гетерогенних інформаційних систем і розподілених баз даних. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління і прогресивні інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2004.

Дисертаційна робота присвячена рішенням наукової проблеми створення на єдиній методологічній основі нових моделей і методів інтеграції гетерогенних інформаційних систем і розподілених баз даних, інтелектуальних обчислювальних механізмів, методів і інструментальних засобів аналізу взаємозалежних задач користувача, з метою застосування їх в інтегрованих інформаційно-аналітичних системах і системах підтримки прийняття рішень.

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень сформульована і вирішена важлива для теорії і практики наукова проблема, створено і розвинуто новий науковий напрямок – мультіагентні системи управління інформаційними ресурсами розподілених систем і баз даних. У рамках даного напрямку отримані нові наукові результати, що мають істотні переваги перед існуючими рішеннями поставленої проблеми.

Уперше розроблені і досліджені класи рефлексивних, автономних і інтелектуальних програмних агентів на основі фреймової структури для вирішення задач управління інформаційними ресурсами розподілених гетерогенних інформаційних систем. Отримано узагальнену модель поведінки автономних програмних агентів у мультиагентному просторі на основі теорії поведінки кінцевих автоматів і теорії оптимального вибору варіантів.

Розроблена і досліджена логічна модель поведінки програмного агента на основі концепції «умови-дії» для класів агентів: рефлексивних, автономних, інтелектуальних. На основі моделі поведінки програмних агентів отримана можливість управління потоками задач користувача на основі автономних сценаріїв розвитку ситуацій.

Отримані теоретичні результати були підтверджені при розробці і впровадженні інформаційних систем різного функціонального призначення – від корпоративних до регіональних розподілених інформаційних систем.

Розроблені інструментальні засоби проектування і супроводу мультиагентних систем автономного управління та адміністрування інформаційних ресурсів можуть бути використані при створенні корпоративних і регіональних розподілених систем підтримки прийняття рішень.

**Ключові слова:** інформаційна система, гетерогенні інформаційні структури, бази даних, інтеграція даних, інтелектуальні системи, програмні агенти, мультиагентні системи, потоки задач, фрейми, мережі Петрі.

**Филатов В.А. Мультиагентные технологии интеграции гетерогенных информационных систем и распределенных баз данных. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2004.

Диссертационная работа посвящена решению научной проблемы создания на единой методологической основе новых моделей и методов интеграции гетерогенных информационных систем и распределенных баз данных, интеллектуальных вычислительных механизмов, методов и инструментальных средств анализа взаимосвязанных задач пользователя, с целью применения их в интегрированных информационно-аналитических системах и системах поддержки принятия решений.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований сформулирована и решена важная для теории и практики научная проблема, создано и развито новое научное направление – мультиагентные системы управления гетерогенными информационными ресурсами распределенных систем и баз данных. В рамках данного направления получены новые научные результаты, которые имеют существенные преимущества перед существующими решениями поставленной в диссертационной работе проблемы.

Впервые разработаны и исследованы классы рефлексивных, автономных и интеллектуальных программных агентов на основе фреймовой структуры для решения задач управления информационными ресурсами распределенных гетерогенных информационных систем. Получена обобщенная модель поведения автономных программных агентов в мультиагентном пространстве на основе теории поведения конечных автоматов и теории оптимального выбора вариантов.

Разработана и исследована логическая модель поведения программного агента на основе концепции «условия-действия» для классов агентов: рефлексивных, автономных, интеллектуальных агентов. На основе модели поведения программных агентов получена возможность управления потоками задач пользователя на основе автономных сценариев развития ситуаций.

Получило дальнейшее развитие применение аппарата сетей Петри для моделирования и анализа иерархических многоуровневых информационных процессов, происходящих в мультиагентных системах управления.

Разработан комплекс языковых средств поддержки проектирования, разработки и сопровождения мультиагентных систем управления распределенными информационными системами, который включает: язык описания данных агентных структур (DDL AS), язык манипулирования данными (DML AS), язык манипулирования данными на слотах-проекциях программных агентов (DML SP), язык управления заданиями программного агента (DCL AS).

Полученные теоретические результаты были подтверждены при разработке и внедрении информационных систем различного функционального назначения – от корпоративных до региональных распределенных информационных систем: распределенной региональной информационно-аналитической системы «Выборы» по заказу Харьковской областной территориальной избирательной комиссии по выборам депутатов в областной совет; в корпоративной «Информационно-аналитической системе Госавтоинспекция «ИАС ГАИ» для оперативного поиска водителей правонарушителей дорожного движения, а также обнаружения автотранспортных средств, находящихся в угоне; «Полтавської регіональної інформаційно - аналітичної підсистеми Урядової інформаційно - аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій»; в распределенной подсистеме диспетчерской службы управления агропромышленным комплексом (АПК) Полтавской области, предназначенной для автоматизации процессов работы с разнородными информационными ресурсами в масштабах области; в учебном процессе кафедры искусственного интеллекта Харьковского национального университета радиоэлектроники при чтении лекций, проведении практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Системы искусственного интеллекта», «Проектирование информационных систем», «Intranet-технологии», «Модели и структуры данных», «Базы и банки данных».

Разработанные инструментальные средства проектирования и сопровождения мультиагентных систем автономного управления и администрирования информационных ресурсов могут быть использованы при создании корпоративных и региональных распределенных систем поддержки принятия решений.

**Ключевые слова:** информационная система, базы данных, интеграция данных, интеллектуальные системы, гетерогенные информационные структуры, фреймы, программные агенты, мультиагентные системы, потоки задач, сети Петри.

**Filatov V.A. Multi-agent technologies of integration heterogeneous information systems and distributed databases. – Manuscript.**

A thesis for a doctor of technical science degree by specialty 05.13.06 – automatic managing systems and progressive information technologies. – Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv, 2004.

This thesis addresses the solution of the scientific problem of creation of new models and methods for the integration of heterogeneous information systems and distributed databases on a unified methodological basis. Also considered are the issues of development of intelligent computational mechanisms, methods, and tools for the analysis of interconnected user problems with the aim of their application in integrated information analysis and decision support systems.

On the basis of the theoretical and experimental research, a new scientific problem was formulated and solved, and a new scientific direction was created and developed – multi-agent systems for management of information resources in distributed systems and databases. Within the framework of the proposed direction, new scientific results were obtained that have significant advantages over the already existing solutions of the problems stated in the thesis.

**Keywords:** information system, database, intelligent systems, heterogeneous information resources, frames, program agents, multi-agent systems, workflows, Petri nets.

Підп. до друку 23.12.2004. Формат 60×841/16.  
Розумів. друк. арк. 1.9. Облік. - вид. арк. 1.7. Тираж 100.  
Зам. № 2 -1454.

Надруковано в учбово-виробничому видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ.  
Україна, 61166 Харків, пр. Леніна, 14.