

#actskpi

InfoCom 2015

**I Міжнародна конференція
Infocom Advanced Solution 2015**

*присвячена 70-річчю кафедри автоматики та
управління в технічних системах НТУУ “КПІ”*

**24-25 листопада
2015 року**





Історія кафедри починається з 1945 року, коли наказом № 2193 Всесоюзної комісії у справах Вищої школи було засновано кафедру “Реле та автоматики”. У 1963 році кафедра отримала назву “Автоматики та телемеханіки”, а у 1988 році – “Автоматики та управління в технічних системах”. Першим завідувачем кафедри був професор Гребінь Йосип Ілліч.

Зараз кафедра «Автоматики та управління в технічних системах» входить до складу факультету інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» – лідера технічної освіти України.

Навчання студентів на кафедрі автоматики та управління в технічних системах здійснюється за програмою, що орієнтована на інформаційно-комунікаційні та управляючі технології, що дозволяють виховувати висококласного фахівця широкого профілю за рахунок вивчення дисциплін, пов’язаних з обчислювальною технікою, програмуванням, комунікацій-

ними системами та мережами, системами керування тощо.

Фундаментальною основою кафедри є інтелектуальний потенціал, знання та досвід, набутий її колективом, здатним розробляти інформаційні, інформаційно-управляючі системи та системи інших класів, у якому кожен виступає викладачем, інженером і науковцем. Основними напрямками наукових досліджень є:

- розроблення і дослідження математичних моделей та методів аналізу, синтезу і управління великими інформаційно-комунікаційними системами;
- системна інтеграція та створення комплексних інформаційно-управляючих систем;
- проектування комп’ютеризованих систем керування різними об’єктами за допомогою сучасних інформаційних технологій;
- розроблення інструментальних засобів програмування та програмного забезпечення комп’ютеризованих систем керування;
- розроблення теоретичних основ та засобів автоматизації;
- розвиток технологій “інтернет речей”, міжмашинної взаємодії, промислових мереж.

Кафедра співпрацює з провідними ІТ-компаніями, системними інтеграторами і розробниками систем промислової автоматизації. На замовлення наших партнерів щороку виконується договорів на суму понад 1 млн грн. Така співпраця дає змогу кафедрі омолоджувати викладацький склад і розвивати навчально-наукові лабораторії.

На кафедрі відкриті науково-навчальні центри та лабораторії «NetCracker Technology», «EPAM Systems» та «PortaOne».

Випускники кафедри давно та міцно утвердилися як фахівці з інформаційно-управляючих технологій високого класу. Серед них і керівники компаній, менеджери різних рівнів, спеціалісти з обробки даних та програмування, інженери-дослідники з комп’ютеризованих систем керування, викладачі ВУЗів.

На кафедрі створені та плідно працюють Академія Cisco, Центр підтримки академій Cisco в Україні та Центр підготовки інструкторів для академій Cisco.

Зважаючи на історію розвитку та сучасний стан науково-технічних напрямків, можна стверджувати, що кафедра АУТС займає гідне місце в загальноєвропейському освітньому просторі, що гарантує її випускникам мобільність, конкурентоздатність та затребуваність на світовому ринку праці.

Завідувач кафедри
професор

С.Ф. Теленик



Шановні учасники I Міжнародної конференції InfoCom'15 та колектив кафедри автоматичного управління в технічних системах НТУУ "КПІ"!

Від колективу Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" і від себе особисто сердечно вітаю Вас з початком роботи I Міжнародної конференції InfoCom'15.

Конференція присвячена ювілею однієї з найстаріших кафедр університету, на основі якої були створені нові кафедри, що відображувало стрімкий розвиток наукової думки. Серед таких кафедр можна відзначити кафедри обчислювальної техніки, технічної кібернетики, автоматизованих систем обробки інформації і управління,

які згодом утворили разом з кафедрою автоматичного управління в технічних системах факультет інформатики та обчислювальної техніки.

Сьогодні кафедра, зберігаючи досвід та традиції своєї 70-річної історії, виховує фахівців, які відповідають потребам сучасного ринку праці в галузях автоматизації процесів керування, технологій програмування, інформаційних технологій та ін. Тому не дивно, що конференція InfoCom'15 охоплює такий широкий спектр наукових інтересів.

В умовах реформування Вищої школи, з метою входження України в єдиний європейський простір, обговорення в рамках конференції актуальних проблем науки, технологій і освіти створює платформу для подальшої інтеграції науки та виробництва. Такі інтеграційні процеси дозволять створювати конкурентоспроможні продукти на світовому ринку високих технологій.

Шановні колеги, глибоко переконаний, що представлені доповіді викличуть живу дискусію з актуальних проблем сьогодення. Широка участь студентства в роботі конференції матиме логічне продовження у їх подальшому становленні як науковців та фахівців.

Вітаю колектив кафедри автоматичного управління в технічних системах з 70-річним ювілеєм, висловлюю подяку за плідну роботу та бажаю подальшого розвитку та процвітання на благо "Київської політехніки".

Всім учасникам конференції бажаю конструктивної роботи, дружньої атмосфери, нових наукових звершень, міцного здоров'я, миру Вам та Вашим родинам.

Ректор НТУУ "КПІ"
Академік НАН України

М.З. Згуровський

InfoCom 2015

**I Міжнародна конференція
Infocom Advanced Solution
2015**

**присвячена 70-річчю кафедри автоматики та
управління в технічних системах НТУУ “КПІ”**

УДК 681.518

Редакційна колегія:

Теленик С. Ф., д. т. н., проф., НТУУ “КПІ”

Дорошенко А. Ю., д. фіз.-мат. н., проф., НТУУ “КПІ”

Ролік О. І., д. т. н., проф., НТУУ “КПІ”

Репнікова Н. Б., к. т. н., доцент НТУУ “КПІ”

Науковий редактор: Ільченко М. Ю., акад. НАН України, д. т. н., проф., проректор НТУУ “КПІ”

InfoCom 2015: Матеріали 1-ї Міжнародної конференції присвяченої 70-річчю кафедри автоматики та управління в технічних системах, м. Київ, 24-25 листопада 2015 р. – К.: Вид-во НТУУ “КПІ” ВПІ ВПК “Політехніка”, 2015. – 101 с. – Мови укр., рос., англ.

У збірнику розглянуто питання, що пов’язані з розробленням та дослідженням нових підходів до створення систем керування з використанням інформаційних технологій та сучасних технологій програмування. Представлено теоритичні та прикладні результати досліджень в промисловості, енергетиці, транспорті, охорони довкілля.

Програма конференції

The conference program

ПРОГРАМА/PROGRAM

24 листопада/November

9:30 - 10:00 Реєстрація/Check-in

10:00 - 11:00 Урочисте відкриття/Opening ceremony

11:00 - 12:30 Пленарні доповіді/ Plenary sessions

Кунцевич В. М., Волосов В. В. Восстановление вектора состояния динамическиз систем при его неполных измерениях с ограниченными помехами

Крак Ю. В., Кондратюк С. С., Тернов А. С Информационно-коммуникационная технология для моделирования жестовой речи

Штовба С. Д., Галушак А. В., Тилець Р. О. Використання нечітких баз знань з правилами різних типів для ідентифікації багатofакторних залежностей

Секція 1 / Section 1

Інформаційні-комунікаційні технології/ Information Communication Technologies

Голова

Ролік Олександр Іванович

д.т.н., проф. кафедри автоматички та управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”.

Заступник

Букасов Максим Михайлович

к.т.н., доц. кафедри автоматички та управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

Секретар

Галушко Дмитро Олександрович

ас. кафедри автоматички та управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

24 листопада/November

14:00 - 16:00

Теленик С. Ф., Омельченко О. С., Любар В. Ю. Інструменти оцінювання, планування і управління здійсненням реструктуризації підприємств

Волков О. Є., Комар М. М., Волошенюк Д. О. Фундаментальні засади створення мережецентричної технології контролю передачі інформаційно-комунікаційних даних в мережі

Кондратюк В. Ю., Волокита А. М. Огляд фізичних реалізацій квантового процесора.

Дорогий Я. Ю., Ткачук А. С. Метод побудови спайкових узагальнених згорточних нейронних мереж для розв’язання задачі розпізнавання емоційного стану людини

Древаль О. Л., Дорошенко А. Ю. Використання RGB світлодіодів для передачі даних

10:00 - 16:00

- Клименко І. А.** Модифікований спосіб забезпечення часових вимог додатків в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах
- Комар М. О.** Прототип мобільного маніпуляційного робота для поліції
- Куликовская Н. А., Котов Р. А.** Метод сравнения онтологий
- Павлов А. А., Мисюра Е. Б., Мельников О. В., Муха И. П., Лисецкий Т. Н.** Алгоритмическое обеспечение третьего и четвертого уровней четырехуровневой модели планирования и принятия решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами
- Павлов А. А., Мисюра Е. Б.** ПДС-алгоритм решения задачи минимизации суммарного запаздывания при выполнении параллельными приборами заданий с общим директивным сроком
- Папінов В. М.** Промислові системи управління: комп'ютерний тренажер для освоєння об'єктного програмування
- Подрубайло А. А.** Использование программной транзакционной памяти в распределенных хранилищах данных
- Савчук О. В., Жуковецький Б. В.** До питання класифікації та розробки електро-радіоелементів
- Сергієнко А. А., Сергієнко А. М.** Набір модулів для швидкого перетворення Фурь'є
- Сергієнко П. А., Сергієнко А. М., Сімоненко А. В.** Ядро RISC-процесора для реалізації у ПЛІС
- Нестеренко С. А., Становський А. О., Оборотова О. О.** Ядро інформаційна технологія аналізу стану структури віддалених бездротових комп'ютерних мереж RISC-процесора для реалізації у ПЛІС
- Ролик А. И., Тимофеева Ю. С.** Метод выявления элементов ИТ-инфраструктуры с атипичным состоянием с помощью импульсных нейронных Р-систем
- Павлов А. А., Халус Е. А.** Составление допустимого расписания оптимального по критерию минимизации суммарного опережения работ
- Дорошенко А. Ю., Шихутська С. О.** Кластерний модуль управління робочими процесами для системи підтримки операцій оператора зв'язку
- Юрчук Л. Ю., Покровський Є. О.** Культура безпеки в системній інженерії
- Меланченко А. Г., Яковлев В. Ф., Чмуль Д. А.** Перераспределение целей в условиях динамически меняющейся оперативной обстановки
- Теленик С. Ф., Глоба Л. С., Новогрудська Р. Л.** Алгебраїчний підхід до опису елементів порталів інженерних знань

Секція 2 / Section 2

Системи керування/ Control Systems**Голова**

Репнікова Наталя Борисівна

к.т.н., доц. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

Заступник

Писаренко Андрій Володимирович

к.т.н., доц. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

Секретар

Дорошенко Катерина Сергіївна

ас. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

==== 24 листопада/November =====

14:00 - 16:00

Долина В. Г. Дослідження впливу температури на передавальні характеристики первинних перетворювачів автоматичних рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів

Становський О. Л., Тропенко А. В., Лебедєва О. Ю., Абе Шена О. Керування процесами тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ

Романенко В. Д., Мильявський Ю. Л. Моделирование системы управления импульсными процессами в когнитивных картах сложных систем при ограниченных ресурсах

Кравець П. І., Міхно А. О. Автоматизоване керування рухом мобільного безпілотного робота на основі сценаріїв

==== 25 листопада/November =====

10:00 - 16:00

Кравець П. І., Шимкович В. М., Омельченко П. В. Програмне середовище і технологія моделювання нейромережевих систем керування динамічними об'єктами

Омельчук А. А., Селищев Д. В., Самойленко В. І. Розробка макету для дослідження методів керування багатопровідними системами

Бідюк П. І., Писаренко А. В. Концепція програмно-технологічного комплексу діагностики так керування нелінійними нестационарними об'єктами

Поліщук І. В. Роботизована система для мікроклонального розмноження рослин IN VITRO

Репнікова Н. Б. Синтез векторно-матричних можелей регуляторів багатовимірних цифрових систем керування

Катін П. Ю., Жеребко В. А., Рижко Б. В. Моделювання систем промислової автоматичної мережами Петрі

Меланченко А. Г., Синча А. А. Децентрализованное пакетное распределение целевых задач для разреженного кластера космических аппаратов

Azarskov V. N., Zhiteckii L. S., Solovchuk K. Yu. Robustness analysis of some multivariable feedback control systems containing generalized invers model-based controllers

Сущенко О. А. Робастная комбинированная система стабилизации и управления ориентацией информационно-измерительных устройств на подвижном основании

Чикрий В. К. Об одной игровой задаче сближения при наличии случайных возмущений

Секція 3 / Section 3

Технології програмування/ Programming Technologies

Голова

Дорошенко Анатолій Юхимович

д.ф.-м.н., проф. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

Заступник

Амонс Олександр Анатолійович

к.т.н., доц. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

Секретар

Хмелюк Марина Сергіївна

ас. кафедри автоматичного управління в технічних системах, факультет інформатики та обчислювальної техніки, НТУУ “КПІ”

==== 24 листопада/November =====

14:00 - 16:00

Глибовець А. М. Програмна система побудови індексу для реалізації ранжування наукових документів
Квстний Р. Н., Титарчук Є. О. Використання гібридного шифрування у хмарній системі обміну миттєвими повідомленнями

Дорошенко А. Ю., Тітов Д. С. Кластерна система для ватоматизованого моніторингу потокових даних соціальних мереж

==== 25 листопада/November =====

16:30 - 17:00 Закриття конференції

МАТЕРІАЛИ

I Міжнародної конференції Infocom Advanced Solution 2015

**присвяченої 70-річчю кафедри автоматики та
управління в технічних системах НТУУ “КПІ”**

Зміст

Пленарні доповіді/Plenary sessions

Кунцевич В. М., Волосов В. В. Восстановление вектора состояния динамических систем при его неполных измерениях с ограниченными помехами	16
Крак Ю. В., Кондратюк С. С., Тернов А. С. Информационно-коммуникационная технология для моделирования жестовой речи.....	18
Штовба С. Д., Галушак А. В., Тилець Р. О. Використання нечітких баз знань з правилами різних типів для ідентифікації багатоваріантних залежностей	20

Секція 1 / Section 1

Інформаційні-комунікаційні технології/ Information Communication Technologies

Теленик С. Ф., Омельченко О. С., Любар В. Ю. Інструменти оцінювання, планування і управління здійсненням реструктуризації підприємств	24
Волков О. С., Комар М. М., Волошенко Д. О. Фундаментальні засади створення мережецентричної технології контролю передачі інформаційно-комунікаційних даних в мережі.....	28
Кондратюк В. Ю., Волокита А. М. Огляд фізичних реалізацій квантового процесора	30
Дорогий Я. Ю., Ткачук А. С. Метод побудови спайкових узагальнених згорточних нейронних мереж для розв'язання задачі розпізнавання емоційного стану людини	32
Древаль О. Л., Дорошенко А. Ю. Використання RGB світлодіодів для передачі даних	34
Клименко І. А. Модифікований спосіб забезпечення часових вимог додатків в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах.....	36
Комар М. О. Прототип мобільного маніпуляційного робота для поліції	38
Куликовская Н. А., Котов Р. А. Метод сравнения онтологий	40
Павлов А. А., Мисюра Е. Б., Мельников О. В., Муха И. П., Лисецкий Т. Н. Алгоритмическое обеспечение третьего и четвертого уровней четырехуровневой модели ланирования и принятия решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами.....	42
Павлов А. А., Мисюра Е. Б. ПДС-алгоритм решения задачи минимизации суммарного запаздывания при выполнении параллельными приборами заданий с общим директивным сроком.....	44
Папінов В. М. Промислові системи управління: комп'ютерний тренажер для освоєння об'єктного програмування	46
Подрубайло А. А. Использование программной транзакционной памяти в распределенных хранилищах данных.....	48
Савчук О. В., Жуковецкий Б. В. До питання класифікації та розбірки електронних елементів	50
Сергієнко А. А., Сергієнко А. М. Набір модулів для швидкого перетворення Фурь'є	52
Сергієнко П. А., Сергієнко А. М., Сімоненко А. В. Ядро RISC-процесора для реалізації у ПЛІС	54
Нестеренко С. А., Становський А. О., Оборотова О. О. Ядро інформаційна технологія аналізу стану структури віддалених бездротових комп'ютерних мереж RISC-процесора для реалізації у ПЛІС	56
Ролик А. И., Тимофеева Ю. С. Метод выявления элементов ИТ-инфраструктуры с аттичным состоянием с помощью импульсных нейронных Р-систем	58
Павлов А. А., Халус Е. А. Составление допустимого расписания оптимального по критерию минимизации суммарного опережения работ	60
Дорошенко А. Ю., Шихутська С. О. Кластерний модуль управління робочими процесами для системи підтримки операцій оператора зв'язку	62
Юрчук Л. Ю., Покровский С. О. Культура безпеки в системній інженерії	64
Меланченко А. Г., Яковлев В. Ф., Чмуть Д. А. Перераспределение целей в условиях динамически меняющейся оперативной обстановки.....	66
Теленик С. Ф., Глоба Л. С., Новогрудська Р. Л. Алгебраїчний підхід до опису елементів порталів інженерних знань	68

Секція 2 / Section 2

Системи керування/ Control Systems

Долина В. Г. Дослідження впливу температури на передавальні характеристики первинних перетворювачів автоматичних рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів	72
Становський О. Л., Тропенко А. В., Лебедева О. Ю., Абе Шена О. Керування процесами тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ	74
Романенко В. Д., Милявский Ю. Л. Моделирование системы управления импульсными процессами в когнитивных картах сложных систем при ограниченных ресурсах	76
Кравець П. І., Міхно А. О. Автоматизоване керування рухом мобільного безпілотного робота на основі сценаріїв	78
Кравець П. І., Шимкович В. М., Омельченко П. В. Програмне середовище і технологія моделювання нейромережевих систем керування динамічними об'єктами	80
Омельчук А. А., Селіщев Д. В., Самойленко В. І. Розробка макету для дослідження методів керування багатоприводними системами	82
Бідюк П. І., Писаренко А. В. Концепція програмно-технологічного комплексу діагностики та керування нелінійними нестационарними об'єктами	84
Поліщук І. В. Роботизована система для мікроклонального розмноження рослин IN VITRO	86
Репнікова Н. Б. Синтез векторно-матричних можелей регуляторів багатовимірних цифрових систем керування	88
Катін П. Ю., Жеребко В. А., Рижко Б. В. Моделювання систем промислової автоматки мережами Петрі	90
Меланченко А. Г., Сінча А. А. Децентрализованное пакетное распределение целевых задач для разреженного кластера космических аппаратов	92
Azarskov V. N., Zhiteckii L. S., Solovchuk K. Yu. Robustness analysis of some multivariable feedback control systems containing generalized invers model-based controllers	94
Сущенко О. А. Робастная комбинированная система стабилизации и управления ориентацией информационно-измерительных устройств на подвижном основании	96
Чикрий В. К. Об одной игровой задаче сближения при наличии случайных возмущений	98

Секція 3 / Section 3

Технології програмування/ Programming Technologies

Глибовець А. М. Програмна система побудови індексу для реалізації ранжування наукових документів	102
Кветний Р. Н., Титарчук Є. О. Використання гібридного шифрування у хмарній системі обміну миттєвими повідомленнями	104
Дорошенко А. Ю., Тітов Д. С. Кластерна система для ватоматизованого моніторингу потокових даних соціальних мереж	106

Пленарні доповіді

Plenary sessions

Зміст

Кунцевич В. М., Волосов В. В. Восстановление вектора состояния динамическиз систем при его неполных измерениях с ограниченными помехами	16
Крак Ю. В., Кондратюк С. С., Тернов А. С Информационно-коммуникационная технология для моделирования жестовой речи.....	18
Штовба С. Д., Галушак А. В., Тилець Р. О. Використання нечітких баз знань з правилами різних типів для ідентифікації багатofакторних залежностей	20

КУНЦЕВИЧ В.М.,
ВОЛОСОВ В.В.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ЕГО НЕПОЛНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ПОМЕХАМИ

Запропоновані робастні алгоритми гарантованого оцінювання вектора стану нелінійних динамічних систем, засновані на використанні методів багатогранників та еліпсоїдів.

Robust algorithms of guaranteed estimation of the state vector of nonlinear dynamical systems based on the use of the methods of ellipsoids and polyhedrals, are proposed.

Для оценки вектора состояния линейных динамических систем при измерениях с ограниченными помехами в настоящее время развиты методы получения эллипсоидальных оценок (см. [1], [2]). Сложнее обстоит дело с определением оценок вектора состояния нелинейных систем.

Задано уравнение семейства дискретных управляемых систем

$$X_{n+1} = AX_n + BU_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

где $X_n \in \mathbf{R}^m$, $X_n = (x_{1,n}, x_{2,n}, \dots, x_{m,n})^T$ – вектор фазового состояния; $U_n \in \mathbf{R}^k$ – вектор управления; A – $m \times m$ -матрица, для которой задана ее оценка

$$A \in \mathbf{A} = \mathbf{A}_1 \times \mathbf{A}_2 \times \dots \times \mathbf{A}_m \quad (2)$$

Здесь \mathbf{A}_i – заданное выпуклое множество; B – заданная $m \times k$ -матрица.

Примем, что для вектора X_n задана его эллипсоидальная оценка

$$X_n \in \mathbf{E}_n = E[\hat{X}_n, H_n] = \{X_n \in \mathbf{R}^m : \theta(X, \hat{X}_n, H_n) \leq 1\}, \quad (3)$$

где $\theta(\cdot) = (X - \hat{X}_n)^T H_n^{-1} (X - \hat{X}_n)$, \hat{X}_n – центр эллипсоида, матрица $H_n^T = H_n > 0$.

Задано уравнение измерения

$$y_n = h^T X_n + z_n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

где y_n – скалярный измеряемый выход системы, h – известный вектор, $\|h\| \neq 0$, z_n – ограниченная помеха измерения, априорно заданной интенсивности Δ

$$z_n \in \mathbf{z} = \{z : |z| \leq \Delta\} \quad (5)$$

Ставится задача: по оценке вектора X_{n+1} , полученной в результате измерений y_{n+1}

$$X_{n+1} \in \mathbf{S}_{n+1} = \{X \in \mathbf{R}^m : |h^T X - y_{n+1}| \leq \Delta\} \quad (6)$$

и прогнозной оценке $X_{n+1} \in \bar{\mathbf{X}}_{n+1}$

$$\bar{\mathbf{X}}_{n+1} = \bigcup (AX_n + BU_n) \quad \text{при } X_n \in \mathbf{E}_n, A \in \mathbf{A} \quad (7)$$

определить гарантированную апостериорную оценку $X_{n+1} \in \mathbf{X}_{n+1} = \bar{\mathbf{X}}_{n+1} \cap \mathbf{S}_{n+1}$.

Точное определение множества \mathbf{X}_{n+1} связано с большим объемом вычислений. Поэтому, поставим задачу определения оценки \mathbf{X}_{n+1} сверху в классе эллипсоидальных множеств. Для этого введем в рассмотрение интервальные множества [3]

$$\bar{\mathbf{X}}_{i,n+1} = \{x_i : \underline{x}_{i,n+1} \leq x_i \leq \bar{x}_{i,n+1}\}; \quad i = \overline{1, m} \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{x}_{i,n+1} &= \underline{v}_{i,n+1} + B_i^T U_n; \quad \bar{x}_{i,n+1} = \bar{v}_{i,n+1} + B_i^T U_n; \\ i &= \overline{1, m}; \quad B_i^T - i\text{-ая строка матрицы } B \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \underline{v}_{i,n+1} &= \min \{A_i^T X_n\}, \quad \bar{v}_{i,n+1} = \max \{A_i^T X_n\}, \\ X_n &\in \mathbf{E}_n, A_i \in \mathbf{A}_i, i = \overline{1, m}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

При использовании вместо прогнозного множества $\bar{\mathbf{X}}_{n+1}$ его оценки сверху

$\bar{\mathbf{X}}'_{n+1} = \{X_{n+1} : x_{i,n+1} \in \bar{x}_{i,n+1}, i = \overline{1, m}\}$ операция пересечения $\bar{\mathbf{X}}_{n+1} \cap \mathbf{S}_{n+1}$ заменяется операцией

пересечения множеств $\bar{\mathbf{X}}'_{n+1} \cap \mathbf{S}_{n+1}$, в результате выполнения которой по априорной оценке

$X_n \in \mathbf{X}_n = \mathbf{E}_n$ получаем апостериорную оценку

$X_{n+1} \in \bar{\mathbf{X}}'_{n+1} \cap \mathbf{S}_{n+1}$. Громоздкость выполнения

операции пересечения $\bar{X}'_{n+1} \cap S_{n+1}$ и последующая аппроксимация полученного «неудобного» множества делает целесообразным использование эллипсоидальных аппроксимаций сверху интервального множества \bar{X}'_{n+1} . При этом определены эллипсоид минимального объема $\tilde{E}_{n+1} \supset \bar{X}'_{n+1}$, аппроксимирующий интервальное множество \bar{X}'_{n+1} [4].

Алгоритмам построения эллипсоидов $E_{n+1} \supset \tilde{E}_{n+1} \cap S_{n+1}$, оптимальных по критериям объема, следа матрицы и т.д., посвящено значительное количество работ. Для векторов состояния систем (1) при выполнении априорного предположения $X_n \in E_n$ гарантированно выполняются включения $X_{n+1} \in E_{n+1} = E[\hat{X}_{n+1}, H_{n+1}]$. Не вдаваясь в подробности, заметим, что общая структура получаемых при этом алгоритмов оценивания имеет вид

$$\begin{aligned} \hat{X}_{n+1} &= \psi(\tilde{X}_{n+1}, \tilde{H}_{n+1}, y_{n+1}, \Delta, p, q), \\ H_{n+1} &= \Psi(\tilde{X}_{n+1}, \tilde{H}_{n+1}, y_{n+1}, \Delta, p, q), \end{aligned} \quad (11)$$

где p и q – векторы параметров алгоритмов. Функции $\psi(\cdot)$ и $\Psi(\cdot)$ определяются конкретным алгоритмом оценивания.

Практика применения алгоритмов (11) выявила ряд их недостатков. Пересечение $\tilde{E}_{n+1} \cap S_{n+1}$

в силу вычислительных погрешностей или сбоя в измерениях, в результате которого при некоторых n нарушается априорное предположение (5) может оказаться пустым множеством. Для устранения этих недостатков были предложены робастные методы эллипсоидального оценивания вектора состояния. Общая схема получения робастных методов эллипсоидального оценивания вида (11) достаточно простая и описана в ряде работ ([5], [6]).

Задано уравнение семейства управляемых нелинейных систем

$$X_{n+1} = F(X_n, L) + BU_n, \quad (12)$$

где $F(X_n, L)$ – нелинейная вектор-функция X_n , линейно зависящая от вектора параметров L , такая, что при $X_n = 0$ $F(0, L) = 0$. Для вектора X_n задана его оценка вида (3), а уравнение измерений имеет вид (4). Требуется решить задачу: по оценкам (5), (6) и прогнозной оценке $X_{n+1} \in \bar{X}_{n+1} = \bigcup F(X_n, L) + BU_n$, где $X_n \in E_n$, $L \in L$ определить гарантированную апостериорную оценку $X_{n+1} \in X_{n+1} = \bar{X}_{n+1} \cap S_{n+1}$.

Так же, как и выше, аппроксимируем множество \bar{X}_{n+1} интервальным множеством минимального объема, воспользовавшись методом, схема которого описана выше [7].

Список литературы

1. Куржанский А.Б. Управление и наблюдение в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1977. – 392 с.
2. Черноусько Ф.Л. Оценивание фазового состояния динамических систем. Метод эллипсоидов. – М.: Наука, 1988. – 320 с.
3. Кунцевич В.М., Куржанский А.Б. Области достижимости линейных и некоторых классов нелинейных дискретных систем и управление ими // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 1. – С. 5-21.
4. Волосов В.В., Кунцевич В.М. Определение эллипсоидальных оценок вектора состояния нелинейных дискретных систем при измерениях с ограниченными помехами // Труды X Международной Четаевской конференции. – Казань, 12–16 июня 2012 г. – Том 2. – С. 177–184.
5. Волосов В.В., Тютюнник Л.И. Разработка и исследование робастных алгоритмов гарантированного эллипсоидального оценивания состояния многомерных линейных дискретных динамических систем. Часть I // Проблемы управления и информатики. – 1997. – № 4. – С. 31–43.
6. Волосов В.В., Тютюнник Л.И. Робастные алгоритмы эллипсоидального оценивания состояния непрерывных и дискретных нестационарных динамических систем с неконтролируемыми возмущениями и помехами в каналах измерения // Кибернетика и выч. техн. – 2002. – Вып. 135. – С.3-8.
7. Кунцевич В.М., Волосов В.В. Эллипсоидальные и интервальные оценки вектора состояния семейств линейных и нелинейных дискретных динамических систем // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – Том 51. – №1. – С. 73-84.

КРАК Ю.В.,
 КОНДРАТЮК С.С.,
 ТЕРНОВ А.С.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖЕСТОВОЙ РЕЧИ

Запропоновані формалізми опису структурних елементів жестової мови для вирішення певних задач: моделювання, автоматичного синтезу множини жестів на основі жестових елементів.

Formalisms for describe of the sign language structural elements for some problems solving: modeling, automatic synthesis set of gestures based on sign language elements are proposed.

Введение

В современном информационном обществе актуальной является проблема полноценной интеграции людей с физическими недостатками. Это, в частности, приводит к необходимости изучения жестового языка всеми, в том числе и слышащими людьми, для эффективной коммуникации с глухими людьми, которые используют жестовый язык. Данный язык фундаментально отличается от вербальных языков правилами, принципами построения предложений, реализацией передачи информации и др. Для решения проблемы быстрого и эффективного изучения жестового языка необходимо создание технологий для компьютеризации процесса обучения в силу доступности и современности такого подхода [1].

Информационные процессы в системах жестовой коммуникации

В докладе рассматриваются необходимые информационные процессы для создания технологии исследования жестовой речи. Для интерактивного обучения жестовому языку необходимо создать несколько подсистем, отвечающих за синтез жестовых единиц, моделирование жестовой информации на базе 3D графики, синтез голоса (необходим для повышения эффективности изучения жестов слышащими людьми). Наиболее важной является подсистема, отвечающая за реалистичную анимацию жестов, с одновременной анимацией артикуляции, различных эмоциональных проявлений и звуковым сопровождением. Основными архитектурными требованиями для такой системы выделено следующее: 1) вычисления в режиме реального времени; 2) поддержка современных подходов и технологий в трехмерной графике для реалистического отображения модели человека-демонстратора жестовой информации; 3) кросс-платформенность; 4) модульная структура; 5) организация

базы жестов; 6) выделение структурных элементов для создания произвольных жестов языка.

Предложенная информационная технология (рис.1) состоит из таких модулей: генератор мимики и артикуляции; генератор анимации движений и жестов; модуль синхронизации звука и мимики; графический движок (Graphic Engine); звуковая подсистема.



Рис.1. Схема архитектуры системы

Каждый модуль независим и может быть заменен другой реализацией без изменения остальных компонент системы.

Модель синтеза жестовой речи

В контексте направления синтеза 3D анимации разработано объектно-элементную модель синтеза анимации речевого процесса для воспроизведения жестового языка с использованием морфем эмоций и визем украинского языка (рис. 2). Модель синтеза интегрирует модели воспроизводства артикуляционной составляющей речевого процесса для задач моделирования мимики и модель воспроизводства эмоциональной составляющей речевого процесса для задач моделирования эмоционального состояния. На основе усовершенствованной модели синтеза эмоциональных и артикуляционных образов, с использованием относительного морфинга для

синхронной анимации жестовых единиц и проговаривания губами, удалось интегрировать достижения области visual-speech animation к техническому решению задачи воспроизведения жестового языка. В результате чего была создана программная реализация алгоритмов синтеза визуальной составляющей речевого процесса с эмоциями на пространственно управляемой модели виртуального человека для построения средств интеллектуального интерфейса человека с компьютерным средой.



Рис.2. Схема информационных потоков

Реализована соответствующая программная функциональность, которая, используя трехмерное API OpenGL, воспроизводит по указанным атрибутам модель человека и, с использованием алгоритмов скиннинга и морфинга, воспроизводит анимацию.

Реализация ИКТ для моделирования жестовой речи

Для реализации украинского жестового языка было создан программный комплекс (рис.3), который воспроизводит методику преподавания жестового языка в специальных общеобразовательных школах для глухих детей. За основу была взята рекомендованная министерством образования Украины программа обучения для начальных классов.

Функционально программа состоит из трех информационных блоков («Темы», «Слова» и «Предложения») и блока воспроизведения жеста виртуальной моделью. Основным блоком является блок «Темы», в котором сконцентрированы основные методические сведения, что рассматриваются на уроке: какие знания нужно в этой теме

сформировать у учащихся; какие навыки нужно усвоить; какие особенности морфологии жестового языка и виды синтаксических конструкций содержит материал. В блоках «Слова» и «Предложения» содержатся все жесты и все примеры предложений (которые используют рассмотренные жесты).



Рис. 3. Программный комплекс «Украинский жестовый язык»

Блок воспроизведения жеста виртуальной моделью в этой реализации несет особую функцию. Именно с его помощью стало возможным демонстрировать в учебном процессе динамику жеста. Принимая во внимание, что жесты оцифровываются носителями жестового языка, они, по сути, становятся стандартами воспроизведения жеста. Реализована в блоке возможность кадрового показа жеста служит средством, с помощью которого станет возможным изучение жеста без особенностей показа конкретным преподавателем. Это станет основой того, что изученные детьми жесты будут одинаковыми для разных школ, регионов. Фактически, жестовый язык (в основном своем множестве) станет стандартным в Украине.

Реализация предложенной технологии для украинского жестового языка показала ее перспективность и эффективность. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на усовершенствовании данного подхода, масштабировании на другие жестовые языки, создании полной базы конструктивных элементов жестов.

Список литературы

1. Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Бармак А.В., Шкильнюк Д.В. Конструирование и идентификация элементов жестовой коммуникации // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – №2. – С.3-8.

*ШТОВБА С.Д.,
ГАЛУЩАК А.В.,
ТИЛЕЦЬ Р.О.*

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАТЬ З ПРАВИЛАМИ РІЗНИХ ТИПІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОФАКТОРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

Запропоновано моделі опису багатофакторних залежностей у формі нечіткої бази знань з правилами різних типів. Наведено алгоритми логічного виведення за такими гібридними нечіткими базами знань. Запропоновано метод ідентифікації багатофакторних залежностей за допомогою таких гібридних нечітких моделей.

The models of multifactor dependencies in the form of fuzzy knowledge base with rules of different types are proposed. An inference algorithms for such hybrid fuzzy knowledge bases is suggested. A method of identifying the multi-factors dependencies that produces such hybrid fuzzy models is proposed.

Задача ідентифікації багатофакторних залежностей полягає в побудові їх математичних моделей ґрунтуючись на результатах спостережень. Сьогодні часто ідентифікацію складних залежностей в умовах невизначеності проводять за допомогою нечітких баз знань, які дозволяють ефективно врахувати доступну початкову експертно-експериментальну інформацію. Нечіткою базою знань називається сукупність продукційних правил «Якщо – тоді», які описують взаємозв'язок між входами та виходами деякого об'єкту з використанням нечітких термів [1].

Розглядається ідентифікація багатофакторних залежностей за допомогою гібридної нечіткої бази знань, в яку входять правила різних форматів – Мамдані, Сугено, Ларсена тощо. Такий формат дозволяє описати досліджувану залежність в різних зонах факторного простору за допомогою нечітких правил найбільш релевантного формату.

Нами розроблено алгоритми логічного виведення за гібридною нечіткою базою знань для таких 3 випадків:

1) коли, в результаті логічного виведення за кожним правилом утворюється нечітка множина на неперервному носії, тобто коли базу знань складають лише правила у форматі Мамдані та Ларсена;

2) коли, в результаті логічного виведення за кожним правилом утворюється синглотонна нечітка множина, тобто коли базу знань складають синглотонні правила та правила у форматі Сугено і Цукамото;

3) коли, наявні правила з першого та другого випадків, тобто в базі знань є правила у форматі Мамдані чи Ларсена та синглотонні правила, або правила у форматі Сугено чи Цукамото.

Для першого випадку в результаті імплікації за кожним правилом отримуємо нечітку множину на неперервному носії. Далі проведемо їх агрегування, шляхом об'єднання отриманих нечітких множин. І останньою процедурою буде дефаззифікація результуючої нечіткої множини. Операція об'єднання є асоціативною, тому порядок агрегування неважливий. Відповідно, можна спочатку агрегувати результати виведення за правилами одного типу, наприклад, Мамдані, а потім – за правилами іншого типу – Ларсена. Далі об'єднаємо результати агрегування за правилами Мамдані та за правилами Ларсена. В цьому випадку під час програмної реалізації можна гібридну нечітку базу знань розбити на 2 бази знань з гомогенними правилами – на базу знань Мамдані та базу знань Ларсена. Далі за одного і того ж значення вхідних змінних здійснюємо логічне виведення (без дефаззифікації) за кожною базою знань. Отримані нечіткі множини об'єднуємо і проводимо дефаззифікацію.

Для другого випадку в результаті імплікації за кожним правилом отримуємо пару чисел – кількісне значення вихідної змінної та ступінь належності. Далі об'єднуємо їх в одну нечітку множину на дискретному носії, і виконуємо її дефаззифікацію. Операція об'єднання є асоціативною, тому порядок агрегування неважливий. Відповідно, можна, наприклад, спочатку агрегувати результати виведення за правилами Сугено, а потім – за правилами Цукамото, а в кінці – за синглотонними правилами. В цьому випадку під час програмної реалізації можна гібридну нечітку базу знань розбити на 3 бази знань з гомогенними правилами – на базу знань Сугено, базу знань Цукамото та на синглотонну базу знань. Далі за одного і того ж значення вхідних змінних здійснюємо логічне виведення (без дефаззифікації) за кожною базою

знань. Отримані нечіткі множини об'єднуємо і проводимо дефаззифікацію.

Для третього випадку за правилами Мамдані та Ларсена на виході отримуємо нечітку множини на неперервному носії. В програмних пакетах з проєктування нечітких систем цей неперервний носій дискретизують і отримують дискретну універсальну множини з потужністю на рівні 100 [2]. За правилами Сугено, Цукамото чи за сингтонними правилами на виході отримуємо нечітку множини на дискретному носії, потужність якої дорівнює кількості правил. Зазвичай кількість таких правил не перевищує 10. Якщо об'єднати вихідні неперервну та дискретну нечіткі множини та провести дефаззифікацію, то її результат майже не залежатиме від правил Сугено, Цукамото чи сингтонних правил. Це відбувається через те, що в результуючій нечіткій множині кількість елементів, що надійшли з дискретного носія буде в кілька разів менше, ніж тих, що надійшли від неперервного носія. Нами пропонується новий підхід до агрегування та дефаззифікації на основі принципу рівноважливості правил. За цим принципом правила з однаковими ступеням виконання забезпечують однакові внески в формування чіткого вихідного значення. Відповідно дефаззифікацію здійсимо у такий спосіб. За логічним виведенням за кожним правилом Мамдані чи Ларсена отримуємо нечітку множини, над якою відразу проводимо дефаззифікацію. Отримане чітке значення разом зі ступенем виконання правила утворює сингтонну вихідну нечітку множини, яка є аналогом результату логічного виведення за сингтонним правилом. Іншими словами, результати логічного

виведення за правилами Мамдані чи Ларсена зводимо до результатів за форматами правил другої групи (Сугено, Цукамото та сингтонної баз знань). Це призводить до того, що змішанні неперервно-дискретні результати логічного виведення перетворюються до дискретних нечітких множин. Далі залишилось їх агрегувати та виконати дефаззифікацію за центром тяжіння. Якщо консеквенти правил Сугено та Ларсена задано симетричними функціями належності, тоді можна відразу перейти до еквівалентних нечітких сингтонних правил. Консеквенти еквівалентних сингтонних правил прирівняємо до результатів дефаззифікації нечітких множин з консеквенти правил Мамдані та Ларсена.

Ідентифікація залежностей на основі гібридної нечіткої бази знань здійснюється аналогічно до процедур ідентифікації на основі бази нечітких правил одного типу [1]. Під час нечіткої ідентифікації доцільно застосовувати багаторитеріальний підхід до оцінки якості нечіткої бази знань з урахуванням точності, компактності, інтерпретабельності та прозорості [2, 3]. При цьому показники компактності та прозорості слід модифікувати з урахуванням одночасного використання нечітких правил різних типів.

Переваги застосування гібридних нечітких баз знань ілюструється на прикладі задачі ідентифікації з UCI Machine Learning Repository.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за проектом "Інформаційна технологія багатокритеріального синтезу нечітких баз знань".

Список літератури

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
2. Штовба С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным // Проблемы управления и информатики.- 2007.- №4.- С.102-114.
3. Штовба С.Д., Штовба О.В., Панкевич О.Д. Критерії точності та компактності для оцінювання якості нечітких баз знань в задачах ідентифікації // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – №4.

Секція 1/Section 1

Інформаційні-комунікаційні технології

**Information Communication
Technologies**

Зміст

Теленик С. Ф., Омельченко О. С., Любар В. Ю. Інструменти оцінювання, планування і управління здійсненням реструктуризації підприємств	24
Волков О. Є., Комар М. М., Волошенюк Д. О. Фундаментальні засади створення мережецентричної технології контролю передачі інформаційно-комунікаційних даних в мережі.....	28
Кондратюк В. Ю., Волокита А. М. Огляд фізичних реалізацій квантового процесора.	30
Дорогий Я. Ю., Ткачук А. С. Метод побудови спайкових узагальнених згорточних нейронних мереж для розв'язання задачі розпізнавання емоційного стану людини	32
Древаль О. Л., Дорошенко А. Ю. Використання RGB світлодіодів для передачі даних	34
Клименко І. А. Модифікований спосіб забезпечення часових вимог додатків в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах.....	36
Комар М. О. Прототип мобільного манипуляційного робота для поліції	38
Куликовская Н. А., Котов Р. А. Метод сравнения онтологий.....	40
Павлов А. А., Мисюра Е. Б., Мельников О. В., Муха И. П., Лисецкий Т. Н. Алгоритмическое обеспечение третьего и четвертого уровней четырехуровневой модели ланирования и принятия решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами.....	42
Павлов А. А., Мисюра Е. Б. ПДС-алгоритм решения задачи минимизации суммарного запаздывания при выполнении параллельными приборами заданий с общим директивным сроком.....	44
Папінов В. М. Промислові системи управління: комп'ютерний тренажер для освоєння об'єктного програмування	46
Подрубайло А. А. Использование программной транзакционной памяти в распределенных хранилищах данных.....	48
Савчук О. В., Жуковецкий Б. В. До питання класифікації та розробки електро-радіоселементів	50
Сергієнко А. А., Сергієнко А. М. Набір модулів для швидкого перетворення Фурь'є.....	52
Сергієнко П. А., Сергієнко А. М., Сімоненко А. В. Ядро RISC-процесора для реалізації у ПЛІС	54
Нестеренко С. А. Становський А. О. Оборотова О. О. Ядро інформаційна технологія аналізу стану структури віддалених бездротових комп'ютерних мереж RISC-процесора для реалізації у ПЛІС	56
Ролик А. И., Тимофеева Ю. С. Метод выявления элементов ИТ-инфраструктуры с атипичным состоянием с помощью импульсных нейронных Р-систем	58
Павлов А. А., Халус Е. А. Составление допустимого расписания оптимального по критерию минимизации суммарного опережения работ	60
Дорошенко А. Ю., Шихутська С. О. Кластерний модуль управління робочими процесами для системи підтримки операцій оператора зв'язку.....	62
Юрчук Л. Ю., Покровський Є. О. Культура безпеки в системній інженерії	64
Меланченко А. Г., Яковлев В. Ф., Чмуль Д. А. Перераспределение целей в условиях динамически меняющейся оперативной обстановки	66
Теленик С. Ф., Глоба Л. С., Новоградська Р. Л. Алгебраїчний підхід до опису елементів порталів інженерних знань	68

ТЕЛЕНИК С. Ф.,
ОМЕЛЬЧЕНКО О.С.
ЛЮБАР В.Ю.

ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНЮВАННЯ, ПЛАНУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ ЗДІЙСНЕННЯМ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ

У доповіді розглядаються такі два взаємопов'язані аспекти впливу таких процесів, як інформатизація управління підприємствами і їх реструктуризація в умовах глобалізації економіки.

The report covers the following two interrelated aspects such as informatization management of enterprises and their restructuring in a globalized economy.

Вплив глобалізації економіки на діяльність підприємств виявляється у багатьох аспектах. Інформатизація управління підприємствами обумовлена необхідністю створення і впровадження підприємствами сучасних інформаційних систем, здатних надати доступ менеджменту і працівникам до інформаційних ресурсів глобальних та корпоративних мереж, державних органів влади, забезпечити їх інформацією для прийняття зважених управлінських рішень. Реструктуризація викликана потребами адаптації підприємств до мінливості бізнес-середовища. Власники, менеджери та інвестори підприємств відчувають потребу в практичному інструментарії діагностування стану, оцінювання, планування і здійснення реструктуризації. Прикладне значення такого інструментарію підкреслюється складним фінансово-економічним станом значної частини вітчизняних підприємств, які потребують реалізації комплексних заходів для відновлення спроможності.

Створення такого інструментарію потребує розроблення і обґрунтування теоретико-методичних положень діагностування стану і загрози банкрутства підприємств, оцінювання, планування і здійснення реструктуризації. І лише на цій основі можливе проектування і реалізація інформаційної технології (ІТ) реструктуризації підприємств. Різноманіття технологічних, виробничих і бізнес-процесів, організаційно-структурних особливостей, правових форм обумовлює низку вимог, яким повинна відповідати зазначена інформаційна технологія: масштабованість; гнучкість; уніфікованість; інтеграція з існуючими технологіями бізнес-аналітики, галузевими джерелами та системами ERP, CRM, SSM; зручність налаштування під специфіку підприємства та ін.

Успіх реструктуризації забезпечується дотриманням цілісного підходу, за яким розроблення, деталізація і втілення її стратегії базується на прийнятті рішень на основі економіко-мате-

матичних моделей і методів, комплексному розгляді процесів реструктуризації, використанні сучасних концепцій управління [1]. Здійснення реструктуризації базується на загальних моделі реструктуризації і бізнес-моделі підприємства, комплексі моделей і методів, які описують процеси перетворень і способи прийняття рішень щодо варіантів здійснення реструктуризації, наборі сценаріїв здійснення реструктуризації [2].

Організаційно-економічний механізм реструктуризації на базі цих моделей визначає, деталізує і втілює її стратегію, реалізуючи повний контур управління: *аналіз* (стану і загрози банкрутства) ® *генерування* (сценаріїв ведення діяльності) ® *оцінювання* (альтернативних сценаріїв за критерієм доходність-ризик) ® *вибір* (оптимального сценарію) ® *реалізація* (оптимального сценарію) ® *облік і контроль* (результатів) ® регулювання ® узагальнення досвіду. Він задає реструктуризацію як послідовно-ітеративний процес зміни бізнес-процесів напрямів і сфер діяльності, організаційно-функціональної структури, схем, процесів і технологій виробництва, системи управління, соціально-економічних відносин підприємства [3]. Логіко-структурна схема взаємодії компонентів механізму реструктуризації наведена на рисунку 1.

Для діагностування стану і загрози банкрутства підприємств використовується запропонований авторами метод на основі теорії нечітких множин, що враховує специфіку підприємств і вплив галузі, розширює композицію показників, встановлює нові правила корегування нечіткої моделі і вибору вузлових точок та інтервалів довіри для побудови класифікаторів [4].

Основу вибору стратегії реструктуризації складає відомий інструментарій – PETS-модель, SWOT-аналіз, модель Shell/DDM. З метою врахування особливостей взаємодії підприємств і їх технологічних процесів, загрози банкрутства розроблено матриці вибору способу організа-



Рис. 1. Логіко-структурна схема взаємодії компонентів механізму реструктуризації

ційно-структурних змін і стратегії санаційної реструктуризації [2]. Це дозволяє врахувати, крім традиційних перспективності та конкурентоспроможності, рівні диверсифікації продукції, замкнутості технологічного циклу, вид та фазу кризи.

Деталізація стратегії реструктуризації базується на: сукупності сценаріїв [2]; аналітичному підході до оцінювання реструктуризації за різни-

ми сценаріями [5]; моделі та методи визначення структурних змін підприємства як цілісної системи на основі розподілу інвестицій [6]; методиках оцінювання та вибору заходів реструктуризації, формування плану і програми їх здійснення [1]. Аналітичний підхід до оцінювання результатів реструктуризації удосконалено за рахунок запропонованої системи правил визначення методів оцінювання інвестицій у реструктуризацію, їх

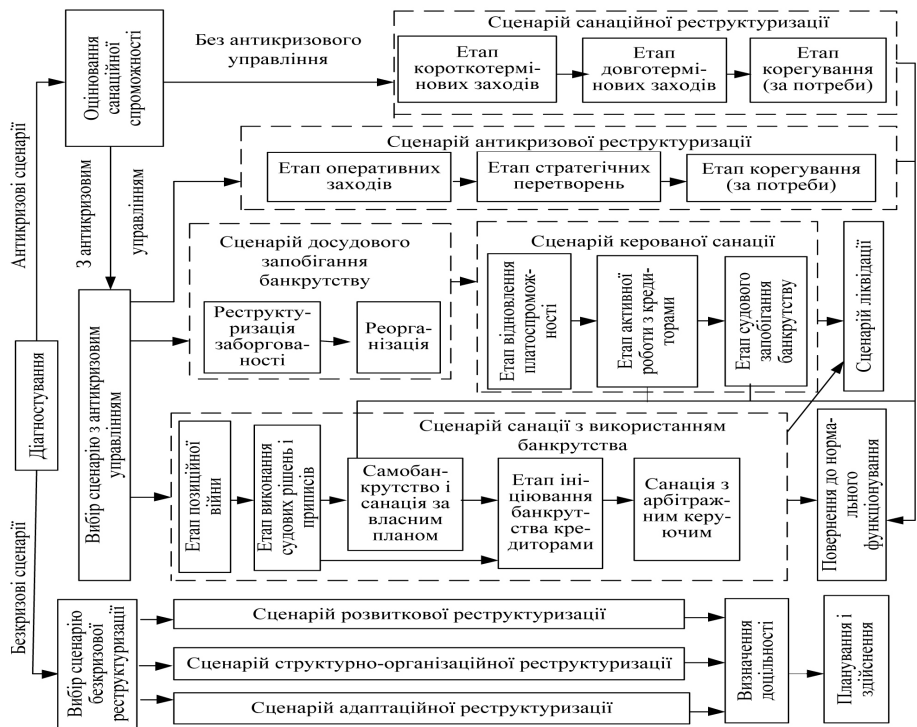


Рис. 2. Результати систематизації сукупності безкризових і антикризових сценаріїв реструктуризації підприємств

розподілу між напрямками за різними сценаріями діяльності взаємодіючих підприємств.

По суті, в основу реструктуризації покладе-на сукупність сценаріїв її здійснення і методика вибору та реалізації найкращого з них, що враховує законодавчі обмеження і переваги, результати діагностування, можливості переходу між сценаріями. Безкризові сценарії як і декілька корисних антикризових сценаріїв можна знайти в наукових джерелах, частина антикризових розроблена в праці [2]. Широкий вибір сценаріїв дозволяє вибирати найбільш ефективні напрями і форми інноваційних перетворень взаємодіючих підприємств. На рисунку 2 наведено результати систематизації сукупності безкризових і антикризових сценаріїв реструктуризації підприємств.

Вибір сценаріїв, переходів між сценаріями реалізуються розробленою ІТ реструктуризації. Рішення, покладене в основу її реалізації, базується на поєднанні поглядів на неї як окрему ІТ і як складову комплексного рішення для більш широкого функціоналу системи управління (СУ) підприємством. Це обумовило необхідність використання платформи, що забезпечує створення будь-якого компоненту, підсистеми, довільного їх набору чи СУ підприємством в цілому. Саме такою платформою розроблення, експлуатації і розвитку СУ є розроблена на кафедрі АУТС платформа SmartBase. Архітектура СУ підприємством

на основі платформи SmartBase наведена на рисунку 3.

Підсистемі реструктуризації належать застосування: збору інформації про діяльність підприємств; розрахунку базових та інтегральних показників; побудови класифікаторів; генерування, оцінювання і вибору стратегії реструктуризації; оцінювання ризиків і ефективності альтернативних сценаріїв; розподілу інвестицій між напрямками діяльності; оцінювання заходів і визначення програми реструктуризації; моніторингу та контролю.

До складу застосувань інших підсистем входять ERP, CRM, SSM, CSM, бізнес-аналітики, управління бізнес-процесами, бізнес-правилами, електронним документообігом та контентом, інші застосування управління підприємством.

Компонент діагностування ІТ перевірений на даних підприємств машинобудування. Моделі інтегральних показників були побудовані на даних 30 підприємств галузі, а застосовувалися для діагностування інших 20 її підприємств. Результати розрахунків підтверджені результатами діяльності підприємств. Інші компоненти перевірені при реструктуризації ВАТ “Коммаш”, АТ “УКРЦН-ДІТМАШ”, ПАТ “КЦКБА”, на яких вони впроваджені. Результати підтверджують практичну значимість втілених положень реструктуризації.



Рис. 3. Архітектура системи управління на базі платформи SmartBase

Перелік посилань

1. Стеченко Д. Системний підхід до класифікації видів реструктуризації підприємств і створення механізму її планування та здійснення / Д. Стеченко, О. Омеляченко // Економічний вісник НТУУ «КПІ». – 2014. – №11. – С. 330 – 338.
2. Стеченко Д. Сценарний підхід до реструктуризації підприємств на основі комплексу економіко-математичних моделей [Електронний ресурс] / Д. Стеченко, О. Омеляченко // Соціально-економічні проблеми і держава. – 2013. – Вип.2(9). – С. 195 – 215.
3. Омеляченко О.С. Інтегральний підхід до побудови організаційно-економічного механізму реструктуризації / О.С. Омеляченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. – Вип. 3 (37). – С.200 – 209.
4. Бідюк П.І. Інтегральне оцінювання підприємств машинобудування при їх реструктуризації / П. І. Бідюк, О. С. Омеляченко, В. Ю. Любар // Бізнес Інформ. — Харків: ВД «ІНЖЕК», 2014. —№6. — С. 262 —269.
5. Бідюк П.І. Оцінювання ризиків інвестування при реструктуризації підприємств / П. І. Бідюк, О. С. Омеляченко // Світ фінансів.– 2011.– Вип.4.– С.167 – 175.
6. Омеляченко О. С. Оптимізація фінансування напрямів діяльності підприємства при реструктуризації / О. С. Омеляченко // Бізнес Інформ.– Х.: ВД «ІНЖЕК», 2011. – №9.– С.123 – 128.

*ВОЛКОВ О.С.,
КОМАР М.М.,
ВОЛОШЕНЮК Д.О.*

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ДАНИХ В МЕРЕЖІ

Целью работы является исследование фундаментальных основы и принципов построения новых перспективных систем контроля передачи информационно-коммуникационных данных в сети на основании применения сетевых технологий, что позволит существенно расширить перечень решаемых в реальном масштабе времени задач распределенного управления скоростными циклами прикладных процессов и повысить качество, надежность и безопасность работы сетевых систем в общем.

The aim of work is to study the fundamental basis and principles of construction of new advanced systems used to control the transmission of information and communication data by network based on the use of network-centric technologies. The results of work will considerably expand the list of critical tasks of distributed control of applications and processes, solved in the real-time mode and will improve the quality, reliability and security of network systems in general.

Вступ

У сучасному світі більшість підприємств та організацій у тій або іншій мірі використовують у своїй діяльності різноманітні інформаційні технології, які обробляють великі об'єми візуальної та текстової інформації мережевими системами і сучасними технологіями передачі даних. При цьому існує велика кількість способів і методів передачі і прийому даних, їх кодування і архівації, контролю якості передачі та багато інших процесів, які проявляються під час роботи розрахунково-мережевих систем. Відповідно, питання якості роботи мережі, її покращення та модернізації, підвищення безпеки збереження даних, створення нових надшвидких та надточних каналів передачі даних – це актуальні питання у галузі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. При цьому варто пам'ятати, ці питання є надзвичайно актуальними та гостро поставленими і для таких пріоритетних напрямків науки і техніки, як авіація, космонавтика, оборонна промисловість та ін.

Постановка досліджуваної проблеми

Постановка досліджуваної проблеми полягає у необхідності розробки технологій контролю за процесом зв'язку між усіма об'єктами мережі та технології управління передачею інформаційних даних в моделях віддаленого керування у розподілених мережах.

Науковою новизною можна виділити ідею застосування мережецентричних технологій для розробки перспективних систем контролю передачі інформаційних даних. Варто зазначити, що під мережецентричними технологіями розуміється така структура віддаленого керування, яка передбачає взаємозв'язок всіх елементів мере-

жі, можливість їх взаємодії та керування ними в масштабі реального часу. Це дозволить забезпечити системну та функціонально-часову сумісність всіх елементів мережі.

Мета роботи: дослідити фундаментальні основи та принципи побудови нових перспективних систем контролю передачі інформаційно-комунікаційних даних в мережі на основі застосування мережецентричних технологій, що дозволить істотно розширити перелік вирішуваних в реальному масштабі часу задач розподіленого керування швидкісними циклами прикладних процесів та підвищити якість, надійність та безпеку роботи мережевих систем взагалі.

Ціль та завдання роботи: отримати фундаментальні основи для подальших досліджень та практичного створення технологій контролю, спостереження та керування прикладними процесами у мережі у масштабі реального часу на основі мережецентричних технологій, що дозволить підвищити якість, надійність та безпеку роботи мережевих систем та технологій.

Стан розроблюваної проблеми

До недавніх пір розробники мережевого устаткування зосереджували увагу в основному на задачах організації передачі інформаційних пакетів в комп'ютерних мережах, проте зараз багато провідних компаній (Ibm, Intel, Hp, Eric, Microsoft, Motorola, Symantec, Siemens, Boeing, Honeywell та багато інших) розробляють спеціалізовані програмно-апаратні рішення для мережецентричних (Net-Centric) систем розподіленого керування об'єктами та технологічними процесами [1]. Використання існуючих технічних рішень (див. патенти US6683889-

Siemens, EP1661343-Motorola, US6363056-Ibm, WO0237773-Intel, EP1426870-Boeing, US2007111725-Honeywell та інші) в комп'ютерних мережах розподіленого керування швидкісними циклами прикладних процесів не забезпечує якісного контролю.

Аналіз останніх досліджень, літературний та патентний пошуки з даної проблеми показують високу актуальність представленого питання та необхідність його вирішення. Зокрема, Глобальний аеронавігаційний план Міжнародної організації цивільної організації на 2013-2028 роки [2] передбачає підвищення рівня обслуговування в аеронавігації за рахунок контролю і управління передачею цифрової аеронавігаційної інформації, що збігається з предметом нашої роботи.

Мережецентрична технологія контролю передачі інформаційно-комунікаційних даних в мережі

В основу проекту покладені прикладні дослідження в галузі керування системою швидкісних прецизійних циклів мережецентричних динамічних прикладних процесів з просторово-розподіленими взаємозв'язаними інформаційними і функціональними компонентами. При цьому забезпечується функціонально-часове поєднання внутрішніх ресурсів мережецентричних систем розподіленого керування з об'єктами та технологічними процесами на базі сумісного використання працюючих в прискореному масштабі часу моделей динаміки в єдиний просторово-часовий мережецентричний комплекс.

Основним чинником, що впливає на якість роботи комп'ютерних мереж, є мережева затримка при передачі пакетів даних. Результати попередніх досліджень показали, що використання існуючих науково-технічних рішень в комп'ютерних мережах розподіленого керування швидкісними циклами прикладних процесів не забезпечує якісного контролю та керування пе-

редачею даних за наявності затримок передачі пакетів даних по комп'ютерній мережі.

Основна науково-технічна ідея побудови систем контролю та розподіленого керування широким класом прикладних процесів, а саме передачею даних, в глобальних просторах інформаційних мереж на основі мережецентричних технологій полягає в формуванні команд розподіленого керування шляхом моделювання в прискореному масштабі часу динаміки прикладного процесу спільно з моделюванням процесу формування команд керування за даними про поточний стан прикладного процесу. Це дозволяє компенсувати затримки, помилки та спотворення передачі пакетів по комп'ютерних мережах.

Проведення досліджень базується на методах математичного аналізу, комбінаторної оптимізації, теорії ймовірності, статистичного та імітаційного моделювання, теорії автоматичного управління, методі абсолютної нелінійної інваріантності та програмних комп'ютерних засобах і пакетах, наприклад, таких як, MatLab, пакет Simulink, мови програмування C++, Adobe Flash та ін.

Висновок

В результаті наукової роботи передбачено отримати фундаментальні основи та методологічні засади для подальшого створення мережецентричної системи управління та контролю передачі інформаційних даних в моделях віддаленого управління динамічними об'єктами, яка: матиме покращену модель стану інструментальних і методичних похибок за рахунок урахування нелінійностей в перетворенні даних; підвищить якість моделювання процесів для лінійних регресивних моделей; дасть можливість враховувати як лінійні, так і нелінійні динамічні моделі; відкриє шлях до створення нових методів компенсації та запобігання мережевих помилок, затримок, спотворень і втрат пакетів інформаційних даних.

Перелік посилань

1. Павлова С.В. Моделирование технологии распределенного сетевого управления летательными аппаратами / С.В. Павлова, Ю.П. Богачук, С.В. Мельников // Кибернетика и вычисл. техника. – 2011. – Вып. 163. – С. 45-53.
2. Глобальный аэронавигационный план на 2013-2028 года. Пропускная способность и эффективность / Международная организация гражданской авиации ИКАО // Монреаль, Канада. – 2013. – Вып. 4. – 128 с.

КОНДРАТЮК В.Ю.,
ВОЛОКИТА А.М.

ОГЛЯД ФІЗИЧНИХ РЕАЛІЗАЦІЙ КВАНТОВОГО ПРОЦЕСОРА

В работе рассмотрены вопросы создания перспективных вычислительных систем, а именно квантовых компьютеров, активно разрабатываемых в данное время для решения множества задач информационной безопасности. Представлен обзор вариантов физических реализаций квантовых процессоров, которые в будущем могут стать основой для высокопроизводительных криптографических сервисов.

The paper is described the problem of the advanced computer systems development, i.e. the quantum computers that are actively designed and developed by now to address the number problems in the field of the information security. There is shows the review of the physical implementations of the quantum processors, which in the future may become the basis for high-performance cryptographic services.

Вступ

На сьогоднішній день квантові обчислення є досить актуальними, оскільки прогнозований час розв'язку задачі на квантовому комп'ютері суттєво менший ніж на класичному. Найбільш очікувані переваги квантових обчислень в криптографії, оскільки квантовий комп'ютер може підібрати ключі шифрування сучасних криптоалгоритмів.

Основні напрямки розвитку квантової криптографії на сучасному етапі зосереджені на розробці систем генерації і розподілу ключів та квантовому криптоаналізі.

1. Квантові процесори які базуються на надпровідності

Кубіт реалізується на основі стану малих надпровідникових ланцюгів (ефект Джозефсона) [1]. Ефект Джозефсона – це явище протікання надпровідного току через тонкий шар діелектрика, який розділяє два провідники (зв'язаний стан двох електронів у кристалі, що виникає на умовах слабого притягання).

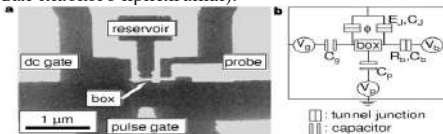


Рис. 1. Кубіт на основі надпровідникових ланцюгів

Однокубітний пристрій може керувати кількістю куперовських пар, створити суперпозицію станів. Надпровідникові пристрої працюють при низьких температурах (30 мК).

2. Квантові процесори які базуються на іонах

Кубіт реалізується за допомогою внутрішніх станів захоплених іонів [2]. Іони або заряджені атомні частинки, можуть бути обмежені та при-

зупинені у вільному просторі (пастці) за допомогою електромагнітних полів. Кубіти зберігаються в стабільних електронних станах кожного іона, і квантова інформація може бути передана через колективний квантовий рух іонів в загальній пастці.

Лазери застосовуються, щоб викликати зчеплення між кубітами (для одиничних операцій кубіта) або зв'язок між внутрішніми станами кубіта і зовнішнім рухом електрону (для операцій між кубітами). Основні операції квантового комп'ютера в пастці іонних систем були показані експериментально з високою точністю. В перспективі пропонується масштабувати систему, яка буде складатися з великого числа кубітів, включаючи транспортування іонів в просторі різних місцях масиву іонних пасток, будівництва великої кількості заплутаних станів за допомогою пов'язаних мереж заплутаних іонних ланцюгів. Це робить іонну пастку однією із найперспективніших технологій для масштабованої універсальної системи квантового комп'ютера.

3. Квантові процесори які базуються на оптичній решітці

Кубіт реалізується за допомогою внутрішнього стану нейтральних атомів, захоплених в оптичну решітку [3].

Оптична решітка утворюється в результаті інтерференції зустрічних лазерних променів, створюючи періодичну поляризацію.

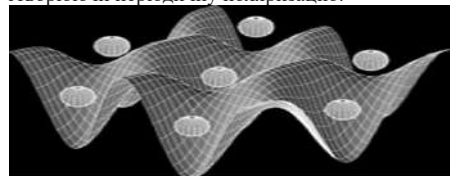


Рис. 2. Кубіт на основі оптичної решітки

Атоми охолоджуються і збираються в місцях потенційних мінімумів. У результаті, розташування захоплених атомів нагадує кристалічну решітку. Атоми, захоплені в оптичній решітці можуть рухатися за рахунок квантового тунелювання, навіть якщо глибина потенційної ями точок решітки перевищує кінетичну енергію атомів. Атоми в оптичній решітці забезпечують ідеальну квантову систему, де всі параметри можна контролювати. Таким чином, вони можуть бути використані для вивчення ефектів, які важко виявити в реальних кристалах. Зазначені вище атоми також можна використовувати для обробки квантової інформації.

4. Квантові процесори які базуються на ядерному магнітному резонансі

Кубіти реалізуються за допомогою стану спінів ядер в молекулі [4]. Ядерний магнітний резонанс (ЯМР) використовує спіни молекул, як кубіти. ЯМР відрізняється від інших реалізацій квантових комп'ютерів, тим що використовується множина систем, в даному випадку молекул. Множина ініціалізується тепловою рівновагою станів. У математичній термінології цей стан задається як матриця щільності:

$$\rho = \frac{e^{-\beta H}}{\text{Tr}(e^{-\beta H})},$$

де H - матриця Гамільтона окремої молекули.

$$\beta = \frac{1}{kT}$$

де k - стала Больцмана, T температура.

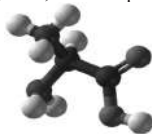


Рис. 3. Молекула аланіну використовується в ЯМР для реалізації квантових обчислень.

Кубіти реалізовані через стани спінів чорних атомів вуглецю. Операції виконуються за допомогою множини імпульсів, які застосовані перпендикулярно до сильного статичного поля, яке створюється великим магнітом. Деякі практичні успіхи були досягнені у реалізації саме цієї моделі. У 2001 році вчені з IBM повідомили про успішну реалізацію алгоритму Шора в 7-кубітному ЯМР комп'ютері.

5. Квантові процесори які базуються на квантовій електродинаміці.

Квантова електродинаміка - теорія електромагнітних взаємодій, найбільш досліджена частина квантової теорії поля. В основі квантової електродинаміки лежить уявлення про те, що електромагнітне поле володіє також і переривчастими (дискретними) властивостями, носіями яких є кванти поля - фотони. Взаємодія електромагнітного випромінювання з зарядженими частинками розглядається в квантовій електродинаміці як поглинання і випускання частинками фотонів.

Випадок одного атома 2-рівня описується математичною моделлю Джеймса-Каммінгса. Атом піддається вакуумній осциляції $|e\rangle |n-1\rangle \leftrightarrow |g\rangle |n\rangle$ $|e\rangle |n-1\rangle \leftrightarrow |g\rangle |n\rangle$. Якщо є резонанс з атомним переходом, в половину циклу коливань, то для фотонів змінюється стан кубітів на поле резонатора, $(|g\rangle + \beta|e\rangle) \leftrightarrow |g\rangle (|g\rangle + \beta|1\rangle)$ $(|g\rangle + \beta|e\rangle) \leftrightarrow |g\rangle (|g\rangle + \beta|1\rangle)$

Цей спосіб може бути використано в якості джерела фотонів, або в якості інтерфейсу між атомом або захопленим іоном квантового комп'ютера і оптичними квантовими комунікаціями.

Висновки:

В роботі розглянуто фізичні реалізації квантового процесора на основі: надпровідності, іонів, оптичної решітки, ядерного магнітного резонансу, квантової електродинаміки. На сьогоднішній день найближчим до створення є процесор на ядерному магнітному резонансі, який розроблює компанія IBM.

Перелік посилань

1. Gershenfeld, Neil; Chuang, Isaac L. (June 1998). «Quantum Computing with Molecules» (PDF). Scientific American.
2. Manin, Yu. I. (1980). Vychislimoe i nevychislimoe [Computable and Noncomputable] (in Russian). Sov.Radio. pp. 13–15. Retrieved 2013-03-04
3. Deutsch, David (1985). «Quantum Theory, the Church-Turing Principle and the Universal Quantum Computer». Proceedings of the Royal Society of London A 400: 97–117.
4. Finkelstein, David (1968). «Space-Time Structure in High Energy Interactions». In Gudehus, T.; Kaiser, G. Fundamental Interactions at High Energy

ДОРОГИЙ Я.Ю.,
ТКАЧОВ А.С.

МЕТОД ПОБУДОВИ СПАЙКОВИХ УЗАГАЛЬНЕНИХ ЗГОРТОЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

В работе рассмотрен вопрос построения спайковых сверточных нейронных сетей для задачи распознавания эмоционального состояния человека.

In the thesis the designing of spike convolutional neural networks for emotional state recognition was considered.

Згорточні нейронні мережі активно та успішно використовуються для розв'язання різноманітних задач з теорії розпізнавання. В роботі [1] даний клас мереж успішно використаний для розпізнавання літер, в [2] – для детектування об'єктів, в [3] – для розпізнавання людських облич та емоцій [4-5]. В цій роботі пропонується використати підхід на базі модифікованих узагальнених згорточних нейронних мереж [6].

Архітектура мережі. Для розв'язання задачі розпізнавання емоційного стану людини використаємо архітектуру узагальненої згорточної нейронної мережі (УЗНМ) з [6] з модифікованими нейронами. Архітектура нейронної мережі представлена на рис. 1.

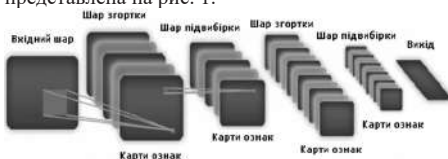


Рис. 1. Архітектура УЗНМ

Як відомо з [6], для покращення узагальнюючої здатності ЗНМ використана вдосконалена топологія з використанням однакових карт ознак, але з різними вікнами обходу (рис. 2).

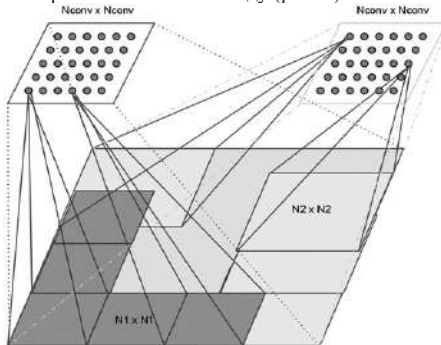


Рис. 2. Різні вікна обходу

В якості функцій активації нейронів використаємо наступну [7] (рис. 3).

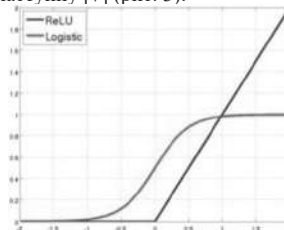


Рис. 3. Вигляд функції активації ReLU

Функція випрямлення є функцією активації, що має вигляд $f(x) = \text{Max}(0, x)$. Основна причина використання – ефективність її обчислення без втрати якості узагальнення. Ця функція додає деяку нелінійність в мережу.

Алгоритм переходу до спайкової нейронної мережі. Для побудови спайкової узагальненої згорточної нейронної мережі пропонується використати наступний алгоритм:

1. Використати функцію випрямлення як функцію активації для всіх нейронів мережі.
2. Прирівняти значення зміщення нейронів до 0 і використати будь-який алгоритм навчання зі зворотнім поширенням помилок.
3. Змінити всі нейрони мережі на спайкову модель «integrate-and-fire». Еволюція

напруги мембрани V_{mb} такого нейрону описується наступною формулою (1):

$$\frac{dv_{mb}(t)}{dt} = \sum_i \sum_{s \in S_i} w_i \delta(t-s), \quad (1)$$

де w_i - вага i -го вхідного синапсу; δO - дель-

та-функція; $S_i = \{t_i^0, t_i^1, \dots\}$ - серія спайків i -го пресинаптичного нейрону.

Зауваження: якщо напруга на мембрані перевищує граничне значення V_{th} , то її значення скидається до заданого V_r .

4. Використати метод нормалізації ваг, що описаний нижче.

Нормалізація ваг. Для нормалізації ваг знаходимо найбільшу позитивну вагу та виконуємо відносно неї масштабування всіх інших ваг. Таким чином, якщо нейрон з максимальною вагою виробляє тільки один спайк, то нейронній мережі не потрібно буде виробляти більше одного спайку за один раз для того ж самого нейрону.

Дослідження мережі. Для дослідження запропонованого методу побудована наступна узагальнена згорточна мережа:

- вхідний шар розміром 64×64 нейронів;
- перший шар згортки з 15 картами ознак розміром 7×7 та вікнами обходу 3×3 і 5×5 ;
- перший шар підвибірки з вікном 2×2 ;
- другий шар згортки з 64 картами ознак розміром 5×5 та вікнами обходу 2×2 і 3×3 ;
- другий шар підвибірки з розміром вікна 2×2 ;
- вихідний шар з 8 нейронів, що відпові-

дають 8-ми емоційним станам людини, які були розглянуті при формуванні бази даних зображень.

Параметри алгоритму навчання вибрані наступні:

- фіксована швидкість навчання – 0,9;
- відсутність інерції навчання;
- нульове значення зміщення нейронів;
- кількість епох навчання – 60.

В базу даних зображень включені 80 зображень облич людей з різним емоційним станом. 50 зображень використано для навчання нейронної мережі, 30 – для її тестування. Описана нейронна мережа досягла 98,4% якості розпізнавання.

Отримані ваги нейронів навченої УЗНМ далі були застосовані для побудованої спайкової узагальної згорточної нейронної мережі (СУЗНМ) згідно з запропонованим алгоритмом. Частота подачі спайків на вхід даної нейронної мережі – 800 Гц. Отримана СУЗНМ протестована на побудованій базі даних та досягла 97% якості розпізнавання. Час моделювання – 200 мс.

Висновки. В роботах [8-9] доведена можливість значного підвищення продуктивності роботи спайкових нейронних мереж над звичайними. В даній роботі запропонований метод переходу від традиційних нейронних мереж до спайкових для розв'язання задач розпізнавання без значної втрати якості розпізнавання.

Перелік посилань

1. Y. LeCun. Gradient-based learning applied to document recognition / Y.LeCun, L.Bottou, Y.Bengio, P.Haffner // Proceedings of the IEEE, 86(11):2278-2324, November 1998.
2. Y. LeCun.Convolutional networks for images, speech, and time series / Y.LeCun, Y.Bengio // In The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. – MIT Press, 1995.
3. S. Lawrence. Face recognition: A convolutional neural network approach / S.Lawrence, C.L.Giles, A.Tsoi, A.Back // IEEE Transactions on Neural Networks, 8(1):98-113, 1997.
4. M. Matsugu. Subject Independent Facial Expression Recognition with Robust Face Detection Using a Convolutional Neural Network // M. Matsugu, K. Mori, Y. Mitari, Y. Kaneda. - Neural Networks, Vol. 16, 2003, pp. 555-559.
5. I. Krizhevsky. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // I. Krizhevsky, I. Sutskever, G. Hinton // Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS '11), 2012, pp. 1106-1114.
6. Дорогой Я.Ю. Архитектура обобщенных сверточных нейронных сетей.//Вісник НТУУ «КПІ», «Інформатика, управління та обчислювальна техніка», №54. – 2011. – С. 229-234.
7. K.Jarrett. What is the best multi-stage architecture for object recognition? / K.Jarrett, K.Kavukcuoglu, M.Ranzato, Y.LeCun // In Proc. International Conference on Computer Vision (ICCV'09). IEEE, 2009.
8. P. O'Connor. Real-time classification and sensor fusion with a spiking deep belief network / P.O'Connor, D. Neil, S.-C. Liu, T. Delbruck, and M. Pfeiffer // Frontiers in Neuroscience, vol. 7, 2013.
9. Y. Cao. Spiking deep convolutional neural networks for energy-efficient object recognition / Y.Cao, Y. Chen, and D. Khosla // International Journal of Computer Vision, pp. 1–13, 2014.

*ДРЕВАЛЬ О.Л.,
ДОРОШЕНКО А.Ю.*

ВИКОРИСТАННЯ RGB СВІТЛОДІОДІВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Метою дослідження є отримання практичного підтвердження можливості передачі даних по оптичному каналу з використанням широко розповсюджених RGB світлодіодів. Розглянуто особливості світлодіодів при використанні їх для передачі даних, запропоновано протоколи каналного рівня для використання разом зі світлодіодами.

The purpose of the research is to confirm the possibility of the data transmission via optical channel using widespread RGB LEDs. There analyzed LED's specifics when they are used as data transmitters/receivers, some data link layer protocols are proposed to be used in optical channels with LEDs.

Вступ

В наш час галузь мікроелектроніки швидко розвивається. Широко розповсюджені методи передачі інформації за допомогою високочастотних електромагнітних коливань, у тому числі світла (ближній ІЧ діапазон). Передача даних за допомогою світла має такі переваги, як висока швидкість передачі даних, висока завадостійкість та відсутність гальванічного зв'язку між передавачем та приймачем. Остання особливість широко використовується при побудові джерел живлення та іншого обладнання, де гальванічний зв'язок недопустимий.

У масовому вжитку широко застосовуються оптопар, інфрачервоні лазери з оптично-волоконним каналом, іноді для передачі даних використовуються лазерні діоди у відкритому середовищі. Використання лазерних діодів призводить до істотного збільшення собівартості виробу і фактично унеможливує дуплексну передачу даних по одному оптичному каналу по причині необхідності суттєвого ускладнення конструкції трансмітера та явища внутрішнього відображення [1]. Використання оптопар із закритим каналом не дозволяє використовувати усі переваги оптичного каналу, оскільки немає можливості організувати дуплексний зв'язок. Розглянута у роботі можливість передачі даних за допомогою RGB світлодіодів поєднує у собі переваги оптопари та оптично-волоконної лінії.

Огляд існуючих рішень

Для швидкісної гальванічно-ізолюваної передачі даних використовуються магнітоелектричні розв'язки, оптично-волоконні лінії, радіопередавальні пристрої та оптичні розв'язки (оптопари).

Використання оптичної або магнітоелектричної розв'язки дозволяє позбутись гальванічного зв'язку між передавачем та приймачем,

у першому випадку середовищем передачі даних слугує вбудований оптичний канал оптопари, у другому — осердя трансформатора. У обох вищевказаних випадках передавач, приймач та лінія зв'язку являють собою один пристрій, що не дозволяє встановлювати довільну довжину лінії зв'язку. Перевагами цього є малий розмір пристроїв, недоліками — значна електрична ємність між обладнанням передавальної та приймальної частини, також чутливість до електромагнітних завад у випадку збільшення довжини каналу зв'язку нарощуванням підводних електричних провідників.

Використання оптично-волоконної лінії вимагає застосування дорогих трансмітерів та супутнього обладнання (самі оптичні волокна, з'єднувачі, ізоляція та ін.), для встановлення дуплексного каналу зв'язку необхідні щонайменше дві фізичні лінії передачі. Застосування радіопередавальних пристроїв у якості гальванічної розв'язки при передачі даних майже не використовується, оскільки це вимагає встановлення дорогого обладнання, накладає обмеження на пропускну здатність, пов'язану з вибором ширини каналу, виступає як додаткове джерело електромагнітних завад, у той же час будучи завадочутливим.

Розробка концепції

RGB світлодіоди в наш час широко розповсюджені та використовуються для створення телевізійних панелей, декоративного освітлення та індикації. Кожен RGB світлодіод містить 3 близько розташовані світлодіоди, що випромінюють на довжинах хвилі 475нм, 535нм, 650нм. Така конструктивна особливість може бути використана для передачі сигналів на трьох різних частотах (частотне розділення каналу зв'язку).

У якості лінії для передачі сигналів може бути використана широко розповсюджена акрилова трубка, що використовується у декоративно-

му освітленні, але значно дешевша ніж оптичне волокно, хоча не забезпечує передачу даних на великі відстані (у порівнянні — сотні кілометрів для одномодового оптичного волокна з десятками метрів для акрилових трубок[2]).

У деяких випадках — при відсутності сильного фонового освітлення та при наявності прямої видимості у якості середовища розповсюдження сигналу може бути використано повітря, що накладає певні додаткові вимоги до приймача — підвищення чутливості до інформаційних сигналів, і водночас нечутливість до фонового освітлення.

Ключовим фактором можливості встановлення дуплексного зв'язку з використанням RGB

світлодіодів стало явище фотоефекту, що спостерігається на кристалах світлодіоду при його опроміненні. При цьому кожен з кристалів має власний пік чутливості, що дозволяє розрізняти частоти світла, якими опромінюється світлодіод.

Дослідження фотоефекту у світлодіоді

Для експериментального визначення піку чутливості кристалів було зібрано стенд, що має джерело у вигляді RGB світлодіоду і приймач у вигляді такого самого світлодіоду з підсилювачем. Отримані значення ЕРС для кожного з кристалів при опроміненні світлом різних довжин хвилі та різної інтенсивності нанесені на графіки (рис. 1 а, б, в).

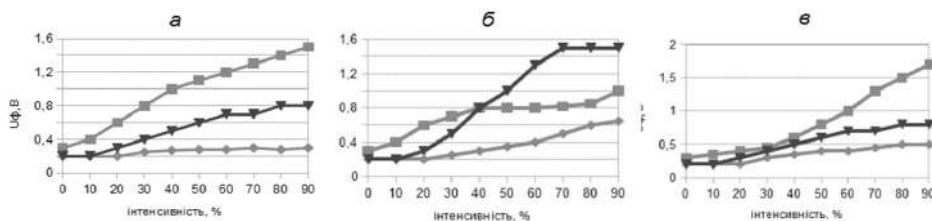


Рис. 1. Залежність ЕРС фотоефекту від інтенсивності випромінювання

Результати експерименту показують різний характер чутливості кристалів при опроміненні джерелом на довжинах хвилі 475нм, 535нм, 650нм відповідно.

Можливості застосування

Використовуючи різні піки чутливості кристалів до випромінювання, можна реалізувати частотне розділення у каналі зв'язку, що дозво-

ляє як використовувати його для повнодуплексної передачі даних, так і виділити окремі лінії для синхронізації (SPI, I2C, тощо), або застосувати трійковий каналний код (наприклад, MLT3). RGB світлодіоди можуть застосовуватися для передачі даних у блоках живлення, портативній електроніці, автомобілебудуванні, де є потреба рознесення оптичного каналу у просторі на велику відстань.

Перелік посилань

1. Бигелу С.Д., Виндер С., Карр Д.Д. Энциклопедия телефонной электроники — М.: ДМК пресс, 2007. — 576с.
2. Саттаров Д.К., Сафиуллина С.С., Печерская К.П. Затухание излучения в волоконных световодах// Волоконно-оптические линии связи. —М.,1977.

КЛИМЕНКО І.А.

МОДИФІКОВАНИЙ СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧАСОВИХ ВИМОГ ДОДАТКІВ В ДИНАМІЧНО РЕКОНФІГУРОВАНІХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Розроблена модифікація известного способу обеспечения временных требований приложений для использования в динамически реконфигурируемых вычислительных системах. В отличие от известного, предложенный способ позволяет оптимизировать уменьшение непродуктивного расхода времени реконфигурации по критериям обеспечения временных требований приложений и пространственных ограничений аппаратных ресурсов ПЛИС во время размещения динамического потока задач.

Ключевые слова: реконфигурируемые вычислительные системы, ускорение реконфигурації, ПЛИС.

The modification of the well-known method of ensuring of the time requirements of applications for dynamically reconfigurable computing systems is developed. In opposite the proposed method allows to optimize the reduction of unproductive delay of time reconfiguration with criteria of providing time requirements of applications and of providing space constraints of hardware FPGA resources the during the mapping of the dynamic task flow.

Keywords: reconfigurable computer systems, rapid configuration, FPGA.

Вступ

Час реконфігурації в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах [1, 2] є критичним параметром, зважаючи на його високу непродуктивну складову. Відомі методи прискорення реконфігурації, що реалізують механізми повторного використання обчислювальних ресурсів ПЛИС [1, 2], базуються на максимально-мудиваленні непродуктивних витрат часу реконфігурації, породжуючи проблему надлишкового використання апаратних ресурсів ПЛИС, подолання якої потребує додаткових витрат продуктивності й часу. За умови виставлення додатком обмежень часу виконання стає задача оптимізації обсягу видалення непродуктивних витрат часу, що дозволить мінімізувати використання апаратних ресурсів ПЛИС і забезпечити часові вимоги. Рішення цієї задачі дозволить оптимізувати процес прискорення реконфігурації за критеріями забезпечення виставленого додатком часу обчислення і обмежень обчислювального простору реконфігурованої області. Ця задача не вирішується відомими методами та засобами прискорення реконфігурації [1], що обумовлює актуальність та доцільність виконаних досліджень.

Відомий спосіб забезпечення часових вимог додатків в реконфігурованій обчислювальній системі, що враховує обмеження апаратного ресурсу ПЛИС, описаний в роботі [3]. Відома система є кластероподібною, із багатоядерними процесорами в вузлах і розділеною між ними однорідною реконфігурованою структурою ізоднотипних дрібнозернистих і крупнозернистих модулів, поєднаних між собою загальною комунікаційною мережею. Розподіл задач полягає в визначенні ефективної апаратної структури для їх реалізації

та налаштування зв'язків в межах цієї структури. Відомий спосіб забезпечує часові вимоги виконуваних додатків шляхом виділення необхідного, з точки зору продуктивності обчислення, обсягу апаратури, запобігаючи збитковості. Проблема зменшення непродуктивних витрат часу не розглядається – фактично задача реконфігурації вирішується на рівні каналів зв'язку, без задіяння фізичного рівня архітектури, і зводиться до класичної концепції апаратного прискорення.

Модифікований спосіб забезпечення часових вимог

Модифікований спосіб забезпечення часових вимог, застосовується для розподілу виставленого додатком проміжку часу виконання між послідовністю виконуваних макрозадач [1], що є складовими даного додатку. На відміну від відомого способу [3], заданий проміжок часу розподіляється між послідовністю задач обернено пропорційно часу їх очікуваного виконання. Це призводить до виділення задачам, коефіцієнт прискорення продуктивності яких більше ніж середній, додаткового часу виконання за рахунок задач, прискорення яких нижче ніж середнє. Таким чином, запропонований спосіб дозволяє визначити критичні до часу виконання задачі, що потребують інтенсивного прискорення реконфігурації. Задачі з високим коефіцієнтом прискорення продуктивності вирішуються на наявному устаткуванні засобами стандартної послідовності процесу реконфігурації. Далі наведений математичний запис запропонованого способу забезпечення часових вимог:

$$T_{QoS_Mod i} = T_i \times \left[\frac{T_{QoS}}{\sum_{i=1}^n T_{Cone i}} \times \frac{\sum_{i=1}^n T_{SP i}}{\sum_{i=1}^n T_{Cone i} \times \rho_{Av}} \right] \times \frac{\rho_i}{\rho_{Av}}, \quad (1)$$

де T_{QoS} – виставлені додатком обмеження часу, $T_{QoS_Mod i}$ – обмеження часу, розраховані для кожної i -ї задачі, $T_{Cone i}$ – очікуваний час виконання i -ї задачі, ρ_i – прискорення продуктивності, розраховане як відношення часу обчислення додатку програмними засобами до часу апаратного обчислення [1, 3], ρ_{Av} – усереднене прискорення продуктивності, $i = \overline{1, n}$, де n – кількість задач в послідовності виконання.

На відміну від відомого способу в вираз (1) введена корекція похибки усереднення, що підвищує точність розрахунків.

Експериментальні дослідження

Розроблений емулятор реконфігурованої обчислювальної системи (РОС) та програмна модель реалізації прискорення реконфігурації [1]. Достовірність програмної моделі забезпечена шляхом врахування реальних часових характеристик синтезованих на ПЛІСмоделей обчислювального модуля та функціональних блоків апаратних задач. Апаратні блоки синтезовані на мові Verilog та реалізовані на ПЛІС CycloneII Altera. Досліджувалась серія додатків, поданих графами алгоритмів в ЯПФ, що були синтезовані як випадковий набір обчислювальних макрозадач. Досліджувались алгоритми з різною кількістю однотипних задач. Виконано порівняння процесів інтенсивного та оптимального прискорення реконфігурації. Визначений показник прискорення реконфігурації для алгоритмів з різною кількістю

наборів однотипних задач (рис. 1). За результатами експериментів отримано, що механізм оптимізації реконфігурації на базі запропонованого способу забезпечення часових обмежень зменшує інтенсивність впливу просторових обмежень на швидкість реконфігурації приблизно на 10% у порівнянні з відомим методом інтенсивного прискорення реконфігурації.

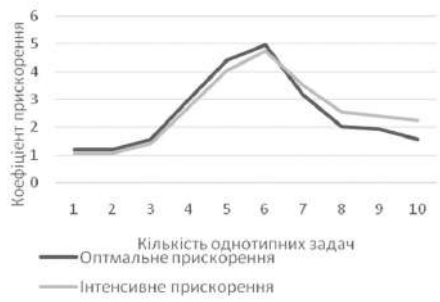


Рис. 1. Дослідження показників прискорення

Висновки

Запропоновано модифікований спосіб забезпечення часових вимог додатків, що дозволяє його використання в межах вирішення проблеми оптимізації реконфігурації в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах, за рахунок визначення задач, що не потребують залучення механізмів інтенсивного прискорення реконфігурації.

Запропонований спосіб дозволяє забезпечити широкий клас задач найбільш ефективною цільовою структурою для досягнення необхідної продуктивності обчислень, а також зменшити кількість відмов під час розподілу потоку динамічно надходжуваних задач.

Перелік посилань

- Кулаков Ю.О. Розробка методу прискорення реконфігурації в динамічно реконфігурованих обчислювальних системах Ю. О. Кулаков, І. А. Клименко, М. В. Рудницький // **Восточно-европейский журнал передовых технологий**. – 2015. – Том 4, № 4(76) (2015). – С. 25 – 30.
- Кулаков Ю.О. Організація багаторівневої пам'яті в реконфігурованих обчислювальних системах // Ю.О. Кулаков, І.А. Клименко / Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. Наук. Пр. – К.: Век+, 2014. - №61. – С. 18 – 26.
- Ahmed W. Adaptive Resource Management for Simultaneous Multitasking in Mixed-Grained Reconfigurable Multi-core Processors /W. Ahmed, M. Shafique, L. Bauer, J. Henkel // Proceedings of the 9th International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS) (Taiwan, Taipei, 9-14 October 2011). – IEEE, 2011. – P.365 – 374.

КОМАР М.О.

ПРОТОТИП МОБИЛЬНОГО МАНИПУЛЯЦИОННОГО РОБОТА ДЛЯ ПОЛИЦИИ.

Существует множество вспомогательных роботов для полиции для проверки подозрительных объектов и разминирования. Но в случае когда надо проверить подозрительный багаж на верхних полках в автобусах и самолётах, практически нет решений. Существуют или совсем миниатюрные роботы, не способные достать подозрительный багаж с верхних полок, или тяжелые роботы не могущие войти внутрь самолёта или автобуса.

С целью заполнить эту нишу и был создан прототип робота RoboSap.

There are a lot of various robots for police allowing to check suspicious objects and to neutralize bombs if necessary. But when it is required to check suspicious luggage on overhead shelves on buses and in overhead lockers on planes, there are practically no solutions. There exist either small robots, which are not able to reach the luggage, or big ones unable to get on a bus or go aboard a plane.

To fill this gap the prototype of the robot called RoboSap has been created.

Общие положения

Вес аппарата около 40 килограммов, что позволяет его переноску двумя людьми и перевозку легковых автомобилях.

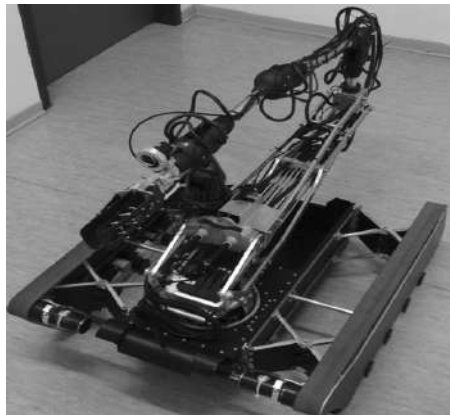
Аппарат способен снять груз до 5 килограмм с высоты 2,1 метра.

Система управления сделана максимально интуитивной, не требующей длительного обучения.

Шасси

Форма гусеничного тракта позволяет самостоятельно преодолевать трапы самолётов.

Что бы предотвратить опрокидывание робота при снятии подозрительного груза с верхних полок, гусеницы способны раздвигаться в стороны, что бы жестко зафиксировать робота в проходе между сиденьями.



Обзор

Для удобства манипулирования на роботе установлено две камеры. Одна непосредственно перед манипулятором, и вторая на стреле подъёмника для манипулятора. Вторая камера имеет возможность кругового обзора. Это даёт полный обзор без слепых зон. Камеры оборудованы подсветкой и инфракрасным режимом.

Система управління

Для оператора роботом была реализована станция оператора включающее в себя, промышленный ноутбук с touchscreen. Двумя джойстиками управления гусеничным трактором и стрелой манипулятора, и управляющий элемент в виде манипулятора, который позволяет интуитивно управлять манипулятором, придавая управляющему элементу нужное положение.

С помощью крепежа управляющая станция может быть закреплена на операторе, что позволяет ему передвигаться по мере необходимости.



Манипулятор

Основным рабочим элементом является управляемый манипулятор с тремя сочленениями на подъёмной стреле. Стрела, в свою очередь, может разворачиваться на 270 градусов.

Хватательный механизм реализован с применением технологии FinRay, что позволяет надёжно захватывать объекты различной формы.

Программное обеспечение

Внутри робота установлен промышленный компьютер на формфактора PC104, под управлением ОС Debian. Контролирующая программа обеспечивает принятие команд от станции оператора и выполнение их. Реализована на C и expect/tcl.

Управляющая программа на станции оператора позволяет просмотр двух видео потоков с робота, интегрирована для работы с джойстиком и манипулятором, а так же диагностику (разряд батареи, положение манипуляторов, температуру, журнал событий, и т.д.). Интерфейс предназначен для работы с touchscreen. Реализована на LabView.



Питание

Батарея обеспечивает автономную работу в течении двух часов. Дополнительную батарею можно оперативно сменить.



Связь

На прототипе применяется WiFi соединение. Для надёжной связи применяется промежуточная станция, которую робот может сбрасывать по пути к цели.

WiFi настроен в режиме WDS, для обеспечения работы с промежуточной станцией. В будущем рассматривался вариант применения wireless mesh сетей, с применением протокола В.А.Т.М.А.Н.

КУЛИКОВСКАЯ Н.А.,
КОТОВ Р.А.

МЕТОД СРАВНЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ

Існує кілька методів визначення подібності між об'єктами онтологій. Кожен підхід ґрунтується на обчисленнях міри схожості класів онтологій, до них можна віднести міру Ву і Палмера, міру Ради, міру Еріка, міра Резніка, міра Ліна. Розглянувши їх, ми прийшли до висновку, що вони засновані на повному переборі і збігу елементів онтологій, або на обчисленні оцінки подібності, заснованої на концептуальному відстані між елементами онтологій. Ми запропонували гібридне знаходження семантичної близькості двох класів онтологій засноване на порівнянні URI - значень і лексикографічному порівнянні.

Ключові слова: онтологія, клас, схожість, порівняння, метод

There are several methods for determining the similarity between objects ontologies. Each approach is based on calculations of a certain measure of similarity classes of ontologies, they include a measure of Wu and Palmer, measure Rada, measure Eric, measure Lina. After considering them, we came to the conclusion that they are based on exhaustive search and matching elements of the ontology or the calculation of the assessment of similarity, based on the conceptual distance between the elements of the ontology. We have proposed a hybrid finding semantic proximity of the two classes of ontology based on a comparison of URI - values and lexicographical comparison (finding semantic proximity between the same class name).

Keywords: ontology, class, similarity, comparison, method

Выделяют три способа определения семантического сходства между объектами онтологии. Первый подход определяет оценку сходства в соответствии с информационным содержанием (основанный на узлах подход). Второй подход представляет собой оценку сходства, основанную на концептуальном расстоянии (основанный на ребрах концептуального графа). Третий подход является гибридным, который сочетает в себе первые два подхода [1].

Каждый подход основывается на вычислении некой меры сходства онтологий, к ним можно отнести меру Ву и Палмера, меру Ради, меру Эрика, меру Резника, меру Ліна [2,3,4,5]. Рассмотрев их, мы приходим к выводу, что они основаны на полном переборе и совпадении элементов онтологий, либо на вычислении оценки сходства, основанной на концептуальном расстоянии между элементами онтологий.

Нами был усовершенствован метод сравнения онтологий. Близость двух онтологий предлагается вычисляется по формуле:

$$Sim(Ont^1, Ont^2) = \frac{\sum sim(c_1, c_2)}{|Ont^1 \cup Ont^2|}$$

где $sim(c_1, c_2)$ – семантическое сходство между двумя одинаковыми названиями классов

c_1, c_2 соответственно из онтологий Ont^1, Ont^2 ;

$|Ont^1 \cup Ont^2|$ – общее число различных классов.

Мы предлагаем гибридное нахождение семантической близости двух классов онтологий

основанное на сравнении URI – значений и лексикографическом сравнении (нахождение семантической близости между одинаковыми именами классами):

$$sim(c_1, c_2) = f(w^{URI}, w^{LG}),$$

где w^{URI} – значение URI-сравнения; w^{LG} – лексикографическое сравнение.

Целесообразность использования данного метода аргументирована тем, что по отдельности методы направлены на семантический поиск за кратчайшее время, а мы рассматриваем случай улучшения релевантности ответа и при этом временем можно пренебречь [6].

Рассмотрим метод сравнения онтологий поэтапно. На первом шаге вычисляется мера близости для классов онтологий поискового запроса с классами онтологий. Под URI-сравнением понимается непосредственное сравнение URI - рассматриваемых классов, т.е. при полном совпадении URI двух классов, они считаются идентичными $w^{URI} = 1$ и дальше проверка не проводится т.к. $sim(c_1, c_2) = 1$.

Если URI классов не совпали $w^{URI} = 0$, а названия их идентичны, переходим к лексикографическому сравнению. Под названием класса понимается значение его свойства или `rdfs:class`, куда согласно спецификации OWL принято помещать информацию о названии. Однако, это требование не всегда соблюдается. И в случае, когда

свойство `rdfs:label` для рассматриваемого класса отсутствует в онтологии, в качестве название класса берется фрагмент URI. Данное сравнение заключается в нахождении семантической близости. Близость двух понятий онтологии оценивается по положению вершин, соответствующих этим понятиям в таксономической иерархии (IS-A). Мера близости такого рода основана на длине кратчайшего пути, измеряемого числом вершин (или ребер) в пути между двумя соответствующими вершинами таксономии, с учетом глубины таксономической иерархии – чем меньше длина пути между вершинами, тем они ближе:

$$w^{LG} = \log \frac{2N}{d(c_1, c_2)}$$



Рис. 1. Общая схема процесса сравнения онтологий разработанным инструментом

Список литературы

1. Ding L. Using ontologies in the semantic web: A survey / L. Ding, P. Kolari, Z. Ding, S. Avancha, T. Finin, A. Joshi. – A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems, 2005. — P. 79 — 113.
2. Wu Z. Verb semantics and lexical selection / Z. Wu, M. Palmer // Proceedings of the 32nd Annual meeting of the Associations for Computational Linguistics. New Mexico: 1994. – P. 133-138.
3. Rada R. Development and application of a metric on semantic nets / R. Rada, H. Mili, E. Bichnell, M. Blettner // IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics. – 1989. – Vol. 19. – No. 1. – P. 17-30.
4. Ehrig M. Ontology Mapping - An Integrated Approach / M.Ehrig, Y. Sure // Proceedings of the First European Semantic Web Symposium. – 2004. – Greece: Springer Verlag. – Vol. 3053 of Lecture Notes in Computer Science. – P. 76-91.
5. Resnik P. Semantic similarity in a taxonomy: An information based measure and its application to problems of ambiguity in natural language / P. Resnik // Journal of Artificial Intelligence Research. – 1999. – Vol. 11. – P. 95- 130.
6. Куликовская Н.А. Методы взаимодействия компонент семантической сервис-ориентированной архитектуры. Наукові праці Донецького національного технічного університету: всеукр. наук. зб.- Донецьк. Серія, Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. Випуск 1(20) - 2015.- С. 39-44

где N – глубина дерева, $d(c_1, c_2)$ – длина кратчайшего пути между вершинами.

Таким образом у нас формируется вектор значений, в котором для каждого класса, названия которых совпали в двух онтологиях, присутствует значение меры их сходства $0 < sim(c_1, c_2) \leq 1$.

Для проверки вышеизложенного метода был реализован прототип инструмента сравнения онтологий. Для превращения файлов в форматах OWL, OBO и RDF (N3, XML), которые сохраняют онтологии в объектно-ориентированное представление использовалась библиотека OWL API Java. Общая схема процесса сравнения онтологий разработанным инструментом представлена на рисунке 1.

ПАВЛОВ А.А.
МИСЮРА Е.Б.
МЕЛЬНИКОВ О.В.
МУХА И.П.
ЛИСЕЦКИЙ Т.Н.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО УРОВНЕЙ ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЕТЕВЫХ СИСТЕМАХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ

Приводятся предпосылки к созданию новой четырехуровневой модели планирования (включая оперативное) и принятия решений в системах с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами. Кратко описывается алгоритмическое обеспечение первого и второго уровней созданной модели и более подробно – методы решения задачи планирования на третьем и четвертом уровнях.

We give prerequisites to create a new four-level planning (including operational) and decision-making model for systems with networked representation of technological processes and limited resources. The algorithmware of the first and second levels of the created model is briefly described and the methods of the third and fourth levels in more details.

Предпосылки к созданию модели

Пусть рассматривается задача построения пооперационного плана, реализующего потенциальный портфель заказов и оптимального по заданному критерию (многоэтапная сетевая задача календарного планирования). Для ее решения в [1] была предложена иерархическая трехуровневая модель календарного планирования и принятия решений для сложных организационно-производственных систем с сетевым представлением технологических процессов и ограниченными ресурсами. Недостатком модели являлось то, что в ней не была формализована процедура построения пооперационного плана и, как следствие, не были формализованы также методы оперативного планирования – корректировки пооперационного плана в случае его нарушения. Для решения проблемы авторами была разработана четырехуровневая модель планирования и принятия решений [2], в которой формализуются процедуры и получения пооперационного плана, и его оперативной корректировки.

Описание алгоритмического обеспечения

Алгоритмическое обеспечение модели включает блок принятия решений и четыре блока построения модели планирования. В статье [2] представлено алгоритмическое обеспечение первого и второго уровней четырехуровневой модели – формальные модели предварительного (агрегированного) и согласованного планирования. На первом уровне строится агрегированная модель планирования выполнения изделий, на втором уровне – согласованные планы выполнения агрегированных работ в соответствии с одним из пяти базовых критериев оптимальности либо их произвольной ли-

нейной комбинации (26 синтетических критериев оптимальности). Для первого и второго уровней модели:

а) с помощью элементарных блоков (пять базовых элементов и элементов типа накопитель) формализовано сетевое представление технологических процессов, отражающее реальную технологию изготовления изделий (групп изделий);

б) адаптированы процедуры выполнения двухуровневой агрегации сетевого представления [1]: первый уровень – агрегация работ, второй уровень – агрегация ресурсов до уровня одного прибора через пересечение критических путей изделий на общих агрегированных работах;

в) обосновано сведение задачи по каждому из базовых критериев оптимизации к задаче минимизации суммарного взвешенного момента окончания выполнения взаимосвязанных работ одним прибором (МВМ) (второй уровень агрегации), использован алгоритм ее решения из [1];

г) формализована процедура согласованного планирования (выполняется на сети первого уровня агрегации); решение задачи МВМ задает порядок выполнения изделий в согласованном плане по заданному базовому критерию.

Для третьего и четвертого уровней модели планирования авторами разработано несколько методов решения задачи:

а) если критерий оптимальности базовый, то задача пооперационного планирования формулируется и решается как многоэтапная сетевая задача календарного планирования, в которой моменты окончания выполнения изделий являются их директивными сроками, при этом строится субоптимальное расписание выполнения всех работ

сети, начиная с элементов конечного ряда сети, через решение одноэтапных труднорешаемых задач календарного планирования на элементах сети с помощью ПДС-алгоритмов [3, 4, 5], и до элементов начальной части сети.

б) для синтетического критерия оптимальности (исходная сеть представляет собой совокупность независимых подсетей, и в одной или разных подсетях может использоваться общее оборудование) предложены четыре альтернативных метода построения пооперационного плана, они могут использоваться и для планирования по базовому критерию оптимальности:

1) директивные сроки работ на элементах исходной сети задаются моментами окончания агрегированных работ, в которые эти работы вошли в результате агрегации, в согласованном плане второго уровня, а моменты запуска агрегированных работ определяют минимальные моменты запуска работ на приборах. Многоэтапная сетевая задача календарного планирования решается, начиная с элементов последнего уровня входимости. В результате решения одноэтапных задач получаем моменты начала выполнения работ на всех элементах сети;

2) на исходной сети выполняется процедура согласованного планирования с помощью распределения исходных (не агрегированных) работ с конца в начало на ресурсы элементов (физических приборов), начиная с утвержденных директивных сроков изделий, при этом назначение работ на элементах выполняется с помощью решения одноэтапных задач оптимизации;

3) модификация метода для базового критерия: метод последовательно применяется для всех

рассматриваемых изделий; если ресурс занят ранее назначенными конфликтующими работами, то их директивный срок уменьшается до момента запуска конфликтующих работ, либо моменты окончания конфликтующих работ уменьшаются до предполагаемого момента запуска назначаемых работ с корректировкой директивных сроков предшественников конфликтующих работ, если такая корректировка выгоднее (если величина уменьшения директивного срока меньше).

4) модификация третьего метода с использованием трех вариантов разнесения работ: сдвиг всего расписания работ на элементе, сдвиг всех работ на назначаемом элементе либо всех работ на конфликтующем элементе, в зависимости от того, какой из сдвигов меньше.

в) разработаны два алгоритма оперативной коррекции пооперационного плана: первый – модификация процедуры планирования на 1 – 3 уровнях модели (задача повторно решается по одному из четырех базовых критериев либо их линейной комбинации); второй – формальный алгоритм, включающий в себя ПДС-алгоритмы для труднорешаемых задач комбинаторной оптимизации и экспертное планирование, эффективный в случае возможности его реализации.

Четырехуровневая модель планирования и принятия решений легла в основу информационных технологий, готовых к реализации в качестве программных систем планирования и поддержки принятия решений для сетевых систем с ограниченными ресурсами. Данные системы, по мнению авторов, найдут широкое применение для планирования производственных процессов дискретного типа как в Украине, так и за рубежом.

Список литературы

1. Згуровский М.З., Павлов А.А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография. – К.: Наукова думка. – 2010. – 573 с.
2. Згуровский М.З. Методология построения четырехуровневой модели планирования, принятия решений и оперативного планирования в сетевых системах с ограниченными ресурсами / М.З. Згуровский, А.А. Павлов, Е.Б. Мисюра, О.В. Мельников, Т.Н. Лисецкий // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “БЕК+”, 2014. – №61. – с.60–84.
3. Павлов А.А. Составление допустимого расписания выполнения работ на одном приборе с целью минимизации суммарного опережения работ / А.А. Павлов, Е.А. Халус // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “БЕК+”, 2014. – №61. – с.27–34.
4. Згуровский М.З. Задача построения допустимого расписания с максимально поздним моментом запуска и минимальным суммарным опережением / М.З. Згуровский, А.А. Павлов, Е.А. Халус // Системні дослідження та інформаційні технології, – 2015. – №3. – с. 8.
5. Згуровский М.З. Минимизация лексикографического критерия для допустимого расписания на независимых параллельных приборах с произвольными директивными сроками / М.З. Згуровский, А.А. Павлов, Е.Б. Мисюра // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “БЕК+”, 2014. – №61. – с.4–17

ПАВЛОВ А.А.
МИСЮРА Е.Б.

ПДС-АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МИНИМИЗАЦИИ СУММАРНОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ ЗАДАНИЙ С ОБЩИМ ДИРЕКТИВНЫМ СРОКОМ

Кратко изложены основные теоретические свойства задачи и описан ПДС-алгоритм ее решения.

The basic theoretical properties of the problem are given in brief and the PDC-algorithm of its solution is described.

Введение

Рассматривается задача построения расписания для параллельных идентичных приборов выполнения заданий, минимизирующего суммарное запаздывание выполнения заданий относительно общего директивного срока (МСЗПО). Для фиксированного одинакового момента запуска приборов задача является NP -трудной. Эффективный алгоритм решения этой задачи (МСЗП) приведен в [1]. Мы обобщаем решение задачи МСЗП на общий случай, когда моменты времени запуска приборов являются фиксированными в произвольные моменты времени.

Постановка задачи МСЗПО

Задано множество заданий $J = \{1, 2, \dots, n\}$, m приборов равной производительности, для каждого задания $j \in J$ известна длительность выполнения l_j . Все задания имеют общий директивный срок d . Моменты запуска приборов на выполненные работ $r_p, i = \overline{1, m}$, различны. Простои приборов при выполнении заданий запрещены.

Необходимо построить расписание с выполнения заданий $j \in J$ на m приборах такое, чтобы достигался минимум функционала:

$$F(s) = \sum_{j \in J} \max[0; C_j(\sigma) - d],$$

где $C_j(s)$ – момент завершения выполнения задания j в последовательности s .

Сформулированная задача относится к классу NP -трудных [2]. Мы развиваем результаты, изложенные в [1], и предлагаем ПДС-алгоритм решения задачи, обладающий такими свойствами: на основе теоретических свойств задачи МСЗП находятся логико-аналитические условия (p -условия), выполнение которых в процессе реализации заданной полиномиальной вычислительной схемой приводит к получению оптимального решения. Выполнение этих условий также служит критерием останова вычислений экспоненциальной состав-

ляющей ПДС-алгоритма.

Алгоритм решения задачи МСЗПО относится к ПДС-алгоритмам второго типа: он содержит полиномиальную составляющую и полиномиальную аппроксимацию точной экспоненциальной составляющей, являющуюся приближенным полиномиальным алгоритмом с оценкой отклонения решения от оптимального.

В [4] исследованы теоретические свойства задачи МСЗПО. Получены признаки оптимальности полиномиальной составляющей ПДС-алгоритма и оценка отклонения от оптимального решения для экспоненциальной составляющей.

ПДС-алгоритм решения задачи МСЗП [1], входящий в состав ПДС-алгоритма для задачи МСЗПО, состоит из двух этапов: этап 1 (Алгоритм А0) – построение начального расписания s^{in} , этап 2 (Алгоритм А) – приближенный алгоритм построения расписания с оценкой отклонения от оптимального, основанный на направленных улучшающих перестановках. Трудоемкость алгоритма А определяется полиномом $O(mn \log n)$.

Исследование свойств задачи МСЗПО

Построим начальное расписание s^{in} по Алгоритму А0 [1] (задания упорядочиваются по неубыванию длительностей и последовательно назначаются на прибор с минимальным временем освобождения). Условно разобьем полученное расписание s^{in} на s^1 и s^2 , где s^1 – расписание выполнения заданий на приборах, для которых $r_i < d$, а s^2 – расписание выполнения заданий на приборах, для которых $r_i \geq d$.

Утверждение 1. Максимальная разность количества запаздывающих заданий на приборах в расписании s^1 не превышает единицы.

Утверждение 2. Количество запаздывающих заданий на каждом из приборов, для которых $r_i < d$, больше или равно количеству запаздывающих заданий на каждом из приборов, для которых $r_i \geq d$.

Лемма 1 [3]. Пусть обслуживание заданий L -м прибором не может быть начато раньше момента времени $r_i \geq 0, L = 1, m$. Расписанию s , при котором каждое очередное задание $k = 1, 2, \dots, n$ назначается на обслуживание на тот прибор, который раньше других оказывается свободным, соответствует наименьшее значение суммы времен завершения обслуживания всех заданий.

Теорема 1. В расписании s^{opt} не существует перестановок заданий, выполняемых между приборами $i \in \sigma^1$ и $j \in \sigma^2$, приводящих к уменьшению значения функционала.

Доказательство [4] основано на утверждениях 1–3 и 11 из [4], лемме 1 и теореме [3], в соответствии с которой поиск оптимального расписания можно ограничить рассмотрением расписаний, при которых каждый прибор обслуживает задания в порядке возрастания их номеров.

Рассмотрим расписание на приборах $i_r \in \sigma^1$ и $i_s \in \sigma^2$. Пусть задание j_k выполняется на приборе i_r , а задание j_p – на приборе i_s , причем задания j_k и j_p принадлежат одному уровню запаздывающих заданий. Для этих заданий выполняется: $l_k \leq l_p$, в соответствии с алгоритмом построения последовательности s^{opt} . Поменяем эти задания местами, т.е. задание j_k будет выполняться на приборе i_s , а задание j_p – на приборе i_r . В результате такой перестановки, в соответствии с утверждением 2, значение функционала увеличивается. Перестановки запаздывающих заданий, принадлежащих разным уровням запаздывания, в соответствии с леммой 1 [3], также приводят к увеличению значения функционала. В соответствии с утверждениями 1–3 [4], задания $j \in \sigma^2$ не могут быть перемещены в множества незапаздывающих заданий или запаздывающих заданий, для которых момент начала выполнения меньше их директивного срока. Следовательно, в расписании s^{opt} не существует улучшающих перестановок между последовательно-

стями s^1 и s^2 . Теорема доказана.

Теорема 2. Значение функционала по задаче МСЗПО равно сумме значений функционала последовательностей s^1 и s^2 .

ПДС-алгоритм решения задачи МСЗПО

1. Построение начального расписания s^{opt} по Алгоритму А0 [1].

2. Разбиваем полученное расписание s^{opt} на s^1 и s^2 , где s^1 – расписание выполнения заданий на приборах, для которых $r_i < d$, а s^2 – расписание выполнения заданий на приборах, для которых $r_i \geq d$.

3. Выполнение ПДС-алгоритма А [1] на последовательности s^1 .

4. Анализ полученного решения. Если реализовалась полиномиальная составляющая алгоритма, расписание s^1 оптимально, переход на п. 5. Иначе переход на п. 6.

5. Определение значения функционала для последовательности s^1 . Переход на п. 7.

6. Определение значения функционала и оценки отклонения значения функционала от оптимального для последовательности s^1 .

7. Определение значения функционала последовательности s^2 , оптимальной по построению.

8. Определение значения функционала задачи МСЗПО в соответствии с теоремой 2. Конец.

Трудоемкость ПДС-алгоритма решения задачи МСЗПО определяется трудоемкостью ПДС-алгоритма решения задачи МСЗП и равна $O(mn \log n)$. Для задачи МСЗП были проведены испытания на задачах с размерностью до 40 000 заданий с числом приборов до 30-ти. Среднее время решения задачи МСЗП при использовании алгоритма А не превысило 35 мс. Средняя частота получения оптимального решения составила 74,1%. Среднее отклонение от оптимального решения составило 0,00016.

Список литературы

1. Згуровский М.З., Павлов А.А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами: Монография. – К.: Наукова думка. – 2010. – 573 с.
2. Гери М.Р., Джонсон Д.С. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
3. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
4. Павлов А.А., Мисюра Е.Б. Минимизация суммарного запаздывания при выполнении независимых заданий с общим директивным сроком идентичными параллельными приборами, моменты запуска которых произвольны // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: «БЕК+», 2013. – №59 – С.28–34.

ПАПІНОВ В.М.

ПРОМИСЛОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ: КОМП'ЮТЕРНИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОСВОЄННЯ ОБ'ЄКТНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

В роботі розглядається задача розробки навчального комп'ютерного тренажера для об'єктного проектування промислових систем управління. Метою розробки комп'ютерного тренажера є підвищення ефективності навчального процесу формування професійно-орієнтованих практичних умінь у фахівців по комп'ютеризованим системам управління. Програмна реалізація комп'ютерного тренажера виконана на основі розповсюдженого офісного додатку операційної системи Windows.

In the report the problem of a development of the educational computer simulator for object-oriented designing of industrial control systems is solved. The purpose of a development of the computer simulator is increase of efficiency of educational process of formation of the professional-focused practical skills at experts on the computerized control systems. Program realization of the computer simulator is executed on the basis of widespread office application of operational system Windows.

В доповіді досліджується існуюча проблема автоматизації навчальних робіт професійного характеру – двоїстий характер застосування систем автоматизованого проектування. Визначені роль та місце комп'ютерного тренажера в складі навчального мультимедійного комплексу професійно-орієнтованої учбової дисципліни [1, 2]. Вибраний стандартний процес об'єктного проектування промислових систем управління за стандартом ІЕС 61499, який покладений в основу розробки дидактичного забезпечення нового комп'ютерного тренажера [3].

В доповіді визначається обов'язковий набір навчальних проектних задач для нового комп'ютерного тренажера, який відтворює процес об'єктного проектування за стандартом ІЕС 61499 (рис. 1) конкретної промислової системи управління, а саме - автоматичної системи регулювання температури. Послідовне виконання цих задач сприятиме формуванню у студентів відповідних практичних умінь на навичок проектної діяльності.

Описується відповідна графічна модель освоєння навчального матеріалу, яка показує усі основні етапи виконання навчальних проектних задач та взаємні зв'язки між ними. Ця модель покладена в основу розробки сценарію навчальної гри для нового комп'ютерного тренажера.

В доповіді наводяться результати розробки об'єктних моделей для визначених навчальних проектних задач. Саме набір цих графічних моделей та текстові пояснення до них утворюють дидактичне забезпечення нового комп'ютерного тренажера.



Рис. 1. Загальний принцип комп'ютерного відтворення процесу об'єктного проектування

Ефективність роботи нового комп'ютерного тренажера як електронного навчального засобу значною мірою визначається якістю організації діалогу «студент - тренажер». Тому проектування цього діалогу було однією з основних задач і виконувалося шляхом розробки відповідної його моделі. При цьому основним об'єктом цієї моделі є саме сценарій навчальної гри (сценарій тренажера), який описує діалог з погляду дидактичних властивостей процесу тренування. Іншими словами, сценарій нового комп'ютерного тренажера побудований так, щоб спрямовувати дії студента на отримання тих варіантів об'єктних моделей промислової системи управління, які закладені

в основу дидактичного забезпечення навчальної гри.

В доповіді наводяться результати аналізу існуючих методів опису графічних моделей сценарію навчальної гри для комп'ютерного тренажера, на основі якого обґрунтований вибір об'єктно-орієнтованого методу на основі мови UML для опису моделі такого сценарію для нового ситуаційного комп'ютерного тренажера.

Наводяться графічні моделі сценарію навчальної гри нового комп'ютерного тренажера на рівні діаграм прецедентів (приклад наведений на рис. 2) та на рівні діаграм діяльності мови UML (приклад наведений на рис. 3). Запропоновані моделі сценарію були використані при розробці алгоритмічного та програмного забезпечення нового комп'ютерного тренажера.

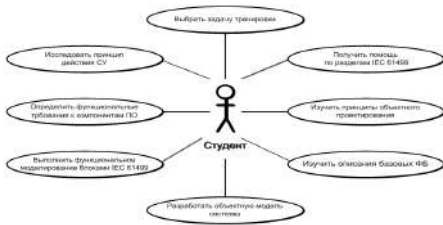


Рис. 2. Модель діяльності для ролі «Студент» при виконанні прецеденту «Виконати моделювання»

В доповіді описуються результати дослідження та проведеного аналізу сучасних офісних додатків як інструментальних середовищ програмної реалізації нового комп'ютерного тренажера. На основі цього обґрунтовано вибраний редактор мультимедійних презентацій MS Power Point, що і використовується для створення програмної основи нового комп'ютерного тренажера.

Для вибраного офісного додатку запропонована архітектура програмної реалізації нового комп'ютерного тренажера у вигляді набору окремих програмних компонентів, що взаємодіють між собою.

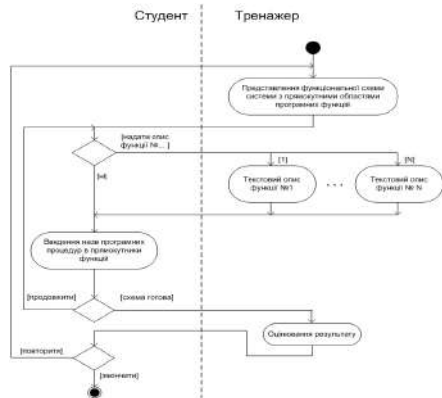


Рис. 3. Модель сценарію виконання етапу «Розробити функціональні вимоги до компонентів ІІЗ системи»

В доповіді розглядаються питання алгоритмічного забезпечення програмної реалізації спеціального шаблону, на основі якого можна легко конструювати файли презентації окремих навчальних проектних задач сценарію навчальної гри. Розглянуті також особливості розробки окремих програмних модулів у вигляді макросів, вбудованих у слайди практичних завдань, що утворюють сценарій навчальної гри. Описані також розроблені макроси для забезпечення візуального режиму складання деяких об'єктних моделей програмно-мислової системи управління під час тренування.

Перелік посилань

1. Соловов А.В. Информационные технологии обучения в профессиональной подготовке/ А.В. Соловов // Информатика и образование. – 1996. – № 1. – С. 13-19.
2. Соловов А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология [Электронный ресурс] / А.В. Соловов. – Режим доступа: - http://cnit.ssau.ru/news/book_solovov/oglavlenie.html.
3. Дубинин В.Н. Концептуальное моделирование систем управления на основе функциональных блоков ИЕС 61499 / В.Н. Дубинин // Вестник ТГТУ. – 2009. – Том 15. – №3. – С. 467-477.

ПОДРУБАЙЛО А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ ТРАНЗАКЦИОННОЙ ПАМЯТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ХРАНИЛИЩАХ ДАННЫХ

Доповідь присвячена застосуванню програмної транзакційної пам'яті в розподілених сховищах даних в оперативній пам'яті. Розглянуто витрати на використання даної технології і вплив транзакційної пам'яті на продуктивність сховища при багаторазовій реплікації і її відсутності. Наводяться рекомендації щодо підвищення продуктивності розподілених сховищ при використанні програмної транзакційної пам'яті.

The report focuses on the use of software transactional memory in in-memory data grids. We consider the cost of using this technology and the impact of transactional memory performance in cases of multiple storage replication, and without redundancy. Author proposes the recommendations to improve the performance of distributed repositories using software transactional memory.

Введение

Использование транзакций существенно снижает производительность распределенных хранилищ данных в оперативной памяти (In-memory data grid, IMDG), что побудило разработчиков отказаться от транзакционности в таком классе систем. В то же время, существующий механизм программной транзакционной памяти [1] (software transactional memory, STM) призван улучшить способность параллельных вычислительных систем работать с транзакциями, но не применяется в системах класса IMDG.

Традиционной областью применения транзакционной памяти считаются системы с общей памятью, но в [2] и [3] предложены распределенные модели STM, демонстрирующие применимость этой технологии в распределенных системах. Оптимистичный подход к изменению данных реализован в некоторых простейших системах кеширования (MemC3) [4].

В данном докладе рассматривается возможность использования STM в распределенных хранилищах данных в оперативной памяти и влияние этого механизма на производительность хранилищ при обработке транзакций.

Методика исследования

Для исследований было выбрано хранилище данных в оперативной памяти, содержащее 16 узлов данных (по четыре на каждом сервере) и 4 узла-локатора, перенаправляющих клиентские запросы на конкретный узел данных. Клиенты могут обращаться к произвольному узлу-локатору, при этом их запрос может перенаправляться на свободный узел с требуемыми данными в пределах кластера.

В экспериментах использовались степени избыточности от 1 до 3 (т.е. для одной записи

существовало максимум 2 копии на других узлах хранилища).

Для контроля влияния STM использовалось идентичное по конфигурации и наполнению распределенное хранилище, использующее блокировки.

Используемые методы работы с STM

В рамках настоящего исследования использовалось несколько методов оптимистического контроля конкурентности:

- Локальный. Заключается в использовании версии локального объекта в качестве метаданных. При любом изменении объекта транзакция инкрементирует его версию. В случае, если за время работы транзакции версия объекта изменилась, транзакция отменяется и не вносит каких-либо изменений.

Данный метод применим к распределенным хранилищам только в двух случаях: если хранимые данные не реплицированы либо если в хранилище допустима консистентность в конечном счете.

Глобальный. Этот метод оптимизирован для работы в распределенных хранилищах с репликацией данных. В архитектуру хранилища добавлен менеджер транзакций, повторяющий транзакцию для всех реплик конкретного объекта. Если хотя бы для одной копии транзакция не завершилась успешно – вся транзакция считается незавершенной и откатывается к предыдущему состоянию.

Выводы

Проведенные эксперименты показали, что замена механизма управления конкурентностью с блокировок на программную транзакционную память и уменьшение размера транзакций позво-

ляет добиться прироста производительности распределенных хранилищ данных в оперативной памяти на 13% - 48%.

Метод глобальной транзакционной памяти на 10-15% проигрывает локальному аналогу, однако последний применим лишь при отсутствии избыточности, необходимой во многих современных приложениях для обеспечения надежности и отказоустойчивости.

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие рекомендации по повышению производительности IMDG с использованием программной транзакционной памяти:

1. Программную транзакционную память следует использовать в приложениях, совмещающих фоновую запись данных в хранилище и частые операции чтения. Примером могут послужить хранилища данных для бизнес-анализа, базы данных ТВ-гида и др.

2. При отсутствии репликации в хранилище следует использовать локальный алгоритм STM, в хранилищах с избыточностью – глобаль-

ный.

3. Длинные операции чтения следует разбивать на составляющие, чтобы транзакции были максимально короткими.

4. В хранилищах, где одновременного чтения и записи данных не происходит или операции записи данных составляют менее 5% от общего числа операций (например, библиотечные каталоги, базы расписания занятий, архивные системы и т.д.), применение программной транзакционной памяти не оправдано и ведет к падению производительности.

Предложенная методика применима для хранилищ, совмещающих фоновую запись данных в хранилище и частые операции чтения. В хранилищах, где для чтения данных применяется исключительно выборка по ключу, предложенная методика не применима. Также программную транзакционную память нецелесообразно применять в тех IMDG, для которых операции записи составляют менее 5% всех запросов.

Список литературы

1. N. Shavit, D. Touitou, "Software transactional memory", Proceedings of the 14th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (Ottawa, Canada). ACM, NY, 1995, pp.204–213.
2. N Carvalho, P Romano, "A generic framework for replicated software transactional memories, Network Computing and Applications (NCA), 2011 10th IEEE International Symposium on, Aug. 2011, pp. 271 - 274
3. M Saad, B Ravindran, "HyFlow: a high performance distributed software transactional memory framework", Proceedings of the 20th international symposium on High performance distributed computing, 2011, pp. 265-266
4. H Zhang, G Chen, BC Ooi, KL Tan, M Zhang, "In-memory big data management and processing: A survey", Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on Volume: 27, Issue: 7, 2015, pp.1920 – 1948.

САВЧУК О.В.,
ЖУКОВЕЦЬКИЙ Б.В.

ДО ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА РОЗБРАКОВКИ ЕЛЕКТРО-РАДІОЕЛЕМЕНТІВ

Розбравку елементів за їх фізичним та технічним станом виконано за допомогою багатощарового перцептрона у середовищі MATLAB.

Presorting of elements by their physical and technical states is proposed to operate with the MLP- neural networks in the MATLAB environment.

Метою статті є спроба використання багатощарового перцептрона для класифікації об'єктів у тривимірному просторі стосовно до діагностування електро-радіокомпонентів.

Навчання перцептрона

Результатом природної класифікації дефектних та потенційно-ненадійних мікросхем за типами дефектів у базисі дискретного розкладання Карунена-Лоєва виявилися 5 класів у вигляді малих сфер в середині двох головних півсфер (рис.1) [1].

Для мікросхем класифікація виконується для лівої й правої півкулі окремо, тому достатньо виконати класифікацію на два або три класи.

Для навчання багатощарового перцептрона були обрані наступні алгоритми у MATLAB: trainbr (Bayesian regularization, або функція тренування на основі оберненого розповсюдження помилки з використанням Байєсівської регуляризації), trained (gradient descent backpropagation, або метод градієнтного спуску), trainrp (resilient backpropagation, або метод пружного оберненого поширення) та ін.

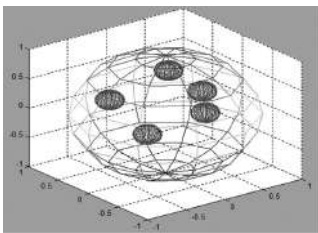


Рис. 1. Умовне зображення класів мікросхем у тривимірному просторі

Процедура навчання перцептрона з використанням даних алгоритмів наведена у [1]. Для оцінки точності результатів навчання були використовані міжнародні типи помилок.

Табл.1. Результат класифікації за проекціями простору (trainbr)

Число класів	Точність класифікації, %	Час навчання, с
два	99.23	24
три	99.05	33

При виконанні класифікації гостро постає проблема визначення, вдалось виконати розбиття на незалежні класи чи ні.

Іспит перцептрона

Для перевірки виконання розбиття в об'ємі після виконання класифікації згенеровано набір тестових даних, що складається з трьох класів: придатні плати (умовно представлені точками на одиничній сфері), та двох класів дефектних плат, що перекриваються в просторі.

Confusion Matrix				
Output Class	1	2	3	
1	39 26.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 8.0%
2	4 2.7%	46 30.7%	6 4.0%	92.1% 17.9%
3	7 4.7%	4 2.7%	44 29.9%	92.8% 30.0%
	78.0% 22.0%	92.0% 8.0%	89.0% 12.0%	88.8% 14.0%
	1	2	3	Target Class

Рис. 2. Результат класифікації перцептроном з 10 нейронами у внутрішньому шарі

На рисунках 2,3 і 4 зображені результати виконання класифікації перцептроном у тривимірному просторі з різною кількістю нейронів у внутрішньому шарі.

Як видно з результатів, збільшення складності мережі не дозволяє дати прийнятну точність класифікації у випадку перекриття класів.

Отже, для оцінки успішності класифікації необхідно визначити, чи перекриваються отримані класи в об'ємі. У такому випадку ймовірність того, що отримані класи є незалежними, досить велика.

	1	2	3	
Output Class	48 32.0%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
1				
2	0 0.0%	46 30.7%	4 2.7%	92.0% 8.0%
3	2 1.3%	4 2.7%	46 30.7%	88.3% 11.5%
	92.0% 4.0%	92.0% 8.0%	92.0% 8.0%	93.3% 6.7%
	1	2	3	
	Target Class			

Рис. 3. Результат класифікації перцептроном з 40 нейронами у внутрішньому шарі

	1	2	3	
Output Class	47 31.3%	0 0.0%	0 0.0%	100% 0.0%
1				
2	3 2.0%	45 30.0%	4 2.7%	88.5% 13.5%
3	0 0.0%	5 3.5%	46 30.7%	90.2% 9.8%
	94.0% 6.0%	90.0% 10.0%	92.0% 8.0%	92.8% 8.0%
	1	2	3	
	Target Class			

Рис. 4. Результат класифікації перцептроном з 80 нейронами у внутрішньому шарі

Пропонується наступний алгоритм класифікації у тривимірному просторі (рис.5) [2]. Пере-

вагою способу є те, що його можна використати і при роботі з класами, що задані більш, ніж трьома характеристиками, або векторами. Для цього його треба масштабувати у *n*-вимірний гіперпростір. Також можна виконувати розбиття об'єктів на площині, якщо ті задані двома характеристиками.

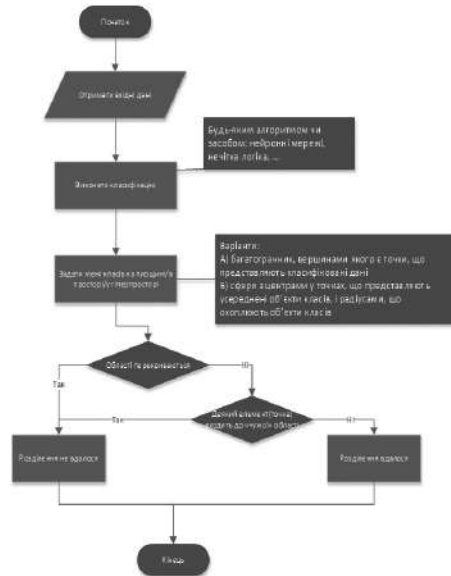


Рис. 5. Алгоритм визначення розбиття на незалежні класи в об'ємі

Перспектива розвитку способу розбиття полягає у застосуванні засобів нечіткої логіки (оскільки виділення об'ємних ділянок, якими представлені класи, за своєю природою досить умовне).

Висновок

Зростання точності класифікації пов'язане із збільшенням кількості нейронів у внутрішньому шарі і веде до покращення якості класифікації, але лише до певної межі, надалі ускладнення мережі позитивного ефекту не приносить.

Перелік посилань

1. Савчук О.В., Кривенко К.С. Класифікація електро- радіокомпонентів за допомогою нейромережових технологій // ІАІ-201 / 36. праць. – К.: Просвіта. – 2015. – С.196-202.
2. Yakimenko O. Engineering computations and modeling in MATLAB/Simulink. – Monterey, California: American Institute of Aeronautics and Astronautics, INC., 2011. – 938 p.

СЕРГІЄНКО А.А.,
СЕРГІЄНКО А.М.

НАБІР МОДУЛІВ ДЛЯ ШВИДКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є

Рассмотрен набор модулей для малоточечного быстрого преобразования Фурье (БПФ) по алгоритму Винограда. Модули предназначены для построения высокопроизводительных конвейерных процессоров БПФ на базе ПЛИС.

A set of soft IP cores for the Winograd small fast Fourier transform (FFT) is considered. The cores are intended for the high-speed pipelined FFT processors implemented in FPGA.

Вступ

Конвеєрні процесори швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) за основою, яка не дорівнює 2^k , $k = 1, 2$ використовуються для передачі даних з ортогональним частотним розділенням каналів (OFDM), частотної обробки радіосигналів, виконання множення надвеликих цілих чисел та ін. Недоліками існуючих конвеєрних процесорів ШПФ, які використовують алгоритм зі взаємно-простими основами, є необхідність узгодження потоків даних між їх ступенями та високі апаратні витрати [1,2,3]. У доповіді розглядається проектування конвеєрних модулів ШПФ, які використовуються у процесорах ШПФ за взаємно-простими основами, що конфігуруються в ПЛИС.

Особливості реалізації конвеєрних процесорів у ПЛИС

Мінімальна тривалість тактового інтервалу T_c модуля, який сконфігуровано в ПЛИС, дорівнює затримці його критичного шляху, до якого входять послідовно з'єднані логічна таблиця (ЛТ), мережа розповсюдження переносу і мережа конфігурованих міжз'єднань. Але слід врахувати, що затримка міжз'єднань залежить від їх локальності, ступеня оптимізації розміщення ЛТ і може досягати 70-90% від T_c .

Віртуальні модулі конвеєрних процесорів ШПФ використовуються в ПЛИС більше десятиріччя і вони входять до складу бібліотек модулів САПР ПЛИС. Але вони, як правило, розраховані на чотириходові ЛТ та велику кількість блоків множення. В результаті, такі процесори мають великі апаратні витрати у кількості сегментів конфігурованого логічного блоку (СКЛБ) і блоків множення, таких як DSP48, а також високе енергоспоживання. Крім того, затримка ступеня блоку множення приблизно удвічі перевищує затримку суматора на базі ЛТ. Високі параметри процесорів досягаються лише при ретельно розведених маршрутах міжз'єднань та коли ЛТ мають оптимальні координати у ПЛИС.

За умови, коли не більше однієї ЛТ стоїть у критичному шляху, на основі чотириходових ЛТ можлива побудова лише двохходового мультиплексора або двохходового суматора. Якщо використовувати шестивходові ЛТ, які стоять у сучасних ПЛИС, можливості побудови різних арифметико-логічних схем значно зростають. На практиці встановлено, що компілятор-синтезатор Xilinx ISE в таких умовах синтезує чотириходовий мультиплексор, трьохходовий суматор, суматор з одним трьохходовим мультиплексором.

Модулі для малоточкового ШПФ

Конвеєрний процесор ШПФ зі взаємно-простими основами має менші апаратні витрати і придатний для обробки послідовностей з іншою довжиною, ніж 2^k . Причому обчислення ШПФ для коротких послідовностей ефективно виконувати за алгоритмом Винограда [3,4]. При цьому виникає проблема узгодження потоків даних між модулями малоточкового ШПФ, оскільки група даних, яка видається одним модулем, не співпадає за числом даних та їх порядком з групою даних, яка приймається іншим модулем [2]. Для узгодження двох модулів з паралельним виводом n даних та паралельним вводом m даних між ними слід встановити $n \times m$ блоків буферної пам'яті.

Найпростіше ця проблема вирішується тоді, коли за один такт блок видає чи сприймає лише одне дане. У цьому випадку період L -точкового ДПФ повинен дорівнювати L тактів, а не один, як у [2,3]. Тоді для організації покрокового введення та виведення даних з таких блоків вони повинні, по-перше, мати на своїх входах і виходах відповідні буферні схеми, по-друге, виконувати обчислення лише в кожному L -му такті.

При використанні методики побудови просторового графу синхронних потоків даних такі етапи синтезу конвеєрного процесора, як вибір ресурсів, складання розкладу, призначення операцій на ресурси і одержання структури виконуються за один крок, що дає змогу краще опти-

мізувати шукану конвеєрну структуру [5]. При цьому мінімізується як кількість суматорів, так і складність мультиплексорів на їх входах. Саме за цією методикою був розроблений набір модулів для малоточкового ШПФ. Кожен модуль виконує L -точкове ШПФ за алгоритмом Вінограда з періодом L тактів.

Результати реалізації модулів

Модулі малоточкового ШПФ описані мовою VHDL за методикою, викладеною в [5] і мають мінімальну кількість регістрів та суматорів. Причому вхідні та вихідні дані слідує у потрібному порядку. Для зменшення апаратних витрат та збільшення тактової частоти множення на постійні коефіцієнти виконується за допомогою зсувів та додавань множеного.

У таблиці 1 показані результати синтезу модулів для ПЛІС серії Xilinx Kintex-7 для 16-розрядних вхідних даних без особливих настроювань їх оптимізації при синтезі, розміщенні та трасуванні.

Аналіз таблиці показує, що використання спеціалізованих блоків множення на константу дає змогу збільшити тактову частоту до 1,6 разів у порівнянні зі структурою з застосуванням інтегрованих блоків множення.

Табл. 1. Результати конфігурування процесорів у ПЛІС

Кількість точок	Апаратні витрати, ЛТ + DSP48	Тактова частота, МГц
3	238	710
3	198 + 1	433
4	215	548

5	824	471
8	1187	424
15	1460	312
16	4228	292
$128 = 8 \times 16$	$6209 + 4$	330

Тактова частота модулів дорівнює частоті дискретизації сигналу. Вона є доволі високою і зменшується зі збільшенням складності модуля. Це роз'яснюється тим, що через складність розміщення та трасування на затримку у лініях зв'язку припадає 70-80% від загальної затримки у критичному шляху.

Висновки

Реалізація алгоритмів малоточкового ДПФ у ПЛІС дає змогу одержати високопродуктивні конвеєрні процесори ШПФ з малими апаратними витратами. Встановлено, що модуль малоточкового ШПФ з уповільненням у L разів має велику тактову частоту і малі апаратні витрати за рахунок конвеєризації обчислень, використання власивостей шестивходових ЛТ ПЛІС, а також спеціалізованих блоків множення на константу. Деякі розроблені модулі ШПФ знаходяться у відкритому доступі для випробування та використання [6].

Перелік посилань

1. Lofgren J., Nilsson P. On hardware implementation of radix 3 and radix 5 FFT kernels for LTE systems // Proc. Norchip. -2011. -P. 1–4.
2. Greg Nash J. High-Throughput Programmable Systolic Array FFT Architecture and FPGA Implementations// International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC). - Honolulu, HI, Feb. 2014.
3. Quershi F., Garrido M., Gustafsson O. Unified architecture for 2, 3, 4, 5, and 7-point DFTs based on Winograd Fourier transform algorithm // Electronic Letters. -V.49. -N.5. -2013. -P.348 – 349.
4. Нусбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток. -М.: Радио и связь. -1985. -248 с.
5. Сергиенко А.М., Симоненко В.П. Отображение периодических алгоритмов в программируемые логические интегральные схемы //Электрон. моделирование. –2007.-Т.29, № 2. -С. 49-61.
6. Sergiyenko A., Usenkov O. Pipelined FFT/IFFT 128 points processor. - Режим доступа: http://opencores.org/project,pipelined_fft_128

СЕРГІЄНКО П.А.,
СЕРГІЄНКО А.М.,
СИМОНЕНКО А.В.

ЯДРО RISC-ПРОЦЕСОРА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ У ПЛІС

Рассмотрен проект шестнадцатиразрядного процессорного ядра, реализованного в ПЛИС. Система команд ядра адаптирована для исполнения алгоритмов компрессии и управления.

A soft IP core of the 16-bit RISC microprocessor for the FPGA implementation is considered. The core instruction set is adapted to implement the lossless compression, and control algorithms.

Вступ

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛИС) дають змогу реалізувати процесори зі спеціалізованою системою команд, завдяки чому мінімізуються апаратні витрати, енергоспоживання, а також оптимізується продуктивність процесора при виконанні певної множини задач. У [1] показана ефективність реалізації 8-розрядного мікропроцесора у ПЛИС, у якого мінімізована система команд. Тепер розробка процесорних ядер зі спеціалізованою системою команд (application specific instruction set processor – ASIP) є сталою тенденцією. Така розробка підтримується засобами САПР, такими як Synopsys Processor Designer, який використовує методику LISA [2].

Але множина архітектур таких процесорів обмежена 8- та 32-розрядними процесорами. Крім того, більшість процесорів орієнтована на виконання кількох обчислювальних процесів, включаючи роботу операційної системи. На виконання таких процесів потрібні суттєві часові та апаратні витрати [3].

У доповіді показано проектування 16-розрядного мікропроцесора RISC-ST2, система команд якого орієнтована на виконання алгоритмів компресії та керування та може бути швидко налаштована вручну.

Особливості архітектури процесорного ядра

Метою розробки RISC-ST2 було 16-розрядне процесорне ядро, яке має невеликі апаратні витрати і може бути налаштоване на виконання однієї задачі, яка має багато логічних операторів та обробку потоків даних з полями змінної довжини. Це, наприклад, пакування даних за алгоритмом LZW. Програма повинна повністю вміщуватись всередині ПЛИС і тому бажано мінімізувати її довжину. При необхідності виконання кількох паралельних задач кожна з них може виконуватись на окремому ядрі. Кілька ядер

можуть бути об'єднані у систему через свої регістри вводу-виводу та систему переривань.

За основу було взяте ядро RISC-ST, яке описане в [4]. При формуванні структури приймалися до уваги рекомендації проектування процесорів для ПЛИС, які приведені у [1]. Довжина команди була збільшена до 18 розрядів, що дало змогу збільшити кількість команд, оптимізувати ефективність їхньої реалізації та краще задіяти об'єм вбудованої пам'яті ПЛИС.

Завдяки тому, що сучасні ПЛИС мають шестирозрядні логічні таблиці (ЛТ) замість чотирьохрозрядних ЛТ, як у ПЛИС старих поколінь, з'являється можливість додавати велику кількість різних команд, несуттєво збільшуючи апаратні витрати та період тактового інтервалу.

Так, до ядра додано команди обробки окремих бітів слів, виділення бітових полів заданої довжини, злиття полів, зсуву слів, підрахунку числа нульових старших розрядів. Для реалізації швидкого доступу до асоціативної таблиці введено команду обчислення хеш-функції. У процесорі критичний шлях сигнали проходять по мережах, які забезпечують виконання команди DJNZ – декременту вказаного регістра та переходу при нерівності результату нулю.

Регістрова пам'ять процесора має 32 регістри. Причому командно доступними є 16 молодших регістрів. 16 старших регістрів доступні після перемикавання банку регістрів чи входу у режим переривання, причому вони мають адреси від 8 до 15. Щоби максимально задіяти можливості регістрової пам'яті, яка реалізована на ЛТ, у процесорі протягом одного такту виконується читання з трьох регістрів та запис у один регістр. При цьому операнд, на місце якого записується результат, зберігається у додатковому регістрі і може бути збережений у регістровій пам'яті за наступною командою.

Використовуються такі види адресації, як регістрова, базова, індексна з преінкрементом.

Адресно доступні до 256 периферійних регістрів. Такі регістри можуть слугувати регістрами вводу-виводу спецпроцесорів, які виконують швидкісні обчислення, як наприклад, обчислення елементарних функцій, цифрову обробку сигналів, шифрування.

Пам'ять даних розбита на сторінки по 256 байт і має максимальну ємність 16 мегабайт. Для доступу до пам'яті даних використовується стандартний відкритий інтерфейс Wishbone.

Завдяки тому, що конвеєр команд є трьохступеневим, більшість команд виконується за один такт, а команди переходу та читання пам'яті – за два такти. Причому при виконанні команд переходу та тривалого доступу до пам'яті даних конвеєр призупиняється.

Виклик підпрограм виконується також за два такти, під час чого адреса повернення та прапорці умов зберігаються у апаратному стеку. Переривання реалізовані як виклик підпрограми за адресою, яка є вектором переривання. Причому контекст задачі, який зберігається у старших регістрах, змінюється автоматично зі входом у переривання та виходом з нього завдяки перемиканню банків регістрів. Зарезервовано 16 векторів переривань.

Результати реалізації ядра

Ядро мікропроцесора описане мовою VHDL і не має обмежень для синтезу та конфігурування у ПЛІС будь-якої серії. Модель процесора має вбудований дизасемблер, який спрощує тестування та відлагодження програм. Розроблено програму дизасемблера на мові Java, виходом якої є VHDL-файли блоків пам'яті даних та програм процесора.

У таблиці 1 показані результати синтезу процесора для різних серій ПЛІС. У останньому рядку приведено для порівняння параметри 16-розрядного триступеневого RISC-процесора, який був розроблений за методикою LISA [3].

Табл. 1. Результати конфігурування процесорів у ПЛІС

ПЛІС Xilinx	Апаратні витрати, ЛТ	Тактова частота, МГц	Прим.
Kintex-7	780	237	1
Kintex-7	849	142	
Spartan-6	721	87	
Spartan-3	1265	48	
Spartan-3	722	70	2
Spartan-3	3602	74	3

Примітки: 1. Процесор без ускладнених команд. 2. Процесор RISC-ST [4]. 3. Процесор NanoBlaze [3].

Слід відмітити, що в ПЛІС Kintex-7 та Spartan-6 використовуються шестивходові ЛТ, а в Spartan-3 – чотирьохходові ЛТ.

За статистикою, у сучасних ПЛІС на один блок пам'яті припадає, в середньому, 300 ЛТ. Отже, процесор має доволі невеликі апаратні витрати – стільки, скільки припадає на 2 - 3 блоки пам'яті. Ці витрати є значно меншими, ніж у аналога та у семеро разів менше, ніж у 32-розрядного MicroBlaze [3]. Наприклад, у порівняно дешевій ПЛІС Artix-35T вміщується до 45 процесорних ядер.

Тактова частота, яка є нижчою на 67% від можливої, зобумовлена використанням ускладнених команд, таких як DJNZ. Але такі команди замінюють собою кілька простіших команд і спрощують програмування.

Висновки

Розроблено ядро RISC-процесора зі спеціалізованою системою команд. Завдяки тому, що процесор орієнтований на виконання лише одного обчислювального процесу та обробки переривань, він має невеликі апаратні витрати та високу швидкодію. Він призначений для виконання алгоритмів безвратної компресії та керування. При зміні системи команд, яка є нескладною, процесор може бути використаний для інших потреб, наприклад, для цифрової обробки сигналів, розпізнавання образів тощо.

Перелік посилань

1. Сергієнко А.М., Лепеха В.Л. Деякі особливості проектування мікроконтролерів для СНК // Вісник НТУУ «КПІ», сер. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. –Т.50. –2009. –с.70-73.
2. Synopsys Processor Designer. Automating the Design and Implementation of Custom Processors and Programmable Accelerators// Synopsys, Inc. - 2010. – 3р. Available at www.synopsys.com.
3. Meyer-Baese U. Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays. 4-th Ed. - Springer. - 2014. - 930 p.
4. Сергієнко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств. -К.: -»ДиаСофт». -2003. -210 с.

*НЕСТЕРЕНКО С.А.
СТАНОВСЬКИЙ А.О.
ОБОРОТОВА О.О.*

ЯДРО ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ СТАНУ СТРУКТУРИ ВІДДАЛЕНИХ БЕЗДРОТОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ RISC-ПРОЦЕСОРА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ У ПЛІС

Проаналізовані існуючі методи структурної діагностики бездротових комп'ютерних мереж та шляхи застосування прихованих марковських моделей для розпізнавання станів мережевих систем

The existing methods of structural diagnostics of wireless networks and ways to use hidden Markov models to recognize the status of network systems were analyzed.

Останнім часом все більшого поширення набувають бездротові комп'ютерні мережі (БКМ), які дозволяють значно краще пристосовуватись до потреб великої кількості користувачів інформаційних систем. Широке використання таких мереж призводить до росту вимог до їхньої надійності, відмово стійкості та продуктивності. Висока продуктивність мережі забезпечується, в першу чергу, відсутністю явних і схованих вузьких місць і дефектів, що призводять як до параметричного уповільнення швидкості роботи в мережі, так і до структурної недосяжності окремих елементів БКМ із-за виходу з ладу процесорів та комунікаційних компонентів. При цьому істотним є час, затрачуваний на відновлення працездатності мережі.

При проектуванні та експлуатації БКМ важливо вміти оцінювати стан їхньої структури також тому, що саме від нього залежить працездатність мережі на протязі запланованого життєвого циклу. На відміну від «звичайних» дротових мереж, бездротові позбавлені можливості постійного внутрішнього моніторингу своєї структури. Справа ускладнюється також тим, що елементи БКМ не мають сталих «сусідів» для взаємотестування, оскільки вони часто-густо переміщуються в просторі, постійно змінюючи перелік найближчих серверів та вузлів іншого призначення.

Розв'язок завдань структурного діагностування БКМ являє собою складне завдання ще й тому, що мережні структурні несправності діляться на різні типи, для пошуку кожного з яких необхідно використовувати різні методи і види діагностичного обладнання. Пошук і усунення несправностей програмного забезпечення, як правило, не входить до завдання структурного діагностування БКМ, і звідси виникає додаткова проблема відділення несправностей прикладного програмного забезпечення від несправностей мережі.

Крім цього, пошук структурних несправностей навіть одного типу ускладнюється відсутністю єдиного формалізованого підходу, загального алгоритму дій адміністратора-діагноста. У практиці структурного діагностування БКМ використовуються різні способи їхнього представлення як об'єкта діагностування, кожний з яких має свої переваги і недоліки, але не є єдиним.

Відсутність формалізованого методу визначення області підозрюваних несправностей приводить до високих часових витрат на проведення діагностичного експерименту і, отже, на пошук несправності. Також наразі відсутня єдина формалізована методологія, що дозволяє локалізувати кожну з видів несправностей.

Це призводить до необхідності наявності в діагноста досить високого рівня досвіду і знань в області мережних технологій для забезпечення коректності постановки діагностичного експерименту. Зазначені проблеми обумовлюють високі часові витрати на пошук несправності, а також звужують діапазон суб'єктів, що забезпечують коректне розв'язання завдання пошуку структурної несправності, що, в свою чергу, призводить до високої трудомісткості й складності розв'язання даної проблеми.

В той же час, на серверах БКМ під час її роботи накопичується багато інформації, яка може взагалі не використовуватися користувачами для основної роботи, але яка, в той же час, містить на прихованому рівні важливі знання про структуру мережі та її «історію» від початку експлуатації до поточного часу.

Важливо, що з виходом з ладу окремих структурних одиниць системи, інформація, яка зберігається на доступних вузлах залишається (до певних меж) інформативною з точки зору діагностики.

Звісно, такі знання носять безумовно ймовірнісний характер, але використання сучасних

інтелектуальних методів «витагування» корисних знань з, на перший погляд, неінформативних трендів (нейронні мережі, марковські моделі, тощо) робить цей шлях до діагнозів структури БKM вельми актуальним.

Метою роботи є розробка системи підтримки прийняття рішень при проектуванні та експлуатації БKM за рахунок створення методу їхньої структурної діагностики за допомогою прихованих марковських моделей.

Для досягнення цієї мети в роботі були проаналізовані існуючі методи та моделі структурної діагностики БKM та шляхи застосування прихованих марковських моделей для розпізнавання станів мережеских систем; розроблений метод структурної діагностики БKM за допомогою прихованих марковських моделей, зокрема, визначені засади навчання прихованої марковської моделі та діагностики резервованих комп'ютерних мереж; досліджений на точність та адекватність метод структурної діагностики БKM за допомогою прихованих марковських моделей.

Розглянуто питання розпізнавання стану структури прихованої частини складних мережеских об'єктів в умовах обмеженої інформації від їх важкодоступних елементів, що включають інтелектуальне перетворення інформації від доступних елементів в певний зоровий образ всього об'єкта в цілому з подальшим його розпізнаванням і відновленням пошкоджених структур.

Запропонований метод розпізнавання стану мережеских об'єктів ліг в основу побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень при експлуатації та реінжинірингу відновлюваних БKM з недоступними для безпосереднього моніторингу елементами, що підвищують структурну надійність таких мереж.

Як відомо, на серверах БKM під час її роботи накопичується багато інформації, яка може взагалі не використовуватися користувачами для основної роботи, але яка, в той же час, містить на

прихованому рівні важливі знання про структуру мережі та її «історію» від початку експлуатації до поточного часу.

Важливо, що з виходом з ладу окремих структурних одиниць системи, інформація, яка зберігається на доступних вузлах залишається (до певних меж) інформативною з точки зору діагностики.

Звісно, такі знання носять безумовно ймовірнісний характер, але використання сучасних інтелектуальних методів «витагування» корисних знань з, на перший погляд, неінформативних трендів (нейронні мережі, марковські моделі, тощо) робить цей шлях до діагнозів структури БKM вельми актуальним.

В роботі запропонований інтелектуальний метод розпізнавання структури частково недоступного для моніторингу мережеского об'єкта.

Хай об'єктом нашого розгляду є БKM із частково недоступними для будь-якого моніторингу елементами, яка під час експлуатації ще й частково пошкоджується (для спрощення будемо без втрат для загальних розмірвань вважати, що будь-який елемент мережі може знаходитися лише в одному з двох станів: працездатному або непрацездатному). Таким чином з однієї та тієї ж БKM, тобто з усіх її елементів виділяються дві підмережі: *частково недоступна моніторингу та частково пошкоджена* або дві множини елементів: *недоступні (множина НМ) та пошкожені (множина ПШ)*.

Перетворення структури БKM до зорового образу с подальшою інтелектуальною обробкою останнього надає можливість на етапі обробки враховувати кілька образів, побудованих з використанням різних параметрів системи, та їхніх похідних, що підвищує достовірність результатів аналізу.

РОЛИК А.И.,
ТИМОФЕЕВА Ю.С.

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ С АТИПИЧНЫМ СОСТОЯНИЕМ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОННЫХ Р-СИСТЕМ

В роботі запропоновано метод виявлення елементів ІТ-інфраструктури з атипичним станом. Розглядається використання імпульсних нейронних р-систем для пошуку несправних елементів ІТ-інфраструктури. Розроблено структуру підсистеми пошуку елементів з атипичним станом та прогнозування несправностей.

Method of detection of the information and telecommunication infrastructure elements with atypical condition was proposed. The application of spiking neural P systems to fault diagnosis of IT-infrastructure was discussed. The structure of the system for fault diagnosis and prediction was presented.

Основное назначение ИТ-инфраструктур заключается в предоставлении пользователям высококачественных ИТ-услуг [1]. Существенная стоимость создания и обслуживания ИТ-инфраструктур, а также значительная зависимость эффективности бизнеса от качества ИТ-услуг, требует оперативного выявления неисправностей и максимально быстрого восстановления штатного режима функционирования ИТ-инфраструктуры. Поэтому решаемая в данной работе задача разработки метода выявления элементов ИТ-инфраструктуры с атипичными состоянием или динамикой изменения состояния является актуальной.

В работе [2] введено понятие объекта мониторинга и управления (ОМУ), с которым оперирует система управления ИТ-инфраструктурой (СУИ). Состояние ОМУ определяется значениями набора параметров.

Предлагается представить совокупность ОМУ и взаимосвязей между ними в виде импульсной нейронной р-системы. Р-системы предложены в работе [3], а в [4] рассматриваются аспекты объединения р-систем с импульсными нейронными сетями. Импульсные нейронные р-системы представляют собой нейроны, расположенные в вершинах направленного графа, связанные между собой синапсами. Каждый нейрон может получать, содержать и излучать импульсы. Нейрон аккумулирует приходящие импульсы и активируется только тогда, когда их количество и/или интервалы между ними достигают заданного значения. Условия активации нейрона определяются правилами. Активированный нейрон посылает импульс по всем исходящим синапсам. Между активацией нейрона и импульсом проходит определенное время. При активации поглощенные нейроном импульсы аннулируются. Имеется возможность удалять накопленные импульсы без активации нейрона, например, если интервал между импульсами превышает заданный.

В работах [5], [6] рассматривается применение импульсной нейронной р-системы с нечеткой логикой для выявления неисправностей в системах энергоснабжения.

Представим совокупность ОМУ и взаимосвязей между ними в виде импульсной нейронной р-системы следующим образом:

$$G = (P, o_1, \dots, o_n, S, A, B), \quad (1)$$

где P — множество импульсов, которыми при управлении ИТ-инфраструктурой являются случаи превышения значениями параметров ОМУ пороговых величин; o_1, \dots, o_n — нейроны, которым соответствуют ОМУ; S — матрица, описывающая связи между нейронами — синапсы, A, B — множества входных и выходных нейронов.

В качестве входных нейронов принимаются ОМУ нижнего уровня, выходных — ОМУ верхнего уровня, состояние которого необходимо определить.

Нейроны представляются в виде

$$o_i = (\theta_i, c_i, r_i), \quad (2)$$

где θ_i — количество импульсов, накапливающееся в i -ом нейроне до его активации; c_i — количество импульсов, передающееся по исходящим синапсам от i -ого нейрона; r_i — множество правил активации i -ого нейрона.

В предлагаемом методе выявление ОМУ с атипичным состоянием производится следующим образом. Значения параметров, поступающие от подсистемы мониторинга СУИ в виде нечетких переменных, накапливаются в нейроне. Активация нейрона, представляющего ОМУ, будет означать, что состояние ОМУ ухудшилось. С помощью правил задаются условия активации. Например, только поступление определенного количества импульсов о превышении параметром заданного значения в течение определенного времени приведет к активации нейрона.

Также прописываются правила, задающие условия аннулирования накопленных импульсов без активации нейрона. Например, в том случае, если следующий импульс не поступил через заданное время. Это позволит отсеять случаи сбоев в работе ИТ-инфраструктуры.

Правила формируются на основе мнений экспертов, но возможно также построение правил на основе анализа накопленных подсистемой мониторинга данных.

Активированный нейрон испускает заданное количество импульсов по всем исходящим синапсам. Количество импульсов позволяет отобразить степень влияния данного ОМУ нижнего уровня на ОМУ уровнем выше.

По выходу нейрона верхнего уровня можно определить ухудшение состояния соответствующего ему ОМУ, а по цепочке активированных нейронов — источник неисправности.

Представление дерева ОМУ в виде импульсной нейронной р-системы позволит проанализировать реакцию ИТ-инфраструктуры на изменения условий функционирования. В качестве входных параметров предлагается использовать данные подсистемы мониторинга.

Разработана структура подсистемы СУИ, выявляющая ОМУ с атипичным состоянием. Задачей подсистемы является анализ поведения ИТ-инфраструктуры, поиск и прогнозирование

неисправностей и функциональных отказов. Подсистема состоит из модулей построения рсистем, преобразования входных параметров, формирования правил и анализа. Модуль построения рсистем получает данные о дереве ОМУ и формирует структуру импульсных нейронных рсистем, моделирующих дерево ОМУ или его часть. Модуль преобразования входных параметров получает данные от подсистемы мониторинга и преобразует их в нечеткие переменные для использования в импульсных нейронных рсистемах. Модуль формирования правил позволяет задавать и изменять правила активации нейронов, а также правила обнуления накопленных импульсов без активации нейрона. Данные от модулей поступают в модуль анализа СУИ [2], где происходит моделирование работы импульсных нейронных р-систем. Выходные данные представляются в виде дерева ОМУ, соответствующих активированным нейронам, и могут быть использованы для анализа динамики функционирования ИТ-инфраструктуры и прогнозирования неисправностей.

Применение предложенного метода выявления ОМУ с атипичным состоянием позволяет оперативно локализовать неисправности, восстановить штатный режим функционирования ИТ-инфраструктуры, повысить эффективность управления уровнем услуг.

Список литературы

1. Ролик А.И. Декомпозиционно-компенсационный подход к управлению уровнем услуг в корпоративных ИТ-инфраструктурах / А.И. Ролик // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, – 2013. – № 58. – С. 78–88.
2. Ролик А.И. Система управления корпоративной информационно-телекоммуникационной инфраструктурой на основе агентского подхода / А.И. Ролик, А.В. Волошин, Д.А. Галушко, П.Ф. Можаровский, А.А. Покотило // Вісник НТУУ «КПІ»: Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: «ВЕК+», 2010. – № 52. – С. 39–52.
3. Paun G. Computing with Membranes/ G. Paun// Journal of Computer and System Sciences. – 2000. – Vol.61(1). – P. 108–143.
4. Ionescu M. Spiking Neural P Systems/ M. Ionescu, G. Paun, T. Yokomori// Fundamenta Informaticae – 2006. – Vol.71. – P. 279-308.
5. Peng H. Fuzzy Reasoning Spiking Neural P System for Fault Diagnosis/H. Peng, J. Wang, M.J. Perez-Jimenez, H. Wang, J. Shao, T.Wang// Information Sciences – 2013. – Vol.235. – P. 106–116.
6. Wang T. Application of fuzzy reasoning spiking neural P systems to fault diagnosis/ T. Wang, G.X. Zhang, H.N. Rong, M.J. Perez-Jimenez// International Journal of Computers Communications and Control. – 2014. – Vol.9(6). – P.786–799.

ПАВЛОВ А.А.,
ХАЛІУС Е.А.

СОСТАВЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО РАСПИСАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПО КРИТЕРИЮ МИНИМИЗАЦИИ СУММАРНОГО ОПЕРЕЖЕНИЯ РАБОТ

Розглянута задача складання допустимого розкладу виконання незалежних робіт з різними тривалостями та директивними термінами одним приладом, при якому мінімізується сумарне випередження директивних термінів. Запропоновано ПДС – алгоритм знаходження оптимального розкладу за критерієм мінімізації сумарного випередження.

We considered a problem of creation of feasible schedule of performing an independent operations with different durations and due dates of a single device, in which the minimum of the total earliness of due dates is achieved. We consider PDS – an algorithm for finding an optimal schedule on criteria of minimizing the total earliness.

Введение

В теории расписаний особое место занимают задачи с одним прибором. Результаты, получаемые при исследовании таких задач, могут быть использованы для построения алгоритмов решения сложных задач со многими приборами и многостадийных задач, возникающих на практике. Классические задачи теории расписаний с одним прибором являются схематичными теоретическими моделями многих задач, встречающихся на практике.

Постановка задачи

Задано множество независимых работ $J = \{1, 2, \dots, n\}$, каждая из которых состоит из одной операции. Для работы $j \in J$ известны длительность выполнения p_j и директивный срок выполнения d_j . Прерывания работ не допускаются. Работы поступают в систему одновременно. Процесс выполнения работ является непрерывным: после выполнения первой по порядку работы сразу же начинает выполняться вторая и т.д. Необходимо найти допустимое расписание, в котором суммарное опережение моментов окончания выполнения работ относительно директивных сроков принимает минимальное значения.

Эта задача является близкой к двухкритериальной задаче, рассмотренной в [1,2], в которой требуется найти допустимое расписание, в котором момент запуска работ является максимально поздним (*критерий 1*), а суммарное опережение выполнения работ относительно директивных сроков принимает минимальное значения (*критерий 2*). В рамках решения двухкритериальной задачи предполагалось, что первичным критерием являлся *критерий 1*. В некоторых практических задачах основным критерием оценки

расписания является *критерий 2* – минимизация суммарного опережения, именно этот критерий и рассматривается в данной работе.

Для решения рассматриваемой задачи были использованы результаты, полученные при исследовании двухкритериальной задачи [1,2]. Так, в работе [1] был разработан алгоритм A определения самого позднего момента запуска выполнения работ в системе $n/1/r \rightarrow \max$, при котором расписание остается допустимым..

Отметим, что при ухудшении расписания по критерию 1 (при смещении его влево) можно получить расписание, которое по критерию 2 лучше предыдущего.

Одним из подходов к эффективному решению как труднорешаемых (NP-полных) задач комбинаторной оптимизации, так и в некоторых случаях P – разрешимых задач комбинаторной оптимизации является разработка ПДС – алгоритмов [1]. Данная задача решается ПДС – алгоритмом второго типа: кроме P – составляющей он содержит полиномиальную аппроксимацию точного алгоритма (приближенное решение, полученное в случае не выполнения достаточных условий оптимальности).

В работе [3] определены два признака оптимальности допустимого расписания.

Принципиальная схема ПДС-алгоритма

Вначале для r_{\max} строится оптимальное по критерию 2 расписание. Если для него выполняется признак 1) признака оптимальности, то полученное расписание оптимально. Если не выполняется, то применяется полиномиальный алгоритм, который изменяет моменты запуска выполнения заданий от r_{\max} до 0 и применяя рекуррентно процедуру из теоремы 5 [2] позволяет

получить ряд расписаний, оптимальных для моментов запуска

$$r_{max}, r_1, r_2, \dots, r_k,$$

Где: $r_1 = r_{max} - \Delta_1, r_2 = r_1 - \Delta_2, \dots, r_k = r_{k-1} - \Delta_k$.

r_1, r_2, \dots, r_k — дискретные моменты изменения структуры оптимального по критерию 2 расписания, когда меняется позиция хотя бы одного задания (K - заданное число).

Если на каком-то этапе выполняется признак оптимальности 2), то точное решение находится в отрезке $[r_l, r_{max}]$, это одно из значений

$r_l, r_{l-1}, \dots, r_{max}$, если $l \leq k$. Если же на k структурных изменения расписаний признак оптимальности 2) не выполняется, то находим минимальное значение суммарного опережения на всех дискретных моментах изменения структур. И таким образом, получим приближенное решение, но точное $\forall r \in [r_l, r_{max}]$.

Проиллюстрируем процесс решения задачи с помощью алгоритма нахождения оптимального расписания по критерию минимизации суммарного опережения графически (рисунок 1) [3].

Заданы шесть работ с различными директивными сроками и соответствующими длительностями.

Выводы

Рассмотрена задача теории расписаний выполнения множества работ с различными директивными сроками одним прибором, в которых

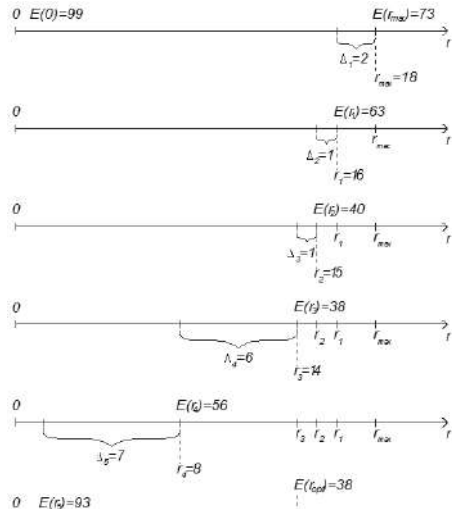


Рис.1 Пошаговый процесс нахождения оптимального расписания по критерию минимизации суммарного опережения

все работы должны быть выполнены без нарушения их директивных сроков и минимизировано суммарное опережение моментов окончания работ от их директивных сроков. Продемонстрирован процесс решения задачи ПДС - алгоритмом нахождения оптимального расписания.

Список литературы

1. Павлов А.А. Исследование свойств задачи календарного планирования для одного прибора по критерию минимизации суммарного опережения заданий при условии допустимости расписания / А. А. Павлов, Е.Б. Мисюра, О.А. Халус // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2012. – №56.– С. 98–102.
2. Згуровский М.З. Задача построения допустимого расписания с максимально поздним моментом запуска и минимальным суммарным опережением / М.З.Згуровский, А. А. Павлов, О.А. Халус // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2015. — № 2. — 12 с.
3. Павлов А.А. Составление допустимого расписания выполнения работ на одном приборе с целью минимизации суммарного опережения работ [Текст] / А.А. Павлов, Е.А. Халус // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2014. – №61. – 27-35 с.

ДОРОШЕНКО А.Ю.,
ШИХУТСЬКА С.О.

КЛАСТЕРНИЙ МОДУЛЬ УПРАВЛІННЯ РОБОЧИМИ ПРОЦЕСАМИ ДЛЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОПЕРАЦІЙ ОПЕРАТОРА ЗВ'ЯЗКУ

Запропонована паралельна реалізація модуля управління робочими процесами для системи підтримки операцій оператора зв'язку, побудована на основі фреймворку Hadoop. Проведене первинне дослідження цієї реалізації на прикладі прикладної задачі пошуку слів, що співпадають із шаблоном, у файлах великого розміру.

Provided the parallel distributed implementation of workflow management module for operation support system for telecommunication providers based on Hadoop framework. Conducted primary research for this implementation based on common problem of searching words that matching some pattern in the files with big size.

Вступ

Сьогодні телекомунікаційні оператори зв'язку стараються автоматизувати як можна більше своїх промислових та робочих операцій. Для цього використовуються системи підтримки операцій – системи OSS (Operation Support System)[1]. Системи OSS комплексні та складаються з різноманітних модулів та систем, що взаємодіють між собою. Її основою є модуль управління робочими процесами, який займається інтеграцією різних систем між собою, забезпечує їх спільне виконання та можливість управління робочим процесом. В роботі запропонована модифікація модуля управління робочими процесами, яка вдосконалила модуль управління робочими процесами та дозволить швидко обробляти великі об'єми даних[2]. Задача створення механізму, що зможе компонувати класичні паралельні обчислення з розподіленими, й матиме гнучку конфігурацію, є актуальною на сьогодні. У роботі запропонована архітектура гнучкого та розширюваного інструменту[2] для побудови бізнес процесів в предметному середовищі OSS систем для операторів зв'язку, що здатен компонувати класичні паралельні обчислення з розподільними обчисленнями на базі Java-фреймворку Apache Hadoop[6]. Також було описано прототип подібного модуля, створеного на основі запропонованої архітектури з використанням наступних фреймворків: Hibernate[4], Spring IoC[3] та Spring Security[3].

Паралельно-розподілена реалізація пошуку слів у файлах великого розміру

Для проведення дослідів було змодельовано два процеса. Перший складався із задачі, сконфігурованої для послідовної обробки даних. Другий складався із однієї задачі, сконфігурованої для розподіленої обробки даних. В якості шаблону, по якому проводився пошук, було використано наступний регулярний вираз:

$(.*)+(\backslash b(25|0-5)|2|0-4|0-9|01|?|0-9|0-9|?)$
 $(\backslash |$)|4|\backslash b)*(.*)+$

Для проведення тестування системи, було створено один Hadoop[5] кластер, що містив в собі дві та чотири віртуальні DataNode[6] ноди – по одному ядру кожна.

Обчислення послідовно запускалися на одній ноді та паралельно на двох та на чотирьох декілька разів для файлів наступних розмірів: 50Mb, 100Mb, 400 Mb, 600Mb та 1Gb.

Для кожного із випадків були проведені виміри часу.[10]

В результаті дослідження були отриманні наступні середні значення для кожної із умов:

Обсяг файлу (Mb)	Послідовно 1 нода (Т, с)	Паралельно 2 ноди (Тр, с)	Паралельно 4 ноди (Тр, с)
50	4.674	5.417	4.704
100	8.967	7.129	6.839
400	34.925	14.145	8.142
600	52.508	20.081	4.093
1000	85.522	14.286	2.620

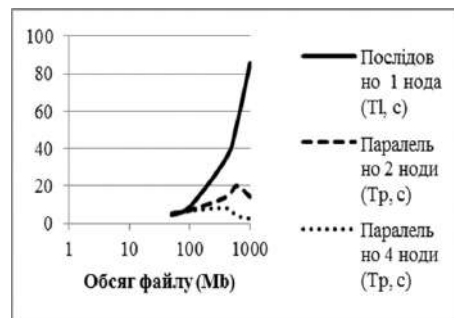


Рисунок 1 – порівняльний графік часу, затраченого на обробку файлів різного об'єму на 1, 2 та 4х нодах

З рисунку 1 видно, що за послідовної обробки файлів при збільшенні їхнього обсягу час їх-

ньої обробки та аналізу збільшується практично лінійно.

Тестування паралельної розподіленої обробки файлу показало, що на малих розмірах файлів результати практично співпадають з послідовною обробкою. Проте при збільшенні обсягу даних, паралельна розподілена обробка показує значно кращі результати.

Висновки

У роботі запропонована архітектура модуля управління робочими процесами для OSS системи оператора зв'язку та його модифікація для виконання окремих незалежних операцій з обробки даних паралельно та розподільно. Для цієї реалізації було обрано фреймворк Apache Hadoop.[5]

Розроблене «ядро» модуля системи інтегровано з інструментами, що дозволяють проводити розподілені паралельні обчислення, та було перевірено на задачі підрахунку слів, що співпадають зі шаблоном, у файлах великих розмірів. Отримані результати дослідження демонструють значний приріст у швидкодії цієї системи, що підтверджує ефективність обраної архітектури та реалізації.

Одним із головних надбань даного рішення є те, що розроблений модуль управління робочими процесами для OSS системи оператора зв'язку дозволить не тільки нарощувати ресурси для більш швидкої обробки даних користувачів, а і гнучко конфігурувати бізнес процеси. Рішення є масштабованим та легко підтримуваним.

Перелік посилань

1. What is BPM? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bpm.com/what-is-bpm.html> .
2. Service-oriented architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture
3. Spring Guides [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spring.io/guides>
4. Hibernate ORM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hibernate.org/>.
5. Hadoop 2 Essentials: An End-to-End Approach [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.amazon.com/Hadoop-Essentials-End-to-End-Approach/dp/1495496120/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1408657210&sr=1-1&keywords=Hadoop+2+Essentials
6. Learning Apache Hadoop [Електронний Ресурс]. – Режим доступу: <http://shop.oreilly.com/product/110000753.do>

ЮРЧУК Л.Ю.
ПОКРОВСЬКИЙ С.О.

КУЛЬТУРА БЕЗПЕКИ В СИСТЕМНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Рассматриваются вопросы развития компетенции «культура безопасности» в подготовке специалистов по системной инженерии

Some issues of the «safety culture» competence in training the specialists in system engineering are being considered

Потреби суспільства, розвиток науки та технологій вимагає створення все більш складних та небезпечних для людини та екології (у широкому розумінні) техногенних виробничих об'єктів. Через недооцінку чи ігнорування проблем безпеки щорічні втрати людства сягають більше 10 % глобального валового продукту [1].

На сьогодні технічні рішення забезпечення безпеки виробництв практично підходять до кінця своїх можливостей і подальше підвищення безпеки пов'язано з людським фактором, який відіграє вирішальну роль у багатьох аваріях. Але проблеми, зумовлені ним, ще далекі від вирішення і це привело до виникнення нової галузі знання - культури безпеки - спрямованої на підвищення мотиваційної надійності працівників.

Поняття «культура безпеки» вперше з'явилося в процесі аналізу причин і наслідків Чорнобильської аварії, здійсненого Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ). Було визнано, що саме відсутність культури безпеки стала однією з причин трагедії. Міжнародна консультативна група з ядерної безпеки при Генеральному директорі МАГАТЕ запропонувала наступне визначення цього поняття: «Культура безпеки – це такий набір характеристик і особливостей діяльності організацій та поведінки окремих осіб, який встановлює, що проблемам безпеки атомних станцій, як таким, що мають вищий пріоритет, приділяється увага, яка визначається їх значущістю». І хоча спочатку цей термін використовувався у сфері атомної енергетики у пізнішій редакції він був розширений «... що проблемам захисту та безпеки, як таким...» на всі сфери техногенної діяльності. Тобто це комплексна характеристика безпеки підприємства, що відображає організацію технологічних процесів та стан підготовки персоналу, що відповідає допустимим ризикам (тяжким аваріям) [2].

В науковій літературі культура безпеки визначається як рівень розвитку людини і суспільства, що характеризується значущістю забезпечення безпеки життєдіяльності в системі

особистісних і соціальних цінностей, безпечної поведінки в повсякденному житті і в умовах небезпечних та надзвичайних ситуацій, рівнем захищеності від загроз і небезпек в усіх сферах життєдіяльності.

Виходячи з цього її складовими визнаються:

- на індивідуальному рівні – це світогляд, норми поведінки, індивідуальні цінності і підготовленість людини у сфері безпеки життєдіяльності;
- на колективному рівні – корпоративні цінності, професійна етика та мораль, підготовленість персоналу у сфері безпеки;
- на суспільному рівні – традиції безпечної поведінки, суспільні цінності, підготовленість всього населення у сфері безпеки життєдіяльності [1].

Одним з напрямків підготовки фахівців, що створюють та експлуатують потенційно небезпечні об'єкти (системи) є «Системна інженерія – міждисциплінарний підхід, що визначає повний набір технічних і управлінських зусиль, необхідних для перетворення сукупності потреб клієнта, очікувань і обмежень у рішення і для підтримки цих рішень протягом їхнього життя». У загальному випадку системна інженерія інженерія (СІ) охоплює широке коло систем, що відрізняються призначенням, галузю застосування, складністю, розміром, новизною, адаптованістю, кількісними характеристиками, місцем розташування, часом життя і еволюції. Крім того вона «...застосуєма до повного життєвого циклу системи, включаючи задум, розробку, виробництво, експлуатацію та зняття з експлуатації, а також придбання і постачання систем, здійснюваних всередині або поза організацією» [3].

Підготовка фахівців з СІ широко проводиться у всіх розвинених країнах і до цього процесу підключилася Україна. У світовій практиці визначені основні характеристики, яким повинен відповідати такий фахівець. Серед них визначено «переконаність у тому, що слід сподіватися на краще, але планувати найгірше; це передбачає,

зокрема, постійну перевірку системним інженером деталей, які стосуються забезпечення технічної цілісності системи» [4]. У цьому визначенні основна увага приділена технічній стороні забезпечення безпеки і не приділена увага компетенціям, пов'язаним з «культурою безпеки», хоча вони повинні забезпечити надійність та безпечність результатів їх діяльності. Нормативна дисципліна «Безпека життєдіяльності» не забезпечує в повній мірі сучасний підхід до забезпечення безпеки. І практично не спроможна самостійно виховати культуру безпеки бо це процес тривалий та багатограний.

Взагалі склалася ситуація коли «Незважаючи на те, що Державне підприємство «НАЕК Енергоатом» в 2014 році провело сьому (!) міжнародну науково – практичну конференцію з питань культури безпеки ця ідеологія ще не тільки не застосовується у навчальному процесі, але і невідома багатьом фахівцям» [5].

Фахівцями з безпеки розроблена концепція освіти з безпеки, яка пропонує включати відповідні спеціальні дисципліни, що прищеплюють елементи культури безпеки, у навчальні плани підготовки бакалаврів на всіх курсах. Сподіватися, що ця концепція буде реалізована в повному обсязі дуже важко. Інший шлях – залучення до впровадження елементів культури безпеки широкого загалу викладачів спеціальних дисциплін при викладанні своїх дисциплін. Цей підхід вимагає в першу чергу широкого освітлення питань культури безпеки взагалі і впровадження цієї ідеології у коло викладачів ВНЗ.

Викладачі кафедри розпочинають діяльність по впровадженню у свої дисципліни інформації, що буде підтримувати загальні тенденції впровадження принципів культури безпеки у професійну діяльність майбутніх фахівців.

Перелік посилань

1. Проблеми впровадження культури безпеки в Україні. - К.: НІСД, 2012. - 17 с.
2. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. Издание 2007 года. – Международное агентство по атомной энергии. – Вена. – 2008, 303 с.
3. ДСТУ ISO/IEC 15288:2005 Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем (IDT)
4. Репнікова Н.Б., Писаренко А.В. “Системна інженерія” як напрям підготовки фахівців: світові тенденції та вітчизняні завдання - Вища школа 2014-№1, с. 42-48
5. Бегун В.В., Гречанинов В.Ф. Науковці розробили нову концепцію освіти з безпеки. – К., 2015. Вища освіта. Інформаційно-аналітичний портал про вищу освіту в Україні та за кордоном. - Режим електронного доступу: vnz.org.ua/statti/7502

МЕЛАНЧЕНКО А.Г.,
ЯКОВЛЕВ В.Ф.,
ЧМУЛЬ Д.А.

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКИ МЕНЯЮЩЕЙСЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ

Приведені фактори, що впливають на функціонування об'єктів в групі, та «правила поведінки» цих об'єктів при виконанні спільного завдання. Детально розглядається один з окремих випадків.

It is presented factors affected the operation of objects in the group, and it is "behavior rules" of this objects during performance of a total task. It is considered in details one of the special cases.

Назначение и область применения

Перераспределение целей может осуществляться в случаях, когда несколько мобильных автоматов (в дальнейшем будем называть объектами) обслуживают несколько целей. Применяется перераспределение целей для обеспечения повышения эффективности выполнения общей поставленной задачи, при этом полагается, что условия окружающей среды (оперативная обстановка) динамически меняется таким образом, что прогнозировать её изменения невозможно, но объекты должны оперативно реагировать на изменения оперативной обстановки. Алгоритмы перераспределения целей определяют «правила поведения в группе» каждого отдельно взятого объекта с целью достижения наилучшего результата. Данные правила были и остаются детальным объектом изучения с целью оптимизации человеческого труда, но ввиду активного развития искусственного интеллекта могут быть применимы в различных областях техники, в том числе робототехнике, в военной технике, в космической технике.

Постановка общей задачи

Пусть известен перечень целей. Необходимо распределить цели между объектами так, что выполнить общее задание наилучшим образом. Критерии качества выполнения общего задания определяются заранее. Например, обслуживание наиболее важных объектов, в случае, если объекты неравнозначны, или обслуживание наибольшего количества объектов в случае их равнозначности.

Отдельные задачи алгоритмов перераспределения целей, обеспечивающие выполнение общей цели

Определим общие факторы, влияющие на реализацию алгоритмов перераспределения целей.

Для скоординированного управления группой объектов необходимо чётко типизировать объекты и цели, получить априорную информацию о целях, определить способы контроля реализуемости поставленных задач, возможные воздействия внешней среды на объекты, и реакция объектов на внешние воздействия. Учитывая, что оперативная обстановка меняется случайным образом, то алгоритмы должны учитывать изменения свойств каждого объекта и каждой цели. Учёт изменений свойств объектов и целей обеспечивается физической средой передачи данных между объектами. При типизации объектов стоит определить равнозначность объектов либо их неравнозначность, возможности выполнения поставленной задачи каждым из объектов. Правила взаимодействия между объектами группы определяются протоколом обмена данными который необходимо определить таким образом, чтобы ни один из объектов не испытывал брака информации об оперативной обстановке. Для формирования протокола следует руководствоваться временными ограничениями, которые накладываются требованиями к скорости реакции объектов на меняющуюся оперативную обстановку, возможностями физической среды передачи данных, вычислительными и динамическими возможностями объектов, точностью синхронизации объектов. При определении основных характеристик целей следует задаваться такими параметрами, как достижимость данной цели для объектов и количество объектов, необходимых для обслуживания данной цели.

Частный случай реализации алгоритма

Предположим, что есть определённое количество целей. В данном рассматриваемом случае – это случайная величина в диапазоне от 2 до 15. Каждая цель характеризуется определённым коэффициентом приоритета и количеством объ-

объектов, необходимым для её обслуживания. Начальное количество объектов выбирается больше количества целей, но для данного случая не больше 20. Эффективность будем определять как отношение между суммой коэффициента приоритетов обслуженных объектов к сумме приоритетов всех целей. Предполагается, что все объекты равнозначны, однако не все цели доступны. В начальном состоянии объекты удалены от целей. Цель объектов – подойти к цели на достаточно близкое расстояние. Будем считать внешнюю среду агрессивной. Таким образом, часть объектов при приближении может получить отказ, что ведёт к уменьшению числа объектов. При этом вероятность получить отказ объектов, следующих к наиболее важной цели, выше, чем для объектов, следующих к менее важной. Под сменой оперативной обстановки будем понимать случаи, когда один из объектов достигает цели, либо один из объектов получает отказ. При этом после выполнения задания объект нельзя перенаправить на другую цель. Другими словами, будет считаться, что объекты используются разово. Считается, что каждый объект формирует и предаёт данные остальным объектам в строго определённое время. Интервал выдачи данных принимается равным 50 мс. Таким образом, на полное обновление данных о состоянии каждого объекта требуется время, не превышающее одну секунду. Для данного алгоритма был принят уведомительный способ обмена данными ввиду ограничений по времени реакции на изменения. Для его корректного функционирования алгоритм должен запускаться во всех объектах в одно время и должен выполняться однозначно для всех объектов.

При изменении оперативной обстановки другие объекты должны соответствующим образом отреагировать. Каждым из объектов может быть принято решение о смене цели. Критерии выбора новой цели и условия смены цели строго заданы для всех объектов.

Модель алгоритма

Алгоритм был отработан на математической модели, включающей локальные уровни (уровни объектов) и глобальный уровень, включающий все объекты, среду обмена данными, управляющие блоки. Результаты моделирования выдавались во внешнюю рабочую среду.

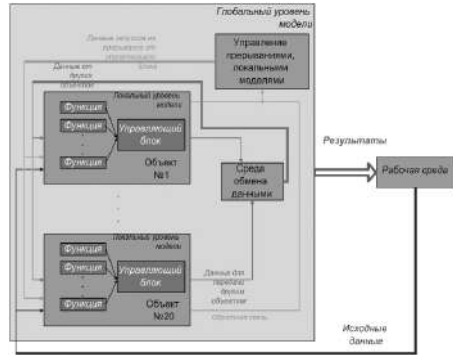


Рис. 1. Математическая модель системы

Моделирование проводилось с использованием среды Matlab/Simulink для 100 случаев. Результаты моделирования показали, что алгоритм обеспечивает увеличение эффективности применения объектов на 22%.

ТЕЛЕНИК С.Ф.,
ГЛОБА Л.С.,
НОВОГРУДСЬКА Р.Л.

АЛГЕБРАЇЧНИЙ ПІДХІД ДО ОПИСУ ЕЛЕМЕНТІВ ПОРТАЛІВ ІНЖЕНЕРНИХ ЗНАНЬ

В роботі представлено формальную алгебраическую систему, которая позволяет описать и манипулировать элементами порталов инженерных знаний. Приведены базовые понятия, которыми оперирует формальная алгебраическая система, множество носителей и элементы сигнатуры алгебраической системы.

Formal algebraic system is depicted in the paper that allows to describe and manipulate with elements of knowledge internet portals. Basic concepts of formal algebraic system are shown, the carrier set and set of operations are described.

Формальна алгебраїчна система задає контекстно-незалежні структури, які дозволяють оперувати інформацією, представленою на порталі незалежно від предметної області, що розглядається. Алгебраїчна система представлена формалізмами, які описують кожний розрахунок предметної області, та включає відповідні визначення, аксіоми і теореми, що дозволяють описати процес обслуговування розрахунків інформаційними ресурсами [1, 2].

Розглянемо базові поняття, якими оперує формальна алгебраїчна система розрахунків.

Метаописом розрахункових задач порталів інженерних знань вважається:

$$M = \langle At, V \rangle$$

де $At = \{At_1, At_2, \dots, At_n\}$ – множина назв атрибутів, $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ – множина значень атрибутів, m_i^j – j -е значення із i -ої множини значень атрибутів.

Правило розрахунку – A_k представляється будь-якою логічною формулою, в якій:

- змінні – назви атрибутів At_1, At_2, \dots, At_n ;
- константи – елементи відповідних множин

V_1, V_2, \dots, V_n ;

- предикатні символи – символи відношень

$<, >, \leq, \geq, =, \neq$;

- символи логічних зв'язок – символи логічних операцій \wedge, \vee, \neg

Правило A_k можна визначити таким чином [3]:

- T – правило A_k ;

- якщо B і C операнди правила A_k , то $B \Omega C$, де

$\Omega = \{>, <, \leq, \geq, =, \neq\}$ – правило A_k ;

- якщо B і C правило A_k , то $\neg B$, $\neg C$, $B \wedge C$,

$B \vee C$ правила;

- правило не може бути отримане ніякими інши-

ми способами, окрім тих, що описані вище.

Правило розрахунку формується за складним принципом, особливо якщо воно застосовується для включення розрахунку в загальний розрахунок. Виконання правил пов'язано з істинним значенням логічної формули, яка визначає задане правило після підстановки в неї значень метаописів з множини розрахунків, тобто правило для розрахунку задає семантичну зв'язку або перевірку, що дозволяє додати в загальний розрахунок тільки ті розрахунки, для яких це правило спрацює, тобто має істинне значення.

Розрахунком C_k є система:

$$\langle M_k, A_k \rangle$$

де M_k – метаопис k -го розрахунку, A_k – логічна формула правила k -го розрахунку.

У формальній алгебраїчній системі розрахунків визначено два типи розрахунків [4]:

- пустий розрахунок – C_k , в якому правило A_k приймає хибне значення;
- повний розрахунок – C_k , в якому правило A_k є кон'юнкцією всіх можливих правил.

Формальна алгебраїчна система розрахунків – це алгебра виду:

$$A = \langle G, \Omega \rangle,$$

де G – з множиною носіїв,

Ω – сигнатура.

У множині носіїв алгебри розрахунків визначено множини об'єктів та множини даних:

$$G = \{Ob, Dt\}.$$

Об'єктами є основні елементи алгебри, над якими проводяться всі операції алгебри. Для алгебри розрахунків це є фактичні розрахунки.

Множина *даних* описує елементи, що подаються на вхід та на вихід системи. Для алгебри розрахунків – це різноманітні константи, змінні,

а також результати операцій над ними, які є відображенням параметрів, характеристик, розрахункових задач предметної області. Різноманіття видів даних визначено у просторі даних *DM*.

Сигнатура алгебри розрахунків представлена операціями різного виду. У сигнатурі алгебри розрахунків виділено декілька груп операцій:

- множина елементарних операцій,
- множина множинних операцій:
- множина логічних операцій,
- множина складних операцій.

Операції використовуються для маніпулювання носіями алгебри. Сигнатуру алгебри розрахунків представлено наступною множиною операцій [5]:

де $+$ – операція додавання.

$$\Omega = \left\{ +, *, \in, \notin, \subseteq, \supseteq, \wedge, \vee, \sim, \circ, \overset{-1}{\circ}, \overset{d}{\circ}, \mathbb{Z}_{\text{пр}}, \mathbb{Z}_{\text{пс}}, \mathcal{O}_{\text{лп}}, \mathcal{O}_i, \mathcal{O}_c \right\}$$

$$\Omega = \{+, *, \in, \notin, \subseteq, \supseteq, \wedge, \vee, /, \sim, \overset{-1}{\circ}, \overset{d}{\circ}, \mathbb{Z}_{\text{пр}}, \mathbb{Z}_{\text{пс}}, \mathcal{O}_{\text{лп}}, \mathcal{O}_i, \mathcal{O}_c\}$$

- * – операція множення,
- \in – належність,
- \notin – неналежність,
- \subseteq – строге включення,

- \subseteq – нестроге включення,
- \wedge – операція кон'юнкції,
- \vee – операція диз'юнкції,
- $/$ – операція пошуку різності,
- \sim – операція еквівалентності,
- \circ – операція композиції,
- $\overset{d}{\circ}$ – операція пошуку доповняльного відношення,

$\mathbb{Z}_{\text{пр}}$ – операція паралельного з'єднання,

$\mathbb{Z}_{\text{пс}}$ – операція послідовного з'єднання,

$\mathcal{O}_{\text{лп}}$ – операція логічного поєднання,

\mathcal{O}_i – операція інверсії,

\mathcal{O}_c – операція суміщення.

Запропоновано формальну алгебраїчну систему розрахунків, яка містить визначений набір об'єктів, вхідних та вихідних даних, простих та складних операцій, які дозволяють універсальним способом маніпулювати як інформаційними, так і функціональними елементами порталів інженерних знань під час проведення необхідних розрахунків кінцевим користувачем.

Перелік посилань

1. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование – К.: Наукова думка, 1989. – 376 с.
2. Новогрудская Р.Л., Глоба Л.С. Подход к формированию сложного инженерного расчета на порталах знаний // Материалы V Международной научно-технической конференции «Open Semantic Technologies for Intelligent Systems». – Минск. – 2015. – С. 231–236.
3. Теленик С.Ф. Логика представления вычислительных процессов в интеллектуальной системе SmartBase // Системные технологии. Системное моделирование технологических процессов: Сборник научных трудов – 1999. – Вып. 6. – С. 131–139.
4. Теленик С.Ф., Лозинский В.А., Сичная А.А. Адаптивные технологии создания информационно-управляющих систем: ретроспектива и перспектива /. – К.: Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический институт», 1999. – 272 с.
5. Глоба Л.С., Новогрудская Р.Л. Подход к построению формальной алгебраической системы порталов знаний // Онтология проектирования. – 2014. – №2(11). – С. 40–59.

Секція 2/Section 2

Системи керування

Control Systems

Зміст

Долина В. Г. Дослідження впливу температури на передавальні характеристики первинних перетворювачів автоматичних рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів	72
Становський О. Л., Тропенко А. В., Лебедева О. Ю., Абе Шена О. Керування процесами тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ	74
Романенко В. Д., Милявский Ю. Л. Моделирование системы управления импульсными процессами в когнитивных картах сложных систем при ограниченных ресурсах	76
Кравець П. І., Міхно А. О. Автоматизоване керування рухом мобільного безпілотного робота на основі сценаріїв	78
Кравець П. І., Шимкович В. М., Омельченко П. В. Програмне середовище і технологія моделювання нейромережевих систем керування динамічними об'єктами	80
Омельчук А. А., Селіщев Д. В., Самойленко В. І. Розробка макету для дослідження методів керування багатоприводними системами	82
Бідюк П. І., Писаренко А. В. Концепція програмно-технологічного комплексу діагностики та керування нелінійними нестационарними об'єктами	84
Поліщук І. В. Роботизована система для мікроклонального розмноження рослин IN VITRO	86
Репнікова Н. Б. Синтез векторно-матричних можелей регуляторів багатовимірних цифрових систем керування	88
Катін П. Ю., Жеребко В. А., Рижко Б. В. Моделювання систем промислової автоматки мережами Петрі	90
Меланченко А. Г., Сінча А. А. Децентрализованное пакетное распределение целевых задач для разреженного кластера космических аппаратов	92
Azarskov V. N., Zhiteckii L. S., Solovchuk K. Yu. Robustness analysis of some multivariable feedback control systems containing generalized invers model-based controllers	94
Сущенко О. А. Робастная комбинированная система стабилизации и управления ориентацией информационно-измерительных устройств на подвижном основании	96
Чикрий В. К. Об одной игровой задаче сближения при наличии случайных возмущений	98

ДОЛІНА В.Г.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПЕРЕДАВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРВИННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ АВТОМАТИЧНИХ РЕФРАКТОМЕТРІВ НА ОСНОВІ ПРОЗОРИХ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРІВ

Проведены исследования влияния температуры на передаточные характеристики рефрактометра на основе прозрачных полых цилиндров. Определены максимальные значения отклонений выходного параметра первичного преобразователя рефрактометра на основе полого прозрачного цилиндра для различных материалов цилиндра.

The effect of temperature on the transfer characteristics of the refractometer on the basis of transparent hollow cylinders was investigated. Determine the maximum value of deviation of the output parameter of the primary device refractometer based on a transparent hollow cylinder for different materials.

Розвиток вітчизняної економіки нероздільно пов'язаний з вирішенням проблем комплексної автоматизації. В галузях, що займаються переробкою рідких продуктів важливе місце займають пристрої, які дозволяють визначити склад рідини. Серед цих пристроїв важливе місце займають рефрактометри.

В праці [1] запропоновано модель первинних перетворювачів рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів (ППЦ). Для побудови моделі рефрактометра в праці [2] розглянуто процес проходження випромінювання через ППЦ із рідиною всередині. ППЦ з рідиною представлений у вигляді двох середовищ з різними показниками заломлення n_c і n_p відповідно. Було отримано математичні моделі проходження світла крізь ППЦ.

Але виявилось, що результати вимірювання вмісту сухих речовин за допомогою рефрактометрів суттєво залежать від впливу дестабілізуючих факторів, зокрема температури навколишнього середовища та вимірюваної рідини. Зміна температури призводить до зміни щільності рідини та самого ППЦ, а це, в свою чергу, відбивається на результатах вимірювання. В праці [3] вирішується проблема впливу температури на передавальні характеристики первинних перетворювачів рефрактометра на основі ППЦ за допомогою стабілізації температури.

Проте використання додаткових елементів стабілізації температури призводить до ускладнення пристрою і необхідності підведення води яка стабілізує температуру [3]. Проте, цілком проблемою температурного впливу подібним чином вирішити складно, бо необхідно підтримувати температуру води яка стабілізує температуру на постійному рівні. Тому необхідно провести дослідження впливу температури на передавальну характеристику рефрактометра.

І ППЦ і досліджувана рідина всередині ППЦ мають власні температурні коефіцієнти показника заломлення. Тому для підвищення точності вимірювання необхідно провести дослідження впливу температури на передавальну характеристику первинного перетворювача рефрактометра і створити математичну модель яка враховує цей вплив.

Об'єктом дослідження є ППЦ заданої товщини з відомими значеннями температури на внутрішній і зовнішній поверхнях ППЦ.

Для вирішення задачі розподілу вихідного потоку ППЦ у просторі правомочна заміна пучка рівнобіжних променів на промінь, що сканує попереки поверхні ППЦ паралельно лінії ресстрації [4]. Багаторазово відбиті промені, що не роблять істотного впливу на результуючу картину розсіювання, при цьому не розглядаються.

Вплив температури поділяється на два випадки: перший, коли температура ППЦ однакова у всьому об'ємі ППЦ, другий, коли температура ППЦ на внутрішньому радіусі відмінна від температури на зовнішньому радіусі ППЦ. Зміна температури будь якого з середовищ призводить до зміни показника заломлення і відповідно до зміни кута виходу променя з ППЦ θ та розміру освітленої ділянки F_{θ} [2].

У першому випадку температура призводить до зміни показників заломлення ППЦ і досліджуваної рідини. Подальші розрахунки кута виходу променя з ППЦ θ та розміру освітленої ділянки F_{θ} виконуються згідно методики поданій у [2].

У другому випадку температура ППЦ на внутрішньому колі є відмінною від температури на зовнішньому колі ППЦ. При цьому розподіл температури в середині стінки ППЦ відбувається за відомим законом [5]. Приймемо, що температура рідини є однаковою на всій внутрішній поверхні

ППЦ в площині променя, що сканує. Для проведення розрахунків з допомогою обчислювальної техніки доцільно поділити один ППЦ існуючий на велику кількість ППЦ, що є вкладеними один в один і які мають постійну температуру стінки у всьому її об'ємі. Подальші розрахунки кута виходу променя з ППЦ θ та розміру освітленої ділянки F_{0t} виконуються за методикою поданою у [2] з урахуванням множини ППЦ.

Всі розрахунки проводились також з урахуванням коефіцієнту теплового розширення ППЦ.

Для проведення досліджень передавальних характеристик первинних перетворювачів було обрано наступні матеріали: кварцове скло, сітал, штучний сапфір. Їхні основні характеристики зведені до таблиці 1

Табл.1. Основні характеристики оптичних матеріалів і максимальні відхилення викликані впливом температури

Матеріал	Показник заломлення при $t=20^{\circ}\text{C}$	Температурний коефіцієнт показника заломлення $^{\circ}\text{C}^{-1}$	Температурний коефіцієнт теплового розширення $^{\circ}\text{C}^{-1}$	Максимальне відхилення відносно діапазону вимірювання $\Delta F_{0t}, \%$	Значення вмісту СР при максимальному відхиленні $\Delta F_{0t}, \%$
Кварцове скло	1.4584	$1 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-6}$	7,6	67
Сітал	1.5447	$1.43 \cdot 10^{-5}$	$0.05 \cdot 10^{-6}$	1	85
Кристалічний кварц	1.5538	$-5.01 \cdot 10^{-6}$	$13.24 \cdot 10^{-6}$	0,18	85
Штучний сапфір	1.7771	$1.39 \cdot 10^{-5}$	$5.66 \cdot 10^{-6}$	0,48	0

Таким чином, для потреб цукрового виробництва цілком придатними є сітал, кристалічний кварц та штучний сапфір. Проте два останніх набагато дорожчі і важчі у обробці, тому сітал є найбільш прийнятним матеріалом для виготовлення автоматичних рефрактометрів для цукрового виробництва. Для виготовлення рефрактометрів з максимальною широкою діапазоном вимі-

Розрахунки проведено наступним чином: використовуючи передавальну функцію первинного перетворювача з урахуванням впливу температури кроком в 1% вмісту СР в діапазоні від 0% до 85% вмісту СР для температур від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+85^{\circ}\text{C}$ з кроком в 1°C визначаємо максимальне і мінімальне значення F_{0t} , після чого визначаємо їх різницю ΔF_{0t} . Визначаємо складову відхилення пов'язану лише з матеріалом ППЦ. Вплив температури на показник заломлення досліджуваної рідини від матеріалу ППЦ не залежить. Найбільші значення відхилень були отримані коли температура ППЦ постійна в товщі стінки і дорівнює $+85^{\circ}\text{C}$. Результати розрахунків зведені у таблицю 1.

рювання слід використовувати штучний сапфір для виготовлення ППЦ.

Для забезпечення точності вимірювання на рівні 0,02% вмісту сухих речовин в рідині слід використовувати вимірювання температури рідини і ППЦ разом з відповідною таблицею поправок, або застосовувати термостатування.

Перелік посилань

1. Теленик С.Ф., Гришко В.Ф., Долина В.Г. Моделі первинних перетворювачів рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів. // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи. №1(15), Херсон 2005, с.124 - 139
2. Долина В.Г. Передавальні характеристики первинних перетворювачів рефрактометрів на основі прозорих порожнистих циліндрів. // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Збірник наукових праць, випуск 30, Харків 2005 – с.247-249.
3. Долина В.Г. Проблеми підвищення точності рефрактометра на основі прозорих порожнистих циліндрів // «Автоматика. Автоматизація. Електротехнічне комплекс і системи». Научно-технічний журнал Издание Херсонского национального технического университета, №1(23), Херсон 2009, с.124 - 139
4. Smithgall D.H. Light scattering model for the determination of fiber location in silicone coatings. Applied Opt., 1982, v.21, №7, p.1326-1331.
5. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – М: Высш. школа, 1980. – 469 с. Бегун В.В., Гречанинов В.Ф. Науковці розробили нову концепцію освіти з безпеки. – К., 2015. Вища освіта. Інформаційно-аналітичний портал про вищу освіту в Україні та за кордоном. - Режим електронного доступу: vnz.org.ua/statii/7502

СТАНОВСЬКИЙ О.Л.
ТОРОПЕНКО А.В.
ЛЕБЕДЕЦЬВА О.Ю.
АБУ ШЕНА О.

КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ТЕПЛОМАСООБМІНУ МІЖ КОМПОНЕНТАМИ ГЕТЕРОГЕННИХ СЕРЕДОВИЩ

Проаналізовані проблеми і методи математичного моделювання та аналізу процесів тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ. Створена комбінована система автоматизованого проектування технології і обладнання для тепломасообміну «HEATEX», виконана її практична оцінка із позитивним технічним ефектом.

The problems and methods of mathematical modeling and analysis of heat transfer processes between the heterogeneous environments component. The combined computer-aided design technology and equipment for heat transfer «HEATEX», made it practical assessment of positive technical effect, established.

Будь-яке автоматизоване проектування процесів поверхневого тепломасообміну вимагає використання математичних моделей, які відбивають залежність продуктивності такого процесу в цілому від геометричних параметрів поверхні обміну, в першу чергу, її площі.

До таких моделей, зокрема, відносяться моделі теплообміну в кожухотрубчастих теплообмінниках, масообміну в насадочних скруберах, тепло масообміну в гетерогенних потоках та при нанесенні різноманітних покриттів, тощо.

Наразі для цього використовуються відомі аналітичні (неперервні) моделі, які безпосередньо впливають з фізичних законів, і які, на жаль, більш менш адекватно описують лише «ідеальний» обмін.

Крім того, в таких моделях завжди міститься деякий коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт тепловіддачі, масовіддачі, і т.п.), який для «ідеального» випадку вважається сталим (довідковим), але насправді залежить від мінливих геометрії поверхні, її температури і концентрації, гідравлічного стану рідких компонентів біля неї (ламінарний, турбулентний), а отже, має нелінійний та стохастичний характер.

Тому в реальних процесах обміну згадана залежність суттєво відрізняється від ідеальної, що відбивається, в першу чергу, на якості моделювання.

В цих умовах проектувальники, бажаючи задовольнити головну вимогу замовника, – задану граничну продуктивність процесу, змушені про всяк випадок значно завищувати його ресурсомісткість, погіршуючи тією ж мірою його техніко-економічні характеристики.

Спроба створити такі неперервні моделі, які могли б враховувати перелічені не лінійності,

лише суттєво ускладнює їх, не роблячи більш якісними з точки зору точності моделювання.

Більш того, саме наявність двох лише дуже приблизно відомих параметрів, які входять до існуючих моделей, – площі поверхні та коефіцієнту віддачі – заважає ефективному використанню експерименту для їхньої верифікації, такий експеримент лише підкреслює неприпустимо велику середньостатистичну похибку результатів розрахунків, що також свідчить про низьку якість використовуваних для цього моделей.

Тому створення призначених для САПР процесів та апаратів дискретних моделей тепломасообміну крізь поверхню, які на кожній ітерації моделювання корегують значення площі поверхні та коефіцієнтів віддачі із комплексом методів їх експериментальної верифікації, є досить актуальним.

Метою роботи було створення для потреб САПР тепломасообмінників якісних (із меншим значенням середньоквадратичної похибки, ніж у відомих) моделей процесів тепломасообміну та методів їхньої верифікації і на цій основі зниження ресурсомісткості апаратів, призначених для практичної реалізації таких процесів.

Для досягнення цієї мети в роботі були вирішені наступні задачі:

- проаналізовані існуючі проблеми і методи математичного моделювання і аналізу процесів тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ та їхній вплив на якість моделювання та ефективність проектування в САПР;
- розроблено метод автоматизованого проектування процесів та апаратів для тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ із використанням приведеної площі обміну;
- розроблені дискретні моделі для розрахунку

ків параметрів технології тепломасообмінних процесів в САПР;

– розроблені методи верифікації моделей для розрахунків параметрів технології тепломасообмінних процесів в САПР підтверджено більш високу якість запропонованих моделей у порівнянні із існуючими;

– створена комбінована (САПР-Т і СА-ПР-К) система автоматизованого проектування технології і обладнання для тепломасообміну «HEATEX»;

– виконана практична оцінка САПР «HEATEX» на хімічному та металургійному підприємствах при проектуванні екологічного захисту навколишнього середовища із позитивним технічним ефектом як для процесу, так і для об'єктів автоматизованого проектування.

Для визначення приведеної площі тепломасообміну в САПР процесів, які супроводжуються рухом гетерогенних матеріалів, використана марковська модель реології гетерогенних потоків, яка враховує зміни розмірів, температури та в'язкості елементів потоку, а також адгезії між останніми.

Для визначення приведеної площі тепломасообміну в САПР процесів, які супроводжуються зміною геометрії поверхні, використана марковська модель осадження і напилювання покриттів, яка враховує зміни теплофізичних властивостей останніх та властивостей основи.

Верифікацію моделей руху та нарощування елементів гетерогенного об'єкта моделювання виконано експериментально за допомогою експериментального методу візуалізації рухомих перерізів елементів тепломасообміну обміну за допомогою комп'ютерних томограм, в якому обробці піддається переріз реального рухомо-

го потоку суміші компонентів із різним опором рентгенівському випромінюванню.

Це дозволило встановити, що середньоквадратичне відхилення результатів, отриманих за допомогою відомих моделей нарощування елементів, виявилось на 73,7 % більше, ніж при використанні запропонованої моделі.

Для визначення приведеної площі тепломасообміну в САПР процесів з нерухою поверхнею обміну використана ймовірнісна модель «Тетріс» процесу розміщення елементів насадки в корпусі тепломасообмінного апарату, яка базується на послідовному заповненні уявного простору апарату віртуальними елементами насадки та враховує ймовірності напрямку та початкового кута падіння елементів.

Верифікація ймовірнісних моделей «Тетріс» процесу розміщення елементів насадки в корпусі тепломасообмінного апарату за допомогою експериментального методу визначення площі тепломасообміну в насадкових апаратах шляхом насичення порового простору рідиною, дозволила встановити, що середньоквадратичне відхилення результатів, отриманих за допомогою відомих моделей, виявилось на 41,3 % більше, ніж при використанні запропонованої моделі.

Для практичного підтвердження на виробництві ефективності розроблених моделей та методів автоматизованого проектування були застосовані лабораторні стенди і виробничі потужності кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування Одеського національного політехнічного університету, ТОВ «Миколаївський глиноземний завод», а також ДП «Інженерний виробничо-науковий центр лиття під тиском», м. Одеса.

РОМАНЕНКО В.Д.,
МИЛЯВСКИЙ Ю.Л.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В КОГНИТИВНЫХ КАРТАХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСАХ

У роботі розглядається задача управління складними системами, представленими у вигляді когнітивних карт. При цьому, оскільки ресурси, варіюванням яких забезпечується управління, є обмеженими, за критерій оптимальності при формуванні закону управління обрано критерій узагальненої дисперсії із обмеженнями у вигляді нерівностей. Таким чином, запропонований метод управління когнітивними картами дозволяє стабілізувати імпульсний процес так, щоб дисперсії приростів координат вершин та керувань не перевищували наперед задані значення.

In the present work problem of control of complex systems represented by cognitive maps is discussed. As far as resources, which are varied for the purpose of control, are restricted, optimality criterion for control law formulation is selected as generalised variance criterion with inequality restrictions. Thus proposed cognitive maps control method allows stabilising impulse process in such a way that variances of increments of vertices coordinates and controls do not exceed preassigned values.

Ключевые слова: когнитивная карта, импульсный процесс, управление с ограничениями.

Когнитивная карта (КК) является одним из популярных инструментов для описания сложных систем разной природы [1]. КК представляет собой ориентированный граф, вершины которого обозначают некоторые объекты или понятия предметной области, а ребра – степень влияния одной вершины на другую. В частности, в данной работе рассматриваются КК «в духе Ф. Робертса» [2], т.е. взвешенные орграфы, в которых веса ребер отвечают за приращение значения координаты одной вершины при действии на нее другой вершины. Когда на одну или несколько вершин действует начальный импульс, система переходит в режим импульсного процесса, математическое описание которого принято формулировать в виде разностного уравнения первого порядка:

$$\Delta Y_i(k+1) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \Delta Y_j(k), \quad (1)$$

где $\Delta Y_i(k) = Y_i(k) - Y_i(k-1), i = 1, 2, \dots, n$, – приращения координат вершин КК в дискретный момент времени k , a_{ij} – вес ребра, идущего из j -ой в i -ую вершину. В векторно-матричной форме (1) можно представить следующим образом:

$$\Delta \bar{Y}(k+1) = A \Delta \bar{Y}(k), \quad (2)$$

где $\Delta \bar{Y}(k)$ – вектор приращений координат КК.

Предположим, что лицо, принимающее решения, может управлять некими ресурсами (финансовыми, человеческими и др.), влияющими на все или некоторые вершины КК. Чтобы выразить это математически, добавим вектор управляющих воздействий \bar{U} в модель (2):

$$\Delta \bar{Y}(k+1) = A \Delta \bar{Y}(k) + B \bar{U}(k), \quad (3)$$

где B – матрица, обычно состоящая из нулей и единиц.

Легко видеть, что если обозначить $\bar{X}(k) = \Delta \bar{Y}(k)$, уравнение (3) превращается в уравнение состояния в пространстве состояний:

$$\bar{X}(k+1) = A \bar{X}(k) + B \bar{U}(k). \quad (4)$$

Если система является устойчивой, т.е. собственные числа матрицы состояния A по модулю меньше единицы, для ускорения стабилизации импульсного процесса можно применять квадратичный критерий оптимальности. Если полагать, что сложная система находится в стохастической среде, т.е. на нее действуют внешние стохастические возмущения, критерий оптимальности можно записать в виде

$$J = \text{tr} Q_x V_x + \text{tr} Q_u V_u, \quad (5)$$

где $V_x = E \bar{X}(k) \bar{X}^T(k)$ – матрица ковариации вектора состояния $\bar{X}(k)$, $V_u = E \bar{U}(k) \bar{U}^T(k)$ – матрица ковариации вектора управления $\bar{U}(k)$, Q_x, Q_u – заданные неотрицательно определенные матрицы коэффициентов.

Следует обратить внимание на тот факт, что поскольку вектор состояния является вектором приращений координат вершин КК. Среднее значение этого вектора по предположению рано нулю. Таким образом, минимизируется не сумма дисперсий координат вершин, а сумма дисперсий приращений этих координат. То есть, по су-

пеству, мінімізуються дисперсії скоростей изменения вершин КК.

Однако, как показывает практика, минимизация критерия (5) часто оказывается недостаточной для того, чтобы управление было достаточно гладким. В импульсном процессе часто наблюдаются существенные колебания как координат, так и управлений, что во многих случаях является физически невозможным или крайне нежелательным. Поэтому предлагается, помимо указанного критерия (5), ввести дополнительные жесткие ограничения типа неравенств на дисперсии переменных состояния, управлений или их линейные комбинации.

Запишем следующие ограничения:

$$\begin{aligned} \text{tr}Q_j V_x &\leq q_j^2, i = 1, \dots, n_q, \\ \text{tr}R_j V_u &\leq r_j^2, j = 1, \dots, n_r, \end{aligned} \quad (6)$$

где Q_j, R_j – заданные матрицы, q_j, r_j – числа.

Применим алгоритм условной минимизации [3] для нашего случая.

1. Найдем матрицу ковариации вектора состояния как предельное значение рекуррентного уравнения (относительно P_k):

$P_{k+1} = AP_k A^T + R_w$, где R_w – известная матрица ковариации шума состояния. Обозначим решение P_x .

2. На первом шаге итерационного алгоритма для определения матрицы усиления регулятора по состоянию выберем некоторый вектор начальных значений множителей Лагранжа $\bar{\lambda}^{(0)} > 0$ и матрицы Гессе $H_0 = I$. Размерность равна количеству ограничений.

3. На i -м шаге алгоритма найдем

$$Q_x^{(i)} = Q_x + \sum_{j=1}^{n_q} \lambda_j^{(i)} Q_j, \quad Q_u^{(i)} = Q_u + \sum_{j=1}^{n_r} \lambda_{n_q+j}^{(i)} R_j$$

и решим

матричное алгебраическое уравнение Риккати:

$$\begin{aligned} S &= A^T S A - A^T S B L + \\ I &= (C^{(i)})^T + B^T S B^{-1} B \end{aligned}$$

4. Решив уравнение Риккати, решим матричное уравнение Ляпунова:

$$\begin{aligned} V_x &= (A - BL)V_x(A - BL)^T + AP_x A - \\ &(A - BL)P_x(A - BL)^T + R_w, \quad \text{и рассчитаем} \\ V_u &= L(V_x - P_x)L^T. \end{aligned}$$

5. Вычислим координаты вектора $\bar{\xi}$

по формулам $\xi_j^{(i)} = \lambda_j^{(i)}(\text{tr}Q_j V_x - q_j^2), j = 1, \dots, n_q,$

$\xi_j^{(i)} = \lambda_{n_q+j}^{(i)}(\text{tr}R_j V_u - r_j^2), j = 1, \dots, n_r.$

Если норма $\bar{\xi}$ меньше заданного ε , остановить итерационный алгоритм.

6. Обновим матрицу Гессе

$$H_i = H_{i-1} + \frac{(\Delta \bar{\lambda}^{(i)} + H_{i-1} \Delta \bar{\xi}^{(i)})(\Delta \bar{\lambda}^{(i)})^T}{(\Delta \bar{\lambda}^{(i)})^T H_{i-1} \Delta \bar{\xi}^{(i)}} \quad \text{где}$$

$$\Delta \bar{\lambda}^{(i)} = \bar{\lambda}^{(i)} - \bar{\lambda}^{(i-1)}, \quad \Delta \bar{\xi}^{(i)} = \bar{\xi}^{(i)} - \bar{\xi}^{(i-1)}.$$

7. Обновим вектор множителей Лагранжа, например, по формуле

$\lambda_j^{(i+1)} = \lambda_j^{(i)} + \beta H_i^j \bar{\xi}^{(i)}, j = 1, \dots, n_q + n_r$, где H_i^j – j -ая строка матрицы H_i , $0 < \beta < 1$, и вернемся к п. 3.

Единожды рассчитав по указанному алгоритму в п. 3 матрицу L , будем на каждом периоде дискретизации генерировать управления по формуле

$$\bar{U}(k) = -L \bar{X}(k). \quad (7)$$

Данный подход был апробирован на КК, описывающей деятельность коммерческого банка [4].

Список литературы

1. Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем. Когнитивный подход. — Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2006. — 332 с.
2. F. Roberts. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems — Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976. — 559 p.
3. P. Makila, T. Westerlund, H. Toivonen. Constrained Linear Quadratic Gaussian Control with Process Applications // Automatica, Vol. 20, No. 1, 1984. — P. 15 — 29.
4. В.Д. Романенко, Ю.Л. Миляевский, А.А. Реутов. Метод адаптивного управления неустойчивыми импульсными процессами в когнитивных картах на основе эталонных моделей // Проблемы информатики и управления. — 2015. — № 2. — С. 35—45.

КРАВЕЦЬ П.І.,
МІХНО А.О.

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ РУХОМ МОБІЛЬНОГО БЕЗПІЛОТНОГО РОБОТА НА ОСНОВІ СЦЕНАРІЇВ

В докладі описан спосіб управління поведінкою мобільних роботів на основі моделювання сценаріїв. Вибрана среда моделювання (Matlab/Simulink), реалізовані сценарії руху робота і груп роботів в різних умовах.

Ключевые слова: мобільний робот, програмні засоби моделювання, Matlab/Simulink, робототехніка, сценарії поведінки.

The paper describes a method for modeling the behavior of mobile robots based on scenarios. Modeling environment Matlab/Simulink selected, scenarios of the robot and groups of robots in various conditions implemented.

Keywords: mobile robot simulation software, Matlab/Simulink, robotics, behavior scenarios.

Вступ

На даний час значна увага світової наукової спільноти, користувачів та виробників мобільних технологічних роботів приділяється розробці та впровадженню повністю автоматизованих безпілотних варіантів таких роботів. Такі безпілотні мобільні роботи будуть функціонувати в сфері транспортування і переміщення вантажів, гірничодобувній галузі, сільському господарстві та інших галузях.

Для успішного функціонування безпілотних роботів, або їх груп, як правило, необхідно детально організувати їх робочу зону, в якій можна гарантувати їм безаварійну роботу. Це потребує значних затрат часу та коштів на її організацію та значно зменшує можливості їх роботи в довільних умовах, де можуть виникати незаплановані ситуації.

Виходячи з цього, розробка технології управління рухом безпілотних мобільних роботів, що можуть функціонувати в довільних умовах, потребує проведення ряду досліджень на моделях процесів керування можливими сценаріями поведінки роботів (рух роботів по заданій траєкторії, побудова траєкторії, обминання зарані невідомих перешкод та інше) і розробку на їх основі відповідних програмних засобів для автономного функціонування роботів.

В доповіді представлено ряд алгоритмів керування безпілотними мобільними роботами для розробки родовищ корисних копалин та результати моделювання ряду сценаріїв їх поведінки в довільних умовах.

Сценарії поведінки роботів

Управління рухом мобільного робота та/або групи роботів певного типу, які видобувають корисні копалини, можна звести до декількох основних варіантів.

1) Рух до заданих координат без перешкод - використовується коли по пласкій місцевості рухається єдиний робот (наприклад, бензовоз, який має відвідати декількох видобувних роботів), при цьому по сценарію необхідно обрати найефективніший за довжиною шлях, щоб зекономити паливо та час.

2) Рух до заданих координат з обминанням перешкод - перешкодами можуть бути як невеликі місцевості, так і інші роботи, які стаціонарно працюють на цій ділянці.

3) Скоординований рух групи роботів до заданої точки - в сценаріях роботи мають зберігати відповідну дистанцію один до одного, відповідну швидкість руху роботів в групі (швидкість руху однакова та визначається по найповільнішому).

4) Безпечний рух робота за умови не лише статичних, але й мобільних перешкод, тобто інших роботів, які рухаються по цій же карті. На практиці ця ситуація зустрічається найчастіше.

Всі сценарії повинні описувати рух не лише за ідеальних умов, але і в нештатних ситуаціях, таких як:

- гальмування, щоб обминути або пропустити робота, який наблизився;
- зупинку, якщо перешкоду неможливо обминути (наприклад, дорога вже зайнята), а потім вибрати новий напрямок руху.

Моделювання та реалізація сценаріїв

Для моделювання та реалізації описаних сценаріїв в[1] розроблено узагальнену модель безпілотних роботів для відкритої розробки родовищ корисних копалин та описано задачі, які реалізуються при автоматичному управлінні ними індивідуально або групами. Узагальнена модель дозволяє шляхом вибору ряду її властивостей конкретизуватись в ту чи іншу модель конкретного робота, наприклад, робота-навантажувача, або робота-транспортника. Для кожної моделі конкретного робота реалізуються сценарії його функціонування та транспортного руху (для робота-транспортника – лише транспортного руху).

Вказані вище сценарії реалізуються шляхом побудови програмного руху складових частин моделі конкретного робота на карті робочої зони, а моделювання сценаріїв – на відповідних програмних середовищах.

Із цілого ряду відомих інструментальних програмних середовищ (TeamBots, Simbad, Open Dynamics Engine, Gazebo, Microsoft Robotics Developer Studio, Matlab/Simulink [2]) найбільш підходящим для створення сценаріїв управління роботами є Matlab/Simulink. Це програмне середовище має широкий набір функцій для моделювання кінематики та динаміки робота[3], інтегрується з системами типу SolidWorks для створення 3D-візуалізації середовища та робота, дозволяє зімітувати віртуальні датчики. Для наземних мобільних роботів має стандартні алгоритми планування шляху (за по-

милкою, відстанню перетворення, D^* , PRM), планування кінематики та динаміки (PPT), локалізації (ЕКФ, фільтр частинок), карти будівель, локалізації і відображення (ЕКФ).

В доповіді приведені результати моделювання в середовищі Matlab/Simulink перерахованих вище сценаріїв для моделі колісного робота. Найкоротший шлях на карті з перешкодами та без них обирається за допомогою модифікованого генетичного алгоритму (в[4] доведено, що для задачі планування траєкторії руху безпілотного транспортного засобу найефективнішим є саме такий алгоритм).

Моделювання доводить, що такі сценарії дійсно дозволяють роботам рухатись до заданих координат, уникаючи зіткнень з перешкодами, а розроблені алгоритми реалізації сценаріїв транспортного руху можуть бути перенесені на роботів з іншими фізичними властивостями.

Висновки

Функціонування та транспортний рух безпілотних мобільних роботів та їх груп зручно описати та моделювати у вигляді сценаріїв, які охоплюють всі можливі ситуації їх поведінки.

Для моделювання сценаріїв та перевірки ефективності стратегій та алгоритмів керування роботами доцільно використовувати спеціалізоване програмне середовище Matlab/Simulink, яке має деякі вже реалізовані моделі та алгоритми і дозволяє перенести рішення на реального робота.

Перелік посилань

1. Міхно А.О. Узагальнена модель системи керування безпілотних роботів для відкритої розробки родовищ корисних копалин [Текст] / А.О. Міхно, П.І. Кравець // Збірник матеріалів науково – практичної конференції «Сучасні інформаційні технології 2015». – Одеса, 2015. – С. 185 –186.
2. Левтеров А. А. Системы моделирования алгоритмов поведения и движения автономных мобильных роботов / А. А. Левтеров, Ю. А. Нечитайло // Технология приборостроения. - 2014. - № Спец. вып. –С. 73-75.
3. Corke Peter Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. – Berlin: Springer, 2011. – 561P.
4. Яковлев К.С. Об одной проблеме, возникающей при планировании траектории на плоскости [Текст] / К.С. Яковлев, В.Ю. Сарафанов, И.В. Храмоин // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012: Труды конференции. Т. 3. – Белгород: БГТУ, 2012. – С. 256-267.

*КРАВЕЦЬ П.І.,
ШИМКОВИЧ В.М.,
ОМЕЛЬЧЕНКО П.В.*

ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ І ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

В данной работе разработана технология и среда моделирования нейросетевых систем управления динамическими объектами.

Ключевые слова: нейросетевые системы управления, динамические объекты управления, программная среда, генетический алгоритм.

In this paper, we developed the technology and neural network simulation environment for dynamic objects control systems.

Keywords: neural network control systems, dynamic objects, software environment, genetic algorithm.

Нейромережеві системи управління динамічними об'єктами відносяться до класу складних нелінійних динамічних систем і являють собою новий високотехнологічний напрямок в теорії управління [1, 2]. За допомогою нейронних мереж можливо як завгодно точно апроксимувати (змоделювати) п-вимірну неперервну функцію породжену будь-якою неперервною системою, в тому числі і складними багатомірними динамічними об'єктами та реалізувати відповідні засоби керування ними, зокрема такі, що можуть адаптуватися до впливу зовнішніх та внутрішніх змін при функціонуванні об'єктів [1,3-5].

Як правило, для реалізації адаптивних нейромережевих систем керування використовують структури з інверсними моделями об'єктів керування в якості регуляторів [1]. Динамічні властивості таких систем визначаються можливостями швидкого перенастроювання регуляторів, зокрема за рахунок реалізації нейромережевих регуляторів на розпаралелених обчислювачах, наприклад на ПЛІС [4]. Однак, для реалізації такого підходу необхідно визначити оптимальну структуру нейромережі для моделі об'єкта і регулятора, структуру обчислювача параметрів налагодження нейромереж в реальному часі, оцінити час налаштування та «підлаштування» нейромережі в процесі роботи, обрахувати середньоквадратичну похибку відхилення виходу об'єкта та інше. Все це потребує відповідних програмно-технічних засобів для моделювання і оцінки роботи нейромережевих систем керування динамічними об'єктами (ОК), яких на даний момент не існує. Наприклад, в найпопулярнішому програмному середовищі Matlab можливо побудувати лише статичну нейромережу і неможливо «підлаштувати» її в процесі роботи.

Для вирішення цих проблем авторами ство-

рено програмне середовище DynNC (Dynamic Neuro Controller) (в вигляді консольного додатку) на мові програмування Matlab для моделювання нейромережевих систем керування динамічними ОК. Цей додаток містить наступну функціональність: можливість задавати ОК векторами входу/виходу, задавати змінений під впливом збурюючих факторів вектор виходу ОК, створювати структуру нейромереж для моделювання ОК та регулятора (задавати кількість шарів в ШНМ-контролері, кількість нейронів в прихованих шарах), побудувати графіки виходу ОК, обчислити середньоквадратичну помилку виходу системи, обчислити час «підлаштування» нейроконтролера до змін ОК.

Наведемо технологію використання розробленого програмного середовища та алгоритму роботи.

Першим кроком користувачу програмного середовища DynNC необхідно задати структуру ОК, дані і можливі діапазони зміни векторів «вхід-вихід». Для прикладу виберемо структуру багатовимірною нелінійного ОК з трьома вхідними сигналами і двома вихідними сигналами.

Наступним кроком в DynNC проводиться процедура ідентифікації моделі ОК на основі штучних нейронних мереж (ШНМ) різних конфігурацій і визначається оптимальна структура ШНМ, на основі якої в подальшому буде побудовано його пряму та інверсну моделі. Для цього користувач за допомогою програмного пакету MIMO-Plant [4], провівши досліди для заданого ОК, враховуючи отриману похибку при моделюванні, вибирає внутрішню структуру ШНМ і задає її в DynNC. Так для даного прикладу обрано ШНМ з одним прихованим шаром та 10 нейронами у прихованому шарі, для якої отримано значення середньоквадратичної похибки 0.00275.

Наступним кроком є налаштування нейромереж ОК та регулятора. В середовищі DynNC для налаштування нейромережі використовується генетичний алгоритм [5]. Однією з основних переваг застосування еволюційного підходу є можливість в процесі «підлаштування» (адаптації) регулятора обраховувати функції помилки, що обчислюється як середня різниця між реальним і модельним виходом ОУ.

Наступним кроком є моделювання роботи системи керування з моделями ОК та регулятора, що об'єднані по схемі «спеціалізованого інверсного навчання» (див. рис.1) [1,3]. При цьому виконується оцінка впливу зовнішніх та внутрішніх збурень на вихід ОК та час «підлаштування» регулятора, в тому числі і в тактах роботи обчислювальних засобів, що дає можливість оцінити час «підлаштування» регулятора реалізованого, наприклад, на ПЛІС.

Так для згаданого вище прикладу моделювання зміни зовнішнього збурення на 100% визвала зміни на виходах об'єкта, які були скомпенсовані за рахунок «підлаштування» регулятора – інверсної моделі ОК за 0.2 с (біля 50-и обчислювальних тактів), при цьому середньоквадратична похибка склала 0.0015.

В результаті всебічних досліджень модельованої системи керування динамічного ОК в середовищі DynNC одержуємо вихідні дані для реалізації ШНМ-контролера на ПЛІС:

- оптимальну структуру нейромереж моделі ОК і регулятора;

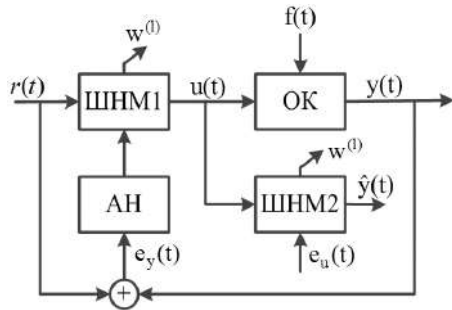


Рис. 1. Схема спеціалізованого інверсного навчання

- програму реалізації генетичного алгоритму;
- можливу середньоквадратичну похибку функціонування системи;
- час налагодження та «підлаштування» регулятора;
- графіки зміни виходу ОК.

Висновок

Представлене програмне середовище дозволяє розробляти і моделювати нейромережіві адаптивні системи управління динамічними об'єктами та забезпечує створення вихідної бази даних для синтезу оптимальної структури нейроконтролера для досліджуваного ОК.

Перелік посилань

1. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: Учеб.пособие для вузов. – М: Высшая школа. 2002. -183с.
2. Саймон Хайкин. Нейронные сети. Полный курс. – М.: Вильямс, 2006. – 1104с.
3. Сигеру Омату. Нейроуправление и его приложения. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272с.
4. Кравець П.І., Шимкович В.М., Ткач І.І. Розробка технології оцінювання показників нейромережових моделей об'єктів управління / Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: 36. наук. пр. – К.: Век+, – 2012. – № 57. – С. 144-150 с.
5. Кравець П.И., Шимкович В.Н. Метод оптимизации весовых коэффициентов нейронных сетей с помощью генетического алгоритма при реализации на программируемых логических интегральных схемах / Международный научно-технический журнал «Электронное моделирование». – 2013. – 35, №3. – С. 65-75.
6. Neural networks for control systems: A survey / K. J. Hunt, D. Sbarbaro, R. Zbikowski, P. J. Gawthrop // Automatica. 1992. Vol. 28. № 6. P. 1083 – 1112.

ОМЕЛЬЧУК А.А.
СЕЛИЩЕВ Д.В.
САМОЙЛЕНКО В.І.

РОЗРОБКА МАКЕТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ БАГАТОПРИВОДНИМИ СИСТЕМАМИ

В статті розглядаються задачі, пов'язані з створенням експериментальної установки для дослідження методів управління багатоприводними системами. Показана необхідність розробки окремої підсистеми, яка дозволила б здійснити обмін інформацією між мікроконтрольними системами управління різних рівней, забезпечивши можливість підключення необхідного кількості електроприводів.

The article deals with problems related to the creation of the experimental setup for the study of multi-drive systems control techniques. The necessity of the single subsystem development, that would permit the exchange by information between the microprocessor control systems at various levels and making it possible to connect the necessary number of actuators, is discussed.

Вступ

Синтез оперативного керування складними електромеханічними об'єктами є на сьогодні актуальною проблемою для вітчизняної промисловості. Це викликано все більшим розповсюдженням багатоприводних систем, електричні двигуни яких потребують узгодження, синхронізації, та великої точності.

В таких технічних комплексах, коли електроприводи пов'язані через загальний розподілений об'єкт керування (наприклад конвеєри або механізовані суднопідійомники) виникають особливо складні задачі узгодження, при цьому потрібно забезпечити необхідну якість керування, а разом з тим мінімізувати затрати на керування.

Основна частина

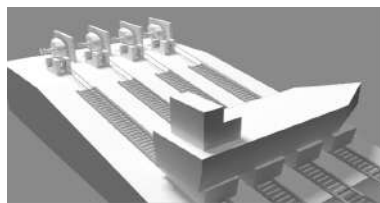
Сучасні багатоприводні системи (БПС) потребують значного поліпшення якісних показників [1].

Для аналізу ефективності різних методів узгодженого керування БПС та налаштування відповідного програмного забезпечення, доцільно проводити дослідження на спеціальному стенді.

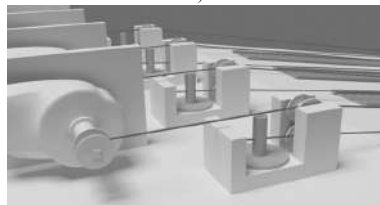
Аналіз властивостей функціонування роботи БПС проводиться на прикладі багатоприводного суднопідійомного комплексу (поперечного сліпа) [2,3], макет якого було побудовано у лабораторних умовах.

Макет складається з несучої конструкції яка утворює похилу поверхню та розташованих на ній рейкових шляхів по яким рухаються візки. Кожен з візків приєднано за допомогою тросу до барабану, який приводиться в рух відповідним електродвигуном. Електродвигуни обрано постійного струму, оснащені редуктором з великим

передавальним числом, відповідно до низької швидкості підйому або спуску великогабаритного об'єкту. Тривимірну модель макету розроблену у середовищі Autodesk 3ds Max наведено на рис.1.



а)



б)

Рис. 1. Тривимірна модель експериментальної установки БПС

Для управління роботою кожного приводу застосовуються локальні системи керування (ЛСК), а для забезпечення ефективного функціонування складного комплексу в цілому (дотримання заданих параметрів переміщення та номінальних параметрів електродвигунів) необхідним є впровадження комп'ютеризованої системи керування (КСК) [4]. Структуру КСК багатоприводним устаткуванням наведено на рис. 2.



Рис. 2. Структура КСК

Верхній рівень керування використовується для узгодження параметрів руху складного об'єкту, а нижній рівень – для безпосереднього керування двигунами.

Системи керування нижнього рівня реалізовані на базі економічних високопродуктивних мікроконтролерів типу AVR ATmega8A.

Для здійснення керування на верхньому рівні обрано програмований логічний контролер (ПЛК) ОВЕН, який дозволяє збирати інформацію від локальних систем керування та від підсистеми моніторингу, обробляти її, після чого розраховувати і генерувати керуючі сигнали, що задають

режими роботи окремих ЛСК. ПЛК також відповідає за інтерфейс оператора.

Для здійснення обміну інформацією між мікроконтролерними системами керування різних рівнів із забезпеченням можливості підключення до роботи довільної потрібної кількості приводів розроблено окрему підсистему, що складається з модулю ініціалізації та блоків узгодження.

Висновки

Синтез оперативного керування складними електромеханічними об'єктами є на сьогодні актуальною проблемою для вітчизняної промисловості. Це викликано все більшим розповсюдженням багатопривідних систем, електричні двигуни яких потребують узгодження, синхронізації, та великої точності.

Розроблена експериментальна установка дозволяє випробовувати функціональність комп'ютеризованих системи керування на практиці та відпрацювати запропоновані стратегії керування багатопривідними системами, яким відповідає конфігурація стенда.

Також з'являється можливість оцінити адекватність створених математичних моделей для певних складних електромеханічних систем.

Список літератури

1. Омельчук А.А. Проблеми узгодженого керування складною електромеханічною системою / А.А. Омельчук, Ю.О. Лебеденко, Г.В. Рудакова // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ, 2013. – №49. – С. 19 – 23.
2. Омельчук А.А. Моделирование движения спусковых тележек слипа / А.А. Омельчук, Ю.А. Лебеденко, А.В. Рудакова // Вестник Херсонского национального технического университета – Херсон: ХНТУ, 2013. – №2(47). – С. 265 – 270.
3. Омельчук А.А. Математическая модель привода слиповой тележки / А.А. Омельчук, Ю.А. Лебеденко, А.В. Рудакова // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2014. – №3(50). – С. 390 – 394.
4. Омельчук А.А. Компьютеризированное управление судоподъемным комплексом типа слип / А.А. Омельчук // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон, 2015. – №1(17). – С. 181 – 186.

БІДЮК П.І.,
ПИСАРЕНКО А.В.

КОНЦЕПЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДІАГНОСТИКИ ТА КЕРУВАННЯ НЕЛІНІЙНИМИ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

The basic approach to solving the problem of automatic or automated control and diagnosis of complex non-stationary systems under conditions of uncertainty is considered.

Сучасний стан розвитку технічних систем висуває високі вимоги до надійності та якості систем керування, що є частиною технологічних процесів, об'єктів транспорту, машинобудування тощо. Відсутність інструментів, що гарантують забезпечення високої надійності та сталих показників якості у складі систем керування призводить до зниження їх споживчих властивостей, продуктивності суттєвого та зростання ризиків економічних втрат.

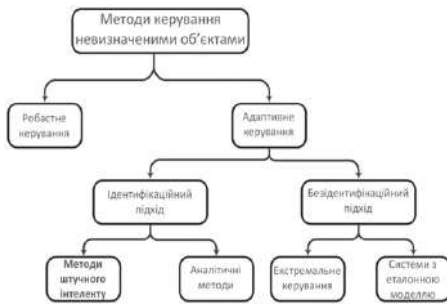


Рис. 1. Підходи до забезпечення заданих показників якості систем керування



Рис. 2. Інтегрування в одній системі «класики» та штучного інтелекту

Проблема забезпечення заданих показників якості автоматичного та напівавтоматичного керування в умовах наявності невизначеностей технічного середовища відома і є одним із основних напрямів розвитку сучасної теорії керування. Вирішення вказаної проблеми за останні роки присвячено великий об'єм публікацій, що спираються на такі загальносистемні підходи як:

робастність, оптимальність, адаптивність, функціональна повнота (рис. 1).

Аналізуючи відомі запропоновані підходи, можна спостерігати значне зростання математичної складності опису підсистем обробки даних, об'єктів керування і регуляторів що призводить до необхідності збільшення функціональних та обчислювальних можливостей компонентів систем керування та їх віддаленість від поняття “реального часу”. Тому для подолання вказаних складностей видається перспективною ідея інтегрування класичних підходів до синтезу систем керування з методами штучного інтелекту або інтелектуальним аналізом даних, які знаходять все ширше застосування у системах підтримки прийняття рішень, системах керування та т. ін. (рис. 2). Розроблення теоретичних основ і відповідного програмно-апаратного комплексу, що дасть можливість забезпечити задані показники якості функціонування системи, своєчасне інформування та/або налаштування компонентів системи у випадку непередбачуваних подій засобами автоматичної діагностики є, на сьогодні, актуальною та перспективною задачею.

Загальна концепція такого комплексу представлена на рис. 3. Ідея запропонованого рішення полягає у розробленні моделей, методів та засобів оптимального адаптивного керування та діагностики поведінки об'єкта керування на основі методів інтелектуального аналізу даних. Це дасть можливість оптимально оцінювати, на основі виміряних сигналів на входах та виходах об'єкта,

його поточний стан, виявляти та локалізувати місця відмов компонентів, оперативно підлаштовувати систему до нових умов функціонування за наявності впливу

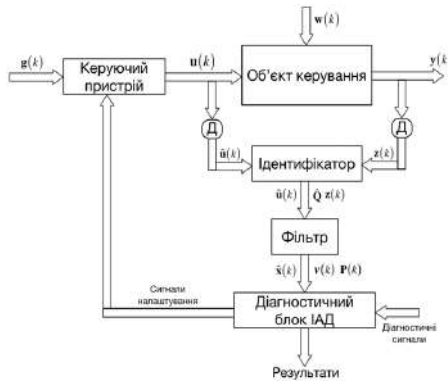


Рис. 3. Концепція програмно-апаратного комплексу керування та діагностики складними об'єктами

випадкових зовнішніх збурень і похибок (шумів) вимірів.

Розроблення систем керування, а також їх функціонування у реальному часі пов'язані з необхідністю врахування таких невизначеностей: невизначеності вимірювальних даних, невизначеності структури і параметрів математичних моделей, що використовуються для синтезу керуючих впливів, невизначеності (похибки) обчислювальних процедур та невизначеності, пов'язані з функціонуванням апаратних складових систем керування.

Невизначеності вимірів зумовлені наявністю похибок (шумів) вимірів, можливими пропусками вимірів внаслідок технічних причин, а також низькою інформативністю вимірів внаслідок їх слабких змін на окремих часових інтервалах. Для аналізу наявності та заповнення пропусків існують спеціальні алгоритми, які забезпечують належну якість згенерованих оцінок пропусків. Для боротьби з шумами вимірів застосовують належно спроектовані цифрові та/або оптимальні фільтри. Особливо корисними є оптимальні

фільтри, за допомогою яких можна розв'язувати задачі згладжування вимірів, оцінювання пропусків та невимірюваних змінних, виконувати короткострокове прогнозування змінних вектора стану, оцінювати деякі параметри математичної моделі об'єкта, а також аналізувати поточний стан об'єкта керування з метою його діагностики у реальному часі.

Для ідентифікації можливих невизначеностей структури і параметрів моделі введемо поняття структури і параметрів моделі об'єкта керування. Структура математичної моделі об'єкта керування складається з таких елементів: розмірність моделі (кількість рівнянь, що утворюють модель); порядок моделі – максимальний порядок диференціальних або різницевих рівнянь, що входять у модель; затримка реакції по входу та її оцінка; нелінійності та їх тип; зовнішні випадкові збурення і тип щільності їх розподілу. Формально це можна записати так [1]:

$$S = \{m, p, d, n, w\},$$

де m – розмірність моделі; p – порядок моделі; d – час затримки по входу; n – нелінійність та її тип; w – зовнішні збурення і тип їх розподілу.

Структурно-параметричні невизначеності моделі також пов'язані із низькою якістю даних і недостатньою визначеністю фактичної структури самого об'єкта керування. Структура і параметри об'єкта можуть змінюватись у часі внаслідок зовнішніх та внутрішніх впливів. Внутрішні збурення виникають внаслідок виникнення розладів технологічного обладнання, помилками персоналу, відмовами локальних керуючих систем та некоректними тактичними рішеннями. Основним методом боротьби із невизначеностями структурно-параметричного типу є адаптація структури і параметрів математичної моделі об'єкта до перемінних умов його функціонування. Ідентифікація та врахування невизначеностей вказаних типів дасть можливість проектувати системи керування високого ступеня надійності та реалізувати функції діагностики в реальному часі.

Перелік посилань

1. Бідок П.І., Романенко В.Д., Тимошук О.Л. Аналіз часових рядів. – Київ: Політехніка, 2013. – 600 с.

ПОЛИЩУК І.В.

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН IN VITRO

Данная работа посвящена проблеме автоматизации процесса микроклонального размножения растений. Для этого предложено применение автоматизированной роботизированной системы с программным управлением (АРС). Анализируются две составляющие ухода - программная и адаптивная. Также рекомендовано программную среду, с помощью которой осуществляется их реализация. Указано методы, на которых базируется управления роботизированной системой.

This work is devoted to the problem of automating the process of micropropagation. It is suggested to use an automated robotic system with program control (APC). The two components of care - software and adaptive were analyzed. Also it is recommended the software environment, that are realising this components. Robotic control system methods are indicated.

Вступ

На сучасному етапі розвитку біотехнології широкого поширення набуло мікроклональне розмноження рослин in vitro. Такий тип розмноження має низку переваг перед традиційним вирощуванням: генетична однорідність матеріалу, можливість автоматизації процесу, зменшення тривалості селекційного процесу тощо [1]. Цей процес потребує комплексу різноманітних маніпуляцій і програмного догляду за рослиною. У класичних методах вирощування експериментальних сортів враховуються тривалість культивування, ефективність стерилізації, склад і консистенція поживних середовищ з індивідуальним для кожного виду рослин комплексом мінеральних речовин, гормонів, вітамінів; кліматичні умови: освітленість, а саме його інтенсивність та спектральний склад, температура, вологість які, в сукупності, створюють оптимальні умови для розвитку дослідного зразку [2].

На даний момент, створення відповідних умов залишається областю людської праці із застосуванням фітокамер. Такий підхід потребує щоденної присутності людини біля об'єкту. Більше того вплив людського фактору на процес культивування має негативний характер, так як особливо важливим для розмноження культур рослин in vitro є дотримання стерильності і уникнення контамінації досліджуваного матеріалу [2] [3].

Перспективи застосування і структура автоматичних роботизованих систем

Для оптимізації догляду за дослідною культурою, полегшення повторюваності експерименту і мінімізації людського фактору, у роботі запропоновано застосування автоматизованої роботизованої системи з програмним управлінням (АРС). До складу комплексу входять:

робот-маніпулятор з механічним схватом, стаціонарна сенсорна система, виконавчі органи для зміни умов середовища.

Застосування АРС передбачає наявність двох складових догляду – програмної і адаптивної. Всі етапи догляду супроводжуються автоматичним моніторингом стану рослини і умов середовища.

Програмна складова догляду передбачає виконання АРС заданої стратегії догляду на проміжку всього росту рослини. При цьому забезпечується моніторинг і документування змін, які спостерігаються у рослині.

Натомість адаптивна складова передбачає можливе відхилення від заданої програми, якщо це відхилення ймовірно призведе до покращення росту рослини. Програмна і адаптивна складові системи сумісні з технологією *HIL* і реалізовані засобами *MatLab simulink*.

Сенсорна система, що ходить до складу АРС зчитує та передає на обробку дані про: температуру, вологість та склад атмосфери, температуру та вологість поживного середовища, його pH, рівень освітлення та шуму, ступінь аерації, тривалість культивування.

Базуючись на складових догляду, наявні виконавчі органи та загальна структурна схема АРС показана на Рис. 1. Експериментальна установка АРС (Рис. 2) побудована на кафедрі ТК НТУУ “КПІ”, де проходить налагодження [4].

Застосування адаптивної складової передбачає залучення нейромережевої системи корекції параметрів середовища.

Реалізація підсистеми “Моторика” (рис. 1.) у складі АРС побудована із застосуванням конструкції *HIL* та ґрунтується на рішенні зворотної задачі кінематики. Модель маніпулятора і відповідна підсистема управління показана на Рис. 3.



Рис. 1. Графік середнього завантаження

Управління роботизованою складовою системи базується на методах зворотної задачі кінематики і детально описана в попередніх публікаціях [5,6].



Рис. 2. Експериментальна установка APC

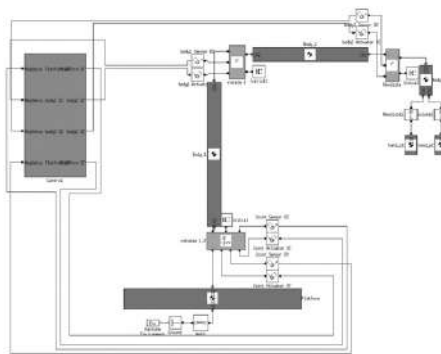


Рис. 3. Модель і система управління APC

Управління роботом з середовища MatLab виконано за допомогою моделі з термінальної системою обміну директивами [6].

Висновок

Застосування результатів дослідження дозволить підвищити ефективність праці по догляду за рослинами. Використання APC автоматичного рослинництва і догляду за експериментальними об'єктами дозволить відтворити оптимальні умови культивування.

Перелік посилань

1. Микрোকлональное размножение и оздоровление растений [Электронный ресурс]. http://www.biotechnolog.ru/pcell/pcell6_1.htm (дата звернення: 06.10.15)
2. Микрোকлональное размножение плодовых и ягодных культур как основа ведения современного прибыльного садоводства [Электронный ресурс]. http://ikc.belapk.ru/tehnologii/mikroklonalnoe_razmnozhenie_plodovyh_i_yagodnyh_kultur_kak_osnova_vedeniya_sovremennogo_pribyl'nogo_sadovodstva (дата звернення: 06.10.15)
3. Хаджиматова К.В. Особливості мікрোকлонального розмноження *tilia tomentosa moench*. Дис.: кандидата біологічних наук.: 01.04.11 / Хаджиматова Карина Валеріївна. - Київ, 2011. - 256 с.
4. Гуменний Д.О. Розробка концепції та системи управління багатогільовим роботом-маніпулятором для виконання орбітального сервісу. 15th UKRAINIAN CONFERENCE ON SPACE RESEARCH / Д.О. Гуменний, М.М. Ткач, О.В. Чкалов, Ю.А. Тимошин р. 120-125
5. D. Humennyi. A Hybrid Control Method for Stabilizing of Walking Robot on Irregular Surface Using Plantar Pressure Sensors. ecommas thematic conference Multibody Dynamics 2013 / D. Humennyi, A. Chkalov, M. Tkach р. 307-308
6. Гуменний Д.О. Адаптивна система автоматичного керування з дуальним спостерігачем та пам'яттю. Розподілені комп'ютерні системи. ст. 34-36

РЕПНІКОВА Н.Б.

СИНТЕЗ ВЕКТОРНО-МАТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РЕГУЛЯТОРІВ БАГАТОВИМІРНИХ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Предложены несколько алгоритмов синтеза векторно-матричных моделей регуляторов цифровых многомерных систем управления, которые обеспечивают заданное качество системы на основе формирования матрицы обратных связей по состоянию

Ключевые слова: векторно-матричные модели, цифровые системы управления, многомерные системы управления

Several algorithms for synthesis of vector-matrix models of multidimensional control systems digital controllers that provide specified quality system on the basis of the formation of matrix feedbacks is proposed

Keywords: vector-matrix models, digital control systems, multidimensional control systems

Вступ

В задачах керування технічними об'єктами була і остається актуальною задача розроблення регуляторів багатовимірних систем керування. В таких системах крім основної задачі синтезу регуляторів, необхідно вирішувати попередню задачу нейтралізації зв'язків у багатозв'язному об'єкті керування.

Така нейтралізація у літературі получила назву розв'язання каналів.

В доповіді розглядаються шляхи вирішення задачі синтезу векторно-матричних моделей регуляторів багатовимірних систем керування по-перше: на основі зворотніх зв'язків за станом та включення динамічних зворотніх зв'язків; по-друге: з використанням допоміжної матриці F [1].

Постановка і вирішення задачі

Розглянемо об'єкт керування, що описується рівняннями виду

$$\begin{aligned} \mathbf{x}[n+1] &= \mathbf{A}[n]\mathbf{x}[n] + \mathbf{B}u[n] \\ \mathbf{y}[n] &= \mathbf{C}\mathbf{x}[n] \end{aligned}$$

Загальний вид матриць для багатозв'язного

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{1n} \\ a_{n1} & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{nr} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & 0 \\ 0 & c_{pn} \end{bmatrix}$$

за станом об'єкту керування ϵ

Необхідно виконати синтез векторно-матричної моделі регулятора, при якому:

- об'єкт управління задовольняє умові повної керованості, тобто існує невідроджена матриця керованості $\mathbf{P} = [\mathbf{B} \dots \mathbf{A}^{(n-1)}\mathbf{B}]$, така що $\text{rank}(\mathbf{P}) = n$.

- перехідний процес замкнутої системи відповідає бажаним показникам якості: нульова похибка в установленому режимі та нульове перерегулювання.

1) Для діагоналізації матриці \mathbf{A} пропонуємо включити у цифрову систему допоміжний об'єкт з матрицею \mathbf{C} виду

$$\tilde{\mathbf{N}} = \begin{bmatrix} 0 & \beta_{12} \\ \beta_{21} & 0 \end{bmatrix}$$

Тобто, потрібно ввести допоміжний об'єкт в систему, щоб отримати цифрову систему з діагоналізованою матрицею \mathbf{A} .

Коефіцієнти β_{ij} утворюють відповідну матрицю, які потрібно підрахувати для того, щоб новий сигнал $U[n]$ об'єднував функцію виключення впливу перехресних зв'язків з функцією управління:

$$\beta = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{a_{12}}{b_1} & \dots & -\frac{a_{1n}}{b_1} \\ -\frac{a_{21}}{b_2} & 0 & \dots & -\frac{a_{2n}}{b_2} \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ -\frac{a_{n1}}{b_n} & -\frac{a_{n2}}{b_n} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Так як алгоритм синтезу системи передбачає зведення вихідної системи до автономної, для розрахунку матриць зворотнього зв'язку, будемо використовувати рівняння замкнутої системи для кожного стану окремо [2]:

$$\begin{bmatrix} z & 0 \\ 0 & z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_{11} & 0 \\ c_{11} & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} \\ 0 \end{bmatrix} [g_1 \quad g_2] = (z - \lambda_1)(z - \lambda_2)$$

Де шукана матриця зворотного зв'язку \mathbf{G} буде мати розмірність $(r \times (n+p))$, а бажані корені λ

2) З використанням допоміжної матриці \mathbf{F} розглянемо інший підхід до розроблення векторно-матричної моделі регулятора, які дозволяють виключити вплив перехресних зв'язків за станом.

Матриця зворотних зв'язків за станом у цьому випадку розраховується за виразом

$\mathbf{K} = [\mathbf{C}\mathbf{B}]^{-1} [\mathbf{C}\mathbf{A} - \mathbf{Z}\mathbf{C}]$, де діагональні елементи z_i матриці \mathbf{Z} є корені характеристичного рівняння

$$\det[\mathbf{z}\mathbf{E} - \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{K}] = \det[\mathbf{z}\mathbf{E} - \mathbf{F}]$$

В загальному вигляді для системи n -ного порядку матриця \mathbf{K} регулятора розраховується як

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11} - z_1}{b_{11}} & \frac{a_{12}}{b_{11}} \dots & \frac{a_{1l}}{b_{11}} & \frac{a_{1n}}{b_{11}} \\ \frac{a_{21}}{b_{22}} & \frac{a_{22} - z_2}{b_{22}} \dots & \frac{a_{2l}}{b_{22}} & \frac{a_{2n}}{b_{22}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{b_{nn}} & \frac{a_{n1}}{b_{nn}} & \frac{a_{nl}}{b_{nn}} & \frac{a_{nn} - z_n}{b_{nn}} \end{bmatrix}$$

Окремо слід зазначити, як показали дослідження, у багатьох розглянутих методах синтезу цифрових систем керування спостерігається

помилка регулювання, що знижує ефективність проведеного синтезу.

Для усунення помилки регулювання існує декілька шляхів. По-перше, це визначення коригуючих коефіцієнтів, які обумовлюють нульову помилку регулювання, по-друге, це якісний розрахунок бажаних коренів характеристичного рівняння.

Як приклад пропонуємо для розглянутого алгоритму синтезу векторно-матричних моделей регуляторів використовувати наступну формулу розрахунку бажаних коренів характеристичного рівняння

$$z_i = \frac{1}{1 + b_i c_{ii}}, \text{ де } i=1, \dots, n$$

Всі аналітичні формули підтверджені експериментальними дослідженнями, які проводились з використанням комп'ютерного моделювання за допомогою інженерного пакету MATLAB/Simulink.

Висновки

На базі існуючих алгоритмів, отримані аналітичні вирази для векторно-матричних моделей регуляторів багатовимірних цифрових систем керування, які не тільки дозволяють виключити взаємний вплив перехресних зв'язків за станом, а й забезпечити задану якість синтезованої системи.

Перелік посилань

1. Изерман Р. Цифрові системи управління/ - М.: Мир,1984 - 345с.-Бібліогр.520-530с.- 10500 екз.
2. Куо Ю. Теорія і проектування цифрових систем управління/ - М.: «Машиностроение»,1986 – 448с.-Бібліогр.:446-447с.-13000 екз.

КАТИН П.Ю.,
ЖЕРЕБКО В.А.,
РИЖКО Б.В.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИКИ МЕРЕЖАМИ ПЕТРИ

Рассматривается проблема моделирования сложных систем промышленной автоматике. На одном из примеров технологического процесса мойки бродильных резервуаров предлагается построение математической модели, используя сети Петри. Были получены результаты моделирования сети Петри, которая описывается множеством мест, переходов, начальной маркировки и моделирует движение жидкости между сегментами трубопроводов.

There is considered the problem of modeling of complex industrial automation systems. In one of the examples, the process of washing fermentation tanks serves to construct a mathematical model using the Petri net. The results of modeling Petri net were got, that describes a variety of places, transitions, initial marking and simulates the movement of fluid between the joints of pipelines.

Вступ

На сьогодні отримали широкий розвиток системи промислової автоматике (СПА) великої складності. СПА будуються для широкого загалу галузей виробництва: енергетика, хімічна та нафтохімічна, кольорова металургія, паливна, харчова. Для реалізації таких систем застосовуються промислові контролери, наприклад, Siemens SIMATIC S7-300, Allen-Bradley 800-х та інші [1]. До появи сучасних промислових контролерів (ПК), СПА будувалися на простих логічних елементах, що призводило до зниження показників надійності та тривалості безперебійної роботи СПА. Сучасні ПК вирішують дану проблему. Програмування ПК дозволяє дуже просто змінювати логіку роботи СПА без заміни технічних засобів. Стандарти ПК мають у своєму складі периферію для дискретного введення-виведення даних з кількістю входів-виходів від 8 до 32 і більше за рахунок додаткових модулів.

Під час побудови СПА звичай використовуються інженерно-інтуїтивні методи. Збільшення складності та вартості СПА, їх налаштування передбачають знаходження нових підходів до розробки СПА.

Наприклад, відносно нескладна система очищення бродильних резервуарів має 24 клапани, 7 ємностей, керований теплообмінник, 19 датчиків, 25 сегментів трубопроводів. Ця система включає 5 технологічних циклів. Відмова або неправильна робота хоча б одного з вищеперелічених елементів СПА може призвести до відмови, яка обумовлює великі матеріальні втрати. Наприклад, обсяг рідини однієї з трьох ємностей для розчинів складає 4000 л. Помилка під час роботи або налаштування СПА може привести до псування цього обсягу розчину з відповідними матеріальними втратами.

Математична модель

Зважаючи на зазначену проблематику у побудові та налаштування складних СПА, пропонується формалізація технологічного процесу у вигляді математичної моделі (ММ) на базі мереж Петрі (МП).

Використана проста МП, формалізація якої представлена у [2]. МП представлена у вигляді п'яти елементної множини $PN = (P, T, F, W, M_0)$, де

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ - скінченна множина місць,

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ - скінченна множина переходів,

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ - скінченна множина дуг,

$W: F \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ - функція ваги,

$M_0: P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ - початкове маркування,

$P \cap T = \emptyset$ та $P \cup T \neq \emptyset$.

Для побудови базової ММ користуються схемою технологічного процесу, виділяються елементи СПА і перетворюються в елементи МП. Основу ММ складає впорядкована множина перевірок стану рідини у сегментах труб між елементами управління СПА. Наприклад, сегмент труби між двома клапанами, між клапаном та нагрівачем, між клапаном та насосом та інші комбінації, що залежать від будови системи. Таким чином, утворюється базова МП, що описує шлях проходження робочої рідини. Вона може утворювати замкнений контур або певний нерозривний шлях. Таким чином отримується первинна множина місць $P_a = \{p_{1a}, p_{2a}, \dots, p_{na}\}$ та переходів

$T_a = \{t_{1a}, t_{2a}, \dots, t_{na}\}$, де елемент множини p_{ia} являє собою індикатор того, що робоча рідина просувається по коректному шляху і має робочі характеристики, а елемент множини t_{ia} характеризує

виконання всіх умов, що забезпечують робочі характеристики рідини у сегменті трубопроводу.

Для моделювання СПА на базі отриманої ММ необхідно до множини T_a підключити додаткову множину P_a , що характеризує елементи СПА, які впливають на характеристики робочої рідини. Ця множина, наприклад, містить стани всіх елементів СПА.

Результати моделювання

Для описаної вище системи очищення бродильних резервуарів, ММ на базі МП, представлена на рис. 1. В даному випадку розглядається частина системи із наступною кількістю елементів: 16 клапанів (K46, K28, K9, K32, K29, K31, K34, K36, K25, K17, K41, K21, K43, K45, K37); один сітчастий фільтр; дві ємності (кислотного розчину та бродильний резервуар); насоси чистої води, подаючий, зворотний). Множина місць МП матиме наступні елементи:

- p1 - ємність кислотного розчину наповнена;
- p2 - клапан K46;
- p3 - клапан K28 відкритий;
- p4 - клапан K9 закритий;
- p5 - насос чистої води виключений;
- p6 - подаючий насос ввімкнутий;
- p7 - клапан K32 відкритий;
- p8 - клапан K29 закритий;
- p9 - клапан K31 відкритий;

- p10 - промивка бродильного резервуара;
- p11 - клапан K34 відкритий;
- p12 - зворотний насос ввімкнутий;
- p13 - фільтрація сітчастим фільтром;
- p14 - клапан K36 відкритий;
- p15 - клапан K25 відкритий;
- p16 - клапани K21, K43, K45, K37 закриті;
- p17 — тиск та температура в нормі.

В результаті моделювання отримано МП, яка містить множину місць, що включає в себе P_a і P_b , множину переходів T_a та початкове маркування, що відображає стан технологічної рідини у сегментах трубопроводу.

Висновки

Такий підхід до побудови ММ надає можливість вирішити низку питань: дослідження умов проходження рідини математичними методами; визначення найбільш відповідальних та вразливих місць СПА, до яких висуваються високі показники надійності; спрощення побудови програми для ПК; розробки контролеру СПА.

Подальша робота передбачає пошук, вибір та визначення математичних методів дослідження математичних моделей СПА та новітніх методик реалізації програмної частини СПА на ПК.

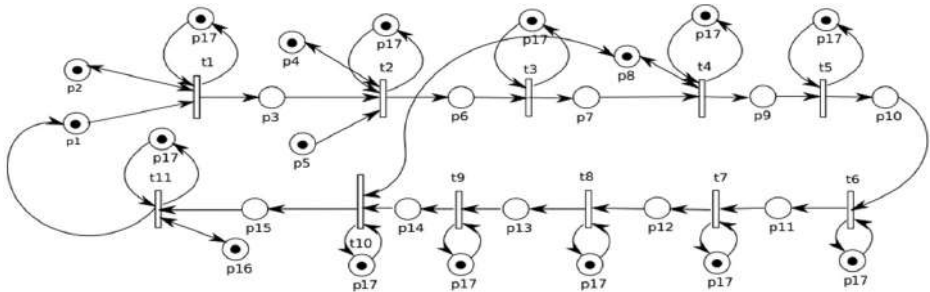


Рис. 1. ММ системи очищення бродильних резервуарів на базі МП

Перелік посилань

1. Бергер Г. Автоматизация посредством STEP 7 с использованием LAD и FBD и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300-400: Пер. с англ. - Publicis MCD Corporate Publishing, Erlangen and Munich, 2001. - 348 с.
2. T. Murata: Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. IN proceeding of the IEEE, Vol. 77, No. 4, April, 1989, pp.541-580.
3. Питерсон Дж. Теория сетей петри и моделирование систем: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 264 с., ил.

МЕЛАНЧЕНКО А.Г.,
СИНЧА А.А.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ПАКЕТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗРЕЖЕННОГО КЛАСТЕРА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Розглядається метод розподілу цільових завдань проміж КА у складі розрідженого кластеру спостереження Землі, що поєднує відомі підходи вибору КА - переможця за результатами аукціону з наступним узгодженням отриманих результатів на підставі консенсусу. Метод що пропонується має переваги перед відомими аналогами.

Ключові слова: космічний апарат; кластер; цільова задача; інформація про обстановку.

Method of objective task allocation among satellites of sparse Earth observation cluster that combines certain approaches to selection of satellite-auction winner and successive agreement of results on basis of consensus is proposed. The proposed method has advantages over analogues.

Keywords: satellite, cluster, objective problem, situation awareness.

Введение

В настоящее время к выходу готовится журнал «Вестник Днепропетровского Национального университета. Ракетно-космическая техника», в котором к публикации принята статья авторов, посвященная субоптимальному методу децентрализованного распределения задач наблюдения Земли для разреженного кластера КА. Полученные результаты показали, что предложенный метод обеспечивает высокую эффективность и быструю сходимости процесса распределения задач. Однако метод базировался на допущении, что одному КА может быть назначено не более одной целевой задачи.

С практической точки зрения иногда более целесообразно иметь возможность пакетного планирования, когда каждому КА кластера назначается не одна, а несколько целевых задач. Для случая компактного кластера, в котором расстояния между КА малы по сравнению с размерами объектов наблюдения, решение такой задачи было предложено в [1], где кластер может рассматриваться как виртуальный многоэлементный КА, и целевые задачи могут распределяться между КА кластера произвольным образом.

Для разреженного кластера условия наблюдения одного и того же объекта наблюдения различными КА могут различаться, что исключает произвольное распределение целевых задач между КА. Для успешного достижения цели, поставленной перед разреженным кластером, необходимо скоординированное пакетное распределение целевых задач между КА.

Основной материал

Пусть известен перечень N_T целевых задач. Необходимо распределить их между N_A КА кластера так, чтобы каждая задача была назначена не более чем одному КА, максимизировав при этом показатель эффективности миссии. Каждому КА может быть назначено не более L_j целевых задач, и процесс распределения задач считается завершённым, как только будет распределено

$N_{\min} = \min\{N_T, N_A L_T\}$ задач. КА кластера объединены в неориентированную информационную сеть, имеющую симметричную матрицу смежности $G(\tau)$, такую, что $g_k(\tau) = 1$, если в момент времени τ существует линия связи между КА i и k . Глобальную целевую функцию определим как сумму локальных показателей эффективности, в качестве которых будем использовать функцию оценки всех целевых задач, назначенных конкретному КА.

В рассмотренной постановке распределение целевых задач в кластере КА задач представляет собой задачу целочисленного программирования следующего вида:

$$\max \sum_{i=1}^{N_A} \left(\sum_{j=1}^{N_T} c_{ij}(x_i, p_i) x_{ij} \right), \sum_{i=1}^{N_A} x_{ij} \leq L_T,$$

$$\forall i \in I, \sum_{j=1}^{N_T} x_{ij} \leq 1, \forall j \in J,$$

$$\sum_{i=1}^{N_A} \sum_{j=1}^{N_T} x_{ij} = N_{\min} = \min\{N_T, N_A L_T\},$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall (i, j) \in I \times J, (1)$$

где двоичная переменная решения $x_j = 1$, если выполнение задачи j назначено КА i , а $x_j \in \{0, 1\}^{N_j}$ – вектор, j -м элементом которого является переменная x_j .

Вектор $p_i \in (J \cup \{\emptyset\})^k$ представляет собой упорядоченную последовательность целевых задач для КА i , и соответствует маршруту, вдоль которого выполняется наблюдение. Элемент p_k этого вектора равен $j \in J$, если КА i назначено выполнение целевой задачи j в точке k маршрута, и \emptyset (будем обозначать так «пустую» задачу), если этому КА назначено выполнение менее k задач. Оператор суммирования в скобках соответствует локальному эффекту выполнения целевых задач для КА i . Предполагается, что функция оценки удовлетворяет условию $c_{ij}(x_i, p_i) \geq 0$.

Применительно к рассматриваемой задаче функция оценки может быть интерпретирована как эффект, зависящий от маршрута конкретного КА: длина маршрута (количество снятых объектов наблюдения), ценность снимка конкретного объекта наблюдения для потребителя, убывающая со временем и т.п.

В отличие от известных подходов, предусматривающих формирование пакетов целевых задач с последующим проведением аукциона по выбору пакета-победителя, предлагаемый метод предусматривает проведение аукционов на уровне отдельных целевых задач до включения их в пакет. Задачи выбираются из априорного плана [1], который формируется на Земле и передается на борт каждого КА кластера. Предлагаемый метод децентрализованного пакетного распределения задач реализуется циклически в виде двухэтапного процесса: формирование единого пакета целевых задач по результатам аукционов на первом этапе с последующим разрешением конфликтов по принципу консенсуса без необхо-

димости согласования информации об обстановке между КА кластера.

Моделирование показало, что время распределения задач прямо зависит от N_T и обратно – от L_T ; при этом оно практически не зависит от погрешности информации об обстановке $\bar{\Delta}_{Sd}$. Для оценки качества распределения задач полученный результат сравнивался с результатами, которые получены с использованием оптимального алгоритма координации задач при отсутствии погрешностей информации об обстановке. Вычислялось среднее значение показателя субоптимальности $\bar{\Delta}_{opt}$ как разность решения задачи (1) и оптимального решения, выраженная в процентах.

Было установлено, что при отсутствии погрешностей информации об обстановке результаты предлагаемого метода практически не отличаются от оптимальных ($\bar{\Delta}_{opt}$ не превышает 3%). С ростом $\bar{\Delta}_{Sd}$ значение показателя субоптимальности также растет, однако даже при максимальной погрешности информации об обстановке его значение не превышает 30%, что можно считать приемлемым результатом.

Выводы

Разработан новый метод пакетного децентрализованного распределения задач между КА разреженного кластера, который является обобщением полученных ранее результатов для случая назначения одному КА нескольких целевых задач. Результаты моделирования показали, что предложенный метод обеспечивает хорошую сходимость и получение приемлемого результата за ограниченное время, что позволит экономно расходовать вычислительные ресурсы бортового компьютера

Список литературы

1. Меланченко А.Г. Целевое управление кластерами космических аппаратов наблюдения Земли // Автоматика-2014: Материалы 21-й Международной конференции по автоматическому управлению. К.: «Политехника», 2014 – с. 158-159.

AZARSKOV V.N.,
ZHITECKII L.S.,
SOLOVCHUK K.Yu.

ROBUSTNESS ANALYSIS OF SOME MULTIVARIABLE FEEDBACK CONTROL SYSTEMS CONTAINING GENERALIZED INVERSE MODEL-BASED CONTROLLERS

Робота стосується використання так званої концепції узагальненої оберненої моделі, висунутої раніше авторами, для побудови робастних лінійних дискретних регуляторів в ланцюгу зворотного зв'язку для керування як нелінійними, так і лінійними багатовимірними статичними об'єктами. Встановлено умови робастності замкнених систем керування.

The work deals with utilizing the so-called generalized inverse model concept advanced before by the authors to design the robust linear discrete-time feedback controllers for controlling both nonlinear and linear multivariable static plants. The robustness conditions of the closed-loop control systems are established.

Introduction

The design of an advanced controller for MIMO (multi-input multi-output) processes requires a model giving some description of the process behavior. Within the framework of this concept, the inverse model-based controller was reported in [1] by one of the authors together with his colleagues to dealing with a linear discrete-time multivariable process control. To implement the method of [1], the gain matrix of a plant model needs to be non-singular. However, this matrix may actually be singular, in general.

Recently, the so-called generalized inverse (pseudo-inverse) model-based control concept was advanced in [2] to cope with the singularity which may appear in the gain matrix. This concept makes it possible to implement the perfect control of linear MIMO plants with no uncertainties in their description. It turns out that the generalized inverse model-based controller can be robust even if the plant is unknown and nonlinear [3].

This work is an extension and generalization of robustness results established in [3].

Problem Statement

Consider the discrete-time multivariable static plant described by the equation

$$y_n = \phi(u_{n-1}) + d_n ; \quad (1)$$

where $y = [y^{(1)}, \dots, y^{(m)}]^T$ denotes the m -dimensional output vector, $u = [u^{(1)}, \dots, u^{(r)}]^T$ denotes the r -dimensional input (control) vector, $d_n = [d_n^{(1)}, \dots, d_n^{(m)}]^T$ is unmeasurable disturbance vector, and $\phi: \mathbf{R}^r \rightarrow \mathbf{R}^m$ represents some nonlinear (in general) vector-valued function

$$\phi(u) = [\phi^{(1)}(u), \dots, \phi^{(m)}(u)]^T. \quad (2)$$

Suppose that the number of inputs is not more than the number of outputs, i.e., $r \leq m$.

Denoting $b^{(ij)}(u) := \partial \phi^{(i)}(u) / \partial u^{(j)}$, introduce the matrix

$$B(u) = \begin{pmatrix} b^{(11)}(u) & \dots & b^{(1r)}(u) \\ \vdots & & \vdots \\ b^{(m1)}(u) & \dots & b^{(mr)}(u) \end{pmatrix} \quad (3)$$

which represents the $m \times r$ Jacobian matrix whose elements play a role of some gains from the j th input $u^{(j)}$ to the i th output $y^{(i)}$ for each fixed $u \in \mathbf{R}^r$. Now, it is assumed that the components $\phi^{(1)}(u), \dots, \phi^{(m)}(u)$ of $\phi(u)$ in (2) are all the continuously differentiable functions of the variables $u^{(1)}, \dots, u^{(r)}$ such that the elements of (3) does not change its sign and remains uniformly bounded for all u from \mathbf{R}^r according to

$$b_{\min}^{(ij)} \leq b^{(ij)}(u) \leq b_{\max}^{(ij)}, \quad 0 < b_{\min}^{(ij)} b_{\max}^{(ij)} < \infty \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, r). \quad (4)$$

Similarly to [2, 3], we here assume that the components of d_n are upper bounded in modulus:

$$|d_n^{(i)}| \leq \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, m). \quad (5)$$

Let $y^* := [y^{*(1)}, \dots, y^{*(m)}]^T$ ($y^{*(i)} \equiv \text{const}$) be some nonzero vector defining the desired output vector (a given set-point).

As in [3], we choose a fixed $m \times r$ matrix $B_0 = (b_0^{(ij)})$ whose elements satisfy

$$b_{\min}^{(ij)} \leq b_0^{(ij)} \leq b_{\max}^{(ij)}$$

and determine the so-called generalized inverse

matrix $B_0^+ = (\beta_0^{(ij)})$ as

$$B_0^+ = \lim_{\delta \rightarrow 0} B_0^T (B_0^T B_0 + \delta^2 I_r)^{-1},$$

where I_r denotes the $r \times r$ unit matrix.

Following to [3], the generalized inverse model-based control law will be designed in the form

$$u_n = u_{n-1} + B_0^+ (y^* - y_n). \quad (6)$$

The problem is to give the conditions guaranteeing the robustness properties of the feedback control system (1), (6) for any $\phi(u)$ which yields $B(u)$ whose elements satisfy the restriction (4).

Main Results

Before going to the robustness analysis of the control system (1), (6) we note that the equilibrium state, (u^e, y^e) , of this system is defined as a solution $u = u^e$ of the equation

$$B_0^+ (y^* - \phi(u)) = 0_r, \quad (7)$$

in which 0_r denotes r -dimensional zero vector.

Introduce the variables $\sigma^{(ik)}$ defined by

with $\delta^{(ij)}$ satisfying the restriction

$$b_{\min}^{(ij)} - b_0^{(ij)} \leq \delta^{(ij)} \leq b_{\max}^{(ij)} - b_0^{(ij)}, \\ i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, r. \quad (8)$$

Let the equilibrium state given by (7) exist. Then, the robustness analysis problem can be shown to be formulated as the following linear programming problems:

find

$$\min \sigma^{(ik)} \quad \max \sigma^{(ik)} \quad (9)$$

$$\sigma^{(ik)} = \sum_{j=1}^m \beta^{(ij)} \delta^j$$

under the restrictions (8).

Consider the nonlinear case assuming that the matrix B_0 to be chosen by the designer is a matrix of the full rank, i.e., $\text{rank } B_0 = r$. It turns out that in this case, the conditions

$$\sum_{k=1}^r \max \{ |\min \sigma^{(ik)}|, |\max \sigma^{(ik)}| \} \leq 1, i = 1, \dots, r \quad (10)$$

in which $\min \sigma^{(ik)}$ and $\max \sigma^{(ik)}$ represent the solutions of the linear programming problems (8), (9), are the sufficient conditions for the robustness of the controller (6).

Note that if the set of the matrices $B(u)$ satisfying (4) contains the matrices with $\text{rank } B(u) < r$ then the conditions (10) are not satisfied for $r = m$.

Let the plant to be controlled be a linear system.

In this case, $\phi(u) = Bu$ with some fixed matrix $B = (b^{(ij)})$. Suppose, its elements meet

$$b_{\min}^{(ij)} \leq b^{(ij)} \leq b_{\max}^{(ij)}, \quad 0 < b_{\min}^{(ij)} b_{\max}^{(ij)} < \infty,$$

$$(i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, r). \quad (11)$$

Then the robustness conditions (10) remain valid under the restrictions (11) if $r < m$. In the case where $r = m$, this conditions cannot be satisfied if

$\det B_0 \neq 0$ but the set Ω of B s whose elements are defined by (11) contains singular matrices. Nevertheless, they can be satisfied by choosing

another matrix $B_0 \in \Omega$ such that $\det B_0 = 0$.

Conclusions

In this work we show that the robustness properties of the discrete-time closed-loop control system which contains a multivariable static (linear or nonlinear) plant and the linear generalized inverse model-based controller will be guaranteed if certain conditions on its model are satisfied. These conditions can easy be verified.

References

1. Skurikhin V.I., Protsenko N.M., Zhitetsky L.S. Multiple-connected system of technological processes control with table of objects // Proc. IFAC 3rd Multivariable Technological Systems Symposium (Manchester, UK), 1974.– P. S35-1–S35-4.
2. Azarskov V.N., Zhiteckii L.S., Solovchuk K.Yu. Discrete-time control of linear multivariable systems with either singular or ill-conditioned transfer function matrices // Proceedings of the National Aviation University, 2014.– No 2.– P. 19-27.
3. Zhiteckii L.S., Azarskov V.N., Solovchuk K.Yu., Sushchenko O.A. Discrete-time robust steady-state control of nonlinear multivariable systems: a unified approach // Preprints 19th IFAC World Congress. Cape Town, South Africa, 2014.– P. 8140-8145.

СУЩЕНКО О.А

РОБАСТНАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ

Поставлена и решена задача синтеза робастной комбинированной системы, обеспечивающей стабилизацию и управление ориентацией измерительных осей устройств, функционирующих на подвижных объектах в сложных условиях реальной эксплуатации. Предложен новый функционал качества системы, который учитывает ее точность и робастность, а также затраты на управление. Представлены результаты проектирования робастного H_∞ -регулятора и результаты моделирования синтезированной системы.

The problem of design of the robust two-degree-of-freedom system providing stabilization and control by orientation of measuring axes of devices operated at vehicles in the difficult conditions of real operation is set and solved. The new quality functional of the designed system taking into consideration the system precision and robustness and also the control costs is suggested. Results of robust H_∞ -controller design and synthesized system simulation are represented.

Введение и постановка проблемы

Управление информационно-измерительными устройствами, установленными на подвижном основании, может осуществляться по сигналу ошибки, который характеризует разницу между командным и выходным сигналом. Но в этом случае невозможно обеспечение высокой точности процессов управления ориентацией измерительных осей устройств. Решение этой проблемы может быть осуществлено на основании комбинированного управления, при котором используется как управление по ошибке, так и управление по задающему воздействию [1]. При этом в состав проектируемой системы будут входить два регулятора, реализующие управление в прямой и обратной связи.

Выбор законов управления для робастных систем стабилизации и управления ориентацией измерительных осей устройств, эксплуатируемых на подвижных объектах, определяется существенным изменением их параметров во время эксплуатации, воздействием разнообразных внешних воздействий, а также помех измерений.

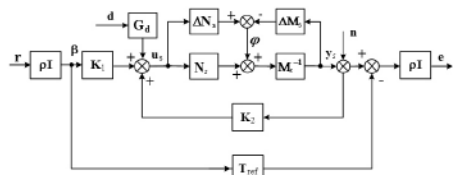
С учетом этих обстоятельств задачу проектирования систем стабилизации и управления ориентацией измерительных осей устройств, эксплуатируемых на подвижных объектах, предлагается решать как задачу робастного структурного H_∞ -синтеза системы с комбинированным управлением [2].

Для решения этой проблемы необходимо ввести новый функционал качества системы и выполнить процедуру H_∞ -синтеза после определения передаточной функции обобщенного объекта и весовых коэффициентов.

H_∞ синтез робастной комбинированной системы

Существуют разные подходы к структурному синтезу комбинированных робастных систем. Метод, предложенный К. Гловером и Д. Мак-Фарланом [3] и развитый в работе [4], базируется на робастной стабилизации и задании параметрических возмущений при помощи нормализованной левой взаимно-простой факторизации. В его основу положена процедура

H_∞ -синтеза, основанная на формировании желаемых частотных характеристик замкнутой робастной системы управления при помощи расширения разомкнутой системы. В представленной работе этот подход развит в части учета внешних координатных возмущений и помех измерений, как это показано на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема
комбинированной системы управления**

В соответствии с рис. 1 связь между векторами входных и выходных сигналов исследуемой системы управления может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ y_2 \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho W_1 K_1 & K_2 W_2 G_{d_s} & K_2 W & K_2 W_4 \\ \rho W G_1 K_1 & W G_{d_s} & W & W_4 \\ \rho^2 W_3 & \rho W G_{d_s} & \rho W & \rho W_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ d \\ n \\ \phi \end{bmatrix}$$

или $z = \ddot{O}w$, где $z^T = [u, y, e]$ – вектор выхода, позволяющий оценить качество функционирования системы и включающий сигналы управления, выхода и ошибки;

$w^T = [r \ d \ n \ \phi]$ – вектор входа, включающий командный сигнал, координатные и параметрические возмущения и помехи измерений; \ddot{O} – матричная передаточная функция замкнутой системы ($G_{ds} = G_d G_s$,

$W_3 = [W_2 G_s K_1 - T_{ref}]$). H_∞ -норма матричной передаточной функции \ddot{O} представляет собой функционал качества проектируемой системы, а элементы этой матрицы определяют такие характеристики системы, как точность, робастность и затраты на управление [4].

При этом составляющие $W_1 = (I + G_s K_2)^{-1}$, $W_2 = (I + K_2 G_s)^{-1}$ представляют собой входную и выходную функции чувствительности системы [4].

В пространстве состояний матрица обобщенной системы принимает вид
После процедуры H_∞ -синтеза робастный регулятор после максимально возможного

$$P = \begin{bmatrix} A_s & 0 & 0 & B_d & 0 & (B_s D_s^T + Z_s C_s^T) D_{M_s} & B_s & 0 \\ 0 & A_s & B_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I \\ C_s & 0 & 0 & D_d & 0 & D_{M_s} & D_s & 0 \\ \tilde{n}C_s & -\tilde{n}^2 C_s & -\tilde{n}^2 D_s & \tilde{n}D_d & 0 & \tilde{n}D_{M_s} & \tilde{n}D_s & 0 \\ 0 & 0 & \rho I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_s & 0 & 0 & D_d & I & D_{M_s} & D_s & 0 \end{bmatrix}$$

понижения порядка может быть описан в пространстве состояний четверкой матриц:

Результаты моделирования синтезированной системы стабилизации полезной нагрузки

$$A = \begin{bmatrix} 0,06 & 0,4 & 0,72 & 0,53 & 0,11 \\ 0,05 & -0,95 & 0,01 & -0,03 & 0,02 \\ -0,55 & -0,09 & 1,28 & 0,29 & 0,09 \\ 0,47 & 0,27 & -0,18 & 0,61 & -0,11 \\ -0,8 & 0,15 & 0,47 & 0,49 & 1,07 \end{bmatrix}$$

Список литературы

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1975. – 768 с.
2. Сущенко О.А. Синтез регулятора з двома ступенями вільності для стабілізації інформаційно-вимірвальних пристроїв // Вісник Національного авіаційного університету. 2012. №1. С. 46 – 55
3. Glover K., McFarlane D. Robust stabilization of normalized coprime factor plant descriptions with H_∞ bounded uncertainty // IEEE Transactions on Automatic Control. 1989. No. 34(8). P. 821-830.
4. Skogestad S., Postlethwaite I. Multivariable Feedback Control. New York: J. Wiley, 1997. – 559p.

$$B = \begin{bmatrix} 0,56 & -173,4 & -52,48 \\ 0,07 & -20,41 & -6,18 \\ -0,55 & -17,22 & -3,04 \\ 1 & -106,4 & -25,5 \\ -6,54 & -34,61 & -12,39 \end{bmatrix}$$

$$C = [-0,004 \ 0,007 \ 0,006 \ 0,001 \ -0 \\ D = [0,02 \ -3,64 \ -1,09]$$

наземного подвижного объекта представлены на рис. 2.

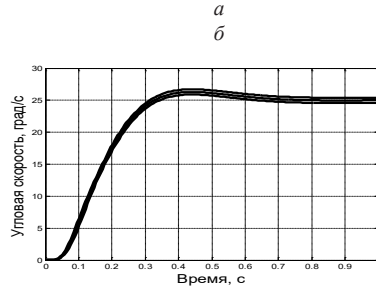
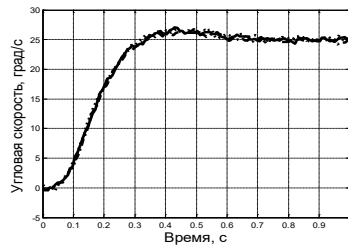


Рис.2. Переходные процессы при изменении внешнего момента (а) и в условиях



пересеченной местности (б)

Выводы

Представлен подход к синтезу робастного H_∞ -контроллера на основании нового функционала качества комбинированной системы.

ЧИКРИЙ В.К.

ОБ ОДНОЙ ИГРОВОЙ ЗАДАЧЕ СБЛИЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Для игровых задач, що описуються квазілінійними функціонально-диференціальними системами, дано узагальнення першого прямого методу Л.С. Понтрягіна. У випадку адитивних випадкових збурень у правій частині дано достатні умови скінченності середнього часу зближення. Результати ілюструються на прикладі простих рухів гравців.

L.S. Pontryagin's first direct method is extended to the game problems described by the quasi-linear functional-differential systems. Sufficient conditions of the game termination in the mean time are provided in the case of additive random perturbations. Results are illustrated on an example of simple motions of the players.

В теории динамических игр разработано ряд фундаментальных методов сближения траекторий, которые применимы для исследования конфликтно-управляемых процессов различной природы [1–3]. В практических задачах, как правило, присутствует некоторая неопределенность, связанная с неточностью измерений или неполной информацией об объекте. Стремление внести стохастическую неопределенность в игровую модель приводит к различным постановкам задач. В данной работе рассматриваются процессы со случайными возмущениями, которые адитивно входят в правую часть.

Рассмотрим конфликтно-управляемый процесс, эволюция которого описывается равенством

$$\begin{aligned} z(t) &= g(t) + \\ &+ \int_0^t \Phi(t, \tau) \varphi(u(\tau), v(\tau)) d\tau + \\ &+ \int_0^t H(t, \tau) h(\tau) d\tau, \quad t \geq 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $z(t) \in \mathbb{R}^n$, $n \geq 1$. Функция $g(t)$, $g: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}^n$, $\mathbb{R}_+ = \{t: t \geq 0\}$, измерима по Лебегу и ограничена при $t > 0$. Она содержит информацию о начальных данных процесса. Блок управления содержит матричную функцию $\Phi(t, \tau)$, $t, \tau \geq 0$, измеримую по t и суммируемую по τ для каждого $t \in \mathbb{R}_+$, которая действует на функцию $\varphi(u, v)$, $\varphi: U \times V \rightarrow \mathbb{R}^n$, зависящую от управлений игроков. Эта функция предполагается непрерывной по совокупности переменных на прямом произведении непустых компактов U и V , областей управления.

Допустимыми управлениями первого (u) и

второго (v) игроков являются измеримые функции времени $u(\tau)$, $u: \mathbb{R}_+ \rightarrow U$, $v(\tau)$, $v: \mathbb{R}_+ \rightarrow V$. Блок возмущений содержит матричную функцию $H(t, \tau)$, $t \geq \tau \geq 0$, измеримую по t и суммируемую по τ для каждого $t \in \mathbb{R}_+$, воздействующую на функцию возмущений $h(\tau)$, $\tau \geq 0$, измеримую и ограниченную, которая может принимать счетное число значений $h_i(\cdot)$, $i \in N = \{1, 2, \dots\}$, с соответствующими вероятностями p_i , $p_i \geq 0$,

$\sum_{i \in N} p_i = 1$. Заметим, что функции $h_i(\cdot)$, $i \in N$, предполагаются заранее известными, чего нельзя сказать об управляющих воздействиях игроков.

Кроме динамики процесса задано терминальное множество M^* , имеющее цилиндрический вид

$$M^* = M_0 + M, \quad (2)$$

где M_0 — линейное подпространство из \mathbb{R}^n , а M — компакт из ортогонального дополнения L к M_0 в \mathbb{R}^n .

Первый игрок стремится вывести траекторию процесса на терминальное множество, а второй этому препятствует. Поскольку присутствуют случайные возмущения, то будем ориентироваться на среднее время вывода траектории [4]. При этом первый игрок использует смешанные стробоскопические стратегии О. Хайека [3], которые предписывают смешанные контруправления по Н.Н. Красовскому [2].

Представление решения динамической системы в виде (1) позволяет в единой схеме рассмотреть широкий круг функционально-дифференциальных систем, функционирующих в условиях конфликта. В частности, систем обык-

новенных дифференциальных, интегральных, интегро-дифференциальных, дифференциально-разностных уравнений, а также систем уравнений с классическими дробными производными Римана–Лиувилля, регуляризованными дробными производными Джрбашяна–Нерсесяна–Капуто, секвенциальными дробными производными Миллера–Росса, дробными производными Хильфера и Грюнвальда–Летникова. Аналогичное представление имеет место для импульсных систем и многошаговых процессов.

Используя технику многозначных отображений и их селекторов, дано обобщение схемы первого прямого метода Л.С. Понтрягина [1], позволяющее строить управления первого игрока на основе теоремы измеримого выбора. В результате получены достаточные условия конечности

среднего времени сближения траектории (1) с терминальным множеством (2) [4]. Эти условия конкретизируются для различных уже упомянутых систем.

В качестве иллюстративного примера рассмотрена игровая задача ε -сближения с простым движением, шарообразными областями управления и конечным набором постоянных случайных возмущений.

Выписаны соотношения, связывающие начальное состояние конфликтно-управляемого процесса, максимальные скорости игроков, радиус захвата ε и случайные возмущения, достаточные для конечности среднего времени сближения. При этом в явном виде найдены смешанные управления первого игрока, обеспечивающие этот результат [4].

Список литературы

1. Понтрягин Л.С. Избранные научные труды. – М.: Наука. 1988. – 2. – 576 с.
2. Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. – М.: Наука. 1974. – 455 с.
3. Nayak O. Pursuit Games. – N.Y.: Acad. Press. – 1975. – 12. – 266 p.
4. Чикрий В.К. Среднее время сближения в игровых задачах со случайными возмущениями // Проблемы управления и информатики. – 2015. – № 4. – С. 7-15.

Секція 3/Section 3

**Технології програмування
Programming Technologies**

Зміст

Глибовець А. М. Програмна система побудови індексу для реалізації ранжування наукових документів	102
Кветний Р. Н., Титарчук Є. О. Використання гібридного шифрування у хмарній системі обміну миттєвими повідомленнями	104
Дорошенко А. Ю., Тітов Д. С. Кластерна система для ватоматизованого моніторингу потокових даних соціальних мереж.....	106

ГЛИБОВЕЦЬ А.М.

ПРОГРАМНА СИСТЕМА ПОБУДОВИ ІНДЕКСУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РАНЖУВАННЯ НАУКОВИХ ДОКУМЕНТІВ

В роботі описано розробану програмну систему автоматизованого побудови індекса цитування входної колекції документів на українському мові, яка використовується для ранжування документів.

The article describes software system that developed for the automated construction of an index of citing of documents collection in Ukrainian language, which used to rank documents in search engine.

Keywords: search engine ranking, pdf, Neo4j, Akka

Відомо, що одним із методів покращення якості інформаційного пошуку є ранжування документів у пошуковій видачі. Нині, до найпоширеніших пошукових запитів в мережі Інтернет належить пошук наукових статей за певною назвою або тематикою. Для кращої видачі результатів залучають ранжування за допомогою індексу цитувань авторів.

Індекс цитувань – реферативна база даних наукових публікацій, яка індексує посилання між публікаціями та дозволяє легко визначити, які новіші документи цитують старіші. Він є ключовим показником, що широко використовується у всьому світі для оцінки впливу вченого на світову науку.

Уже створено декілька успішних систем, які намагаються вирішити цю задачу, але вони всі орієнтовані на західні формати оформлення наукових документів і не вміють працювати з переважною частиною українських ресурсів. У цій роботі ми пропонуємо до розгляду розроблену нами програмну систему автоматизованої побудови індексу цитувань на вхідній колекції документів українською мовою, яка буде корисною для реалізації алгоритму ранжування документів.

Під час імплементації системи використовувалася підхід модульності для полегшення розробки та тестування окремих компонент. При створенні модулів були застосовані принципи розробки, що керується тестами (Test-Driven Development). Для реалізації модуля знаходження наукових документів використовувалася модель акторів як метод забезпечення ефективного паралельного виконання задач. Розроблений та реалізований алгоритм дослідження структури pdf-документів, оформлених згідно з форматами українських видань, та знаходження елементів, що входять до списку посилань таких документів, став основою створеної системи автоматичної побудови індексу цитувань вхідної колекції

наукових документів з україномовних джерел. Більшість програмного коду реалізовано на мові програмування Scala з використанням окремих бібліотек для мови Java.

Структурно система складається із таких модулів.

Модуль завантаження наукових документів. Для роботи із колекцією наукових документів найперше необхідно знайти та завантажити їх з певних джерел. Оскільки алгоритм пошуку містить елементи, які можна легко розпаралелити, було вирішено використовувати одну із успішних на сьогодні моделей паралельного програмування – модель акторів [1]. Модуль був реалізований за допомогою мови Scala з використанням бібліотеки акторів Akka.

Основними елементами архітектури є наступні актори: Receptionist, Controller, Getter. Актор Receptionist відповідає за обробку запиту на пошук та завантаження документів з певного кореневого каталогу. Через нього користувачі відправляють запит та отримують результат. Він запам'ятовує відправника запиту та делегує виконання іншому актору (Controller). Актор Controller отримує від Receptionist запит, зберігає кореневий елемент та слідує за ресурсами, які були відвідані. Він контролює глибину пошуку та пошук ресурсу, який відповідає критерію завантаження. Реальну обробку кожного окремого ресурсу він делегує іншому актору (Getter).

Актор Getter отримує від Controller ресурс, який необхідно обробити, виокремлює його структуру та знаходить в даному ресурсі всі «цікаві» ресурси та передає їх для подальшої обробки в Controller.

Розробка модуля обробки pdf-документів. Модуль обробки документів виконує дії: зчитування документу у форматі pdf та перетворення у зручну для обробки структуру даних; виокремлення структурних елементів документу (напри-

клад, колонок); пошук необхідних для алгоритму побудови індексу цитувань даних

Реалізація зчитування документу у форматі pdf. Видобування текстової інформації та структури з документів у форматі pdf залишається складною задачею, в основному, через дизайн стандарту PDF, який орієнтований виключно на відображення документу. У якості бібліотеки для зчитування документів в форматі PDF було обрано бібліотеку з відкритим кодом PDFBox[2]. За допомогою бібліотеки OpenNLP[3] ми вирішили задачу виокремлення іменованих сутностей зі списку посилань, таких як автор статті, назва статті тощо.

Розробка модуля побудови та збереження індексу цитувань. При аналізі структури даних, можна побачити, що вони являють собою орієнтований граф. Тому для роботи з базою даних був використаний компонент бібліотеки Spring для Java під назвою Spring Data Neo4j – проект, який є частиною проекту Spring Data, який надає зрозумілий та легкий програмний інтерфейс для доступу до графової бази даних Neo4j [4].

Для початку необхідно визначити тип відношення між вершинами в графі. Це буде структура ребра між вершинами (авторами), що представлятиме собою цитування. З використанням анотацій бібліотеки Spring Data Neo4j клас опису посилання буде мати на-ступний вигляд:

```
@RelationshipEntity('type' =
«REFERENCES»)
case class ReferencesRelation (@Fetch @
StartNode start:Author, @Fetch @EndNode end:
Author, @Fetch workCitedIn: String, @Fetch
workCited: String)
де: @RelationshipEntity – назва анотації, що описує зв'язки між об'єктами; `type` = «REFERENCES» – опис назви відношення; @
```

StartNode – анотація, що описує вершину, з якої виходить ребро (в нашому випадку це автор, що використовує інше джерело); @EndNode – анотація, що описує вершину, в яку входить ребро (в нашому випадку це автор, якого цитують); workCitedIn, workCited – опис параметрів зв'язку (в нашому випадку це стрічки, що представляють відповідно роботу, в якій використовується цитування, і роботу, яку цитують); @Fetch – анотація, що вказує внутрішньому рушію бібліотеки Spring Data Neo4j автоматично заповнювати поля з бази даних (в іншому випадку – ці поля повинні будуть явно бути оновлені в програмному коді).

В описі класу присутнє поле під назвою references, яке є об'єктом класу множина стандартного пакету Java. Однією зі зручностей роботи з бібліотекою Spring Data Neo4j є те, що при зміні цього поля, бібліотека автоматично оновить графову модель в базі даних.

Висновки

Наразі багато зусиль та коштів вкладається у створення автоматичних або принаймні напів-автоматичних систем побудови індексів цитувань вхідної колекції документів. Існує багато зарубіжних сервісів для індексування наукових документів. Основним недоліком таких сервісів є дуже низька підтримка україномовних видань. Це є наслідком того, що вони орієнтуються на зовсім інакші правила оформлення наукових документів.

У цій роботі були представлені архітектура програмної системи та методи розв'язання задачі побудови індексу для реалізації ранжування наукових документів українською мовою.

Перелік посилань

1. А.Н. Глибовец Решение задачи распределённого индексирования в оперативной памяти на базе моделей актеров с использованием фреймворка Akka // Управляющие Системы и Машины - №4 июль-август 2014. – с.61-67
2. Apache PDFBox 1.8.5 API [Електронний ресурс] / Apache PDFBox docs – Режим доступу: <http://pdfbox.apache.org/docs/1.8.5/javadocs/>
3. OpenNLP documentation [Електронний ресурс] / Apache OpenNLP – Режим доступу: <https://opennlp.apache.org/documentation.html>
4. Neo4j [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://neo4j.com/>

КВСТНИЙ Р.Н.,
ТИТАРЧУК Є.О

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОГО ШИФРУВАННЯ У ХМАРНІЙ СИСТЕМІ ОБМІНУ МИТТЄВИМИ ПОВІДОМЛЕННЯМИ

Анотація: Представлено новий підхід побудови сервісів миттєвих повідомлень, що дозволяє зашифрувати дані локально з підтримкою конференцій, без необхідності повторного шифрування даних для кожного з учасників.
Ключові слова: гібридне шифрування, хмарні технології, захист даних.

Abstract: The new approach of designing instant messaging services, allowing you to encrypt data locally with the support of conferences, without necessary to re-encrypt the data for each participant.

Key words: hybrid encryption, cloud computing, data protection.

Вступ

Зручність та низька вартість систем миттєвого обміну повідомленнями (англ. Instantmessaging, IM) призвели до набуття ними надзвичайної популярності, як при персональному, так і при корпоративному спілкуванні. Останнім часом, IM сервіси (найбільш популярними з яких є Skype, ICQ, Windows Live Messenger та різні XMPP-клієнти (Jabber)) надають змогу не тільки обмінюватися текстовими повідомленнями, але й здійснювати дзвінки, відеодзвінки, передавати файли.

Проте недоліком такої зручності є небезпека приватної інформації користувачів сервісів. В загальному, спільним для сучасних систем обміну миттєвими повідомленнями є використання клієнт-серверної архітектури. Сервер керуючи з'єднаннями між користувачами мережі має теоретичну можливість зберігати історію спілкування та надавати доступ до неї стороннім особам.

Підхід представлений у даній роботі базується на використанні шифрування повідомлень перед їх відправкою на сервер за допомогою гібридного шифрування, що поєднує асиметричну еліптичну криптографію для обміну ключами та симетричне шифрування повідомлень користувачів.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності збереження персональних даних користувача та недоліками існуючих на ринку програмних продуктів, які призначені для захисту інформації від її доступу третій стороні при використанні хмарних сервісів обміну повідомленнями.

Метою даної роботи є покращення ефективності захисту приватної інформації користувача при використанні хмарних технологій комп'ютерних обчислень на основі аналізу існуючих хмарних рішень та моделі їх представлення користувачам.

Опис протоколу

Сервіс передбачає клієнт серверну архітектуру. Перший етап роботи сервісу – реєстрація нового користувача (А) через клієнт на сервері.

При реєстрації, користувач:

1. вводить свій логін (L) та пароль (P).

При реєстрації користувача, програма-клієнт:

1. за допомогою хеш функції $H(x)$ з літеро-цифрового паролю P довільної довжини отримуємо закритий ключ n_A визначеної довжини:

$$n_A = H(P) ; \quad (1)$$

на основі паролю n_B та точки O , що належить еліптичній кривій $E_p(a, b)$, генерується відкритий ключ P_A :

$$P_A = n_A \times O ; \quad (2)$$

При реєстрації користувача, сервер:

1. запам'ятовує отримані: логін користувача, хеш паролю користувача, відкритий ключ користувача.

Параметри $E_p(a, b)$ та точка O , що належить даній кривій, є відкритими параметрами усієї криптосистеми.

Перед відправленням повідомлення користувача А, клієнт:

1. отримує від сервера логін та відкритий пароль (P_i) усіх учасників конференції.
2. визначає сеансовий симетричний ключ K :

$$K = n_A \times P_A \times \dots \times P_i ; \quad (3)$$

шифрує повідомлення та відправляє його серверу.

Сервер:

1. отримує, зберігає та переправляє повідомлення усім учасникам конференції.

Розглянувши формулу (3) можна побачити, що для дешифрування повідомлення, необхідно мати закритий ключ одного з учасників та всі відкриті. Таким чином, клієнтські програми кожного з учасників, отримавши від сервера відкриті ключі

та зашифроване повідомлення, та маючи закритий ключ користувача, мають змогу відновити сеансовий ключ для дешифрування повідомлення:

$$K = n_i \times P_A \times \dots \times P_i; \quad (4)$$

Таким чином, сервер не володіє даними для відновлення сеансового ключа та дешифрування повідомлень. Задача ж, яку повинен вирішити зловмисник, є в певній мірі задачею дискретного логарифмування на еліптичних кривих, що немає простого вирішення.

Необхідно також підкреслити, що важливою умовою захисту інформації є відкритий вихідний код клієнтської програми у вільному доступі, що гарантує неможливість додання відкритого ключа сторонньої особи при утворенні сеансового ключа шифрування.

Висновки

Представлена модель дозволяє уникнути втраті персональної інформації користувачів, зберігаючи зручність користування: так як вся історія надісланих повідомлень і навіть файлів зберігається сервером, існує можливість безперешкодної синхронізації між клієнтами одного користувача (наприклад, клієнти встановлені на різних операційних системах), а відсутність необхідності у повторному шифруванні для кожного учасника робить можливим організацію захищених голосових та відео- конференцій.

Перелік посилань

1. Титарчук С.О. Захист даних в хмарних технологіях обчислень [Електронний ресурс]: XLII регіональна науково-технічна конференція м. Вінниця та області / Титарчук С.О., Кветний Р.Н. // ВНТУ. – Електрон. дан. (1 файл). –2014. – 1 с. – Режим доступу: www.conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/inaeksu/txt/Tytarchuk.pdf. – Назва з екрана.
2. Титарчук С.О. Захист даних в хмарних технологіях комп'ютерних обчислень / Кветний Р.Н., Титарчук С.О. // Придніпровський науковий вісник. – 2014. – №5. – с. 77-82.
3. Титарчук С.О. Використання гібридного шифрування в хмарних технологіях комп'ютерних обчислень [Електронний ресурс]: Наукові дослідження та їх практичне застосування. Сучасний стан і шляхи розвитку 2014 / SWorld.– Режим доступу: <http://www.sworld.com.ua/index.php/technical-sciences-314/informatics-computer-science-and-automation-314/23065-314-274>. – Назва з екрана.
4. Peter Mell, Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing / National Institute of Standards and Technology / Rebecca M. Blank. – Gaithersburg: NIST, 2011. – 286 с.

ДОРОШЕНКО А.Ю.,
ТИТОВ Д.С.

КЛАСТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПОТОКОВИХ ДАНИХ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Проведено сравнение эффективности технологии удаленного вызова процедур (RMI) и фреймворка для распределенных вычислений (Hazelcast), как средств для разработки кластерной системы. Предложена параллельная распределенная динамически масштабируемая отказоустойчивая система для обработки потоковых данных большого объема. Проведена проверка и первичное исследование этой системы на примере обработки данных социальной сети Twitter. Рассмотрен механизм развертывания созданного кластера в облачной платформе.

A comparison of the effectiveness of remote procedure call technology (RMI) and the framework for distributed computing (Hazelcast), as a means for the development of the cluster system, is performed. The parallel distributed dynamically scalable fault-tolerant system for processing large amount of streaming data is proposed. The inspection and initial study of this system on the example of data from the Twitter social network is performed. The mechanism of the deployment of the created cluster to the cloud platform is examined.

Вступ

На початку розвитку соціальних ЗМІ, дослідники мали можливість оцінювати соціальні настрої в ручному режимі, адже обсяг інформації був відносно малий. Проте наразі потоки даних в Інтернеті в цілому та соціальних мережах зокрема сягнули колосальних масштабів, тому виникла потреба у створенні високопродуктивних систем для автоматизованої обробки цих даних [1]. Більш того, сучасні бізнес стратегії, що реалізують CRM-підхід, потребують не лише пасивного аналізу соціального контенту, а ще й передбачають проактивну реакцію на певні сигнали, що надходять з соціального Інтернет-простору. Таким чином, дослідження показують, що 64% споживачів очікують отримати зворотній зв'язок від компанії в режимі реального часу та 94% готові відмовитись від послуг певної компанії, якщо обслуговування клієнтів не передбачає цього [2].

У роботі [3] відзначається, що пікове навантаження соціальної мережі Twitter оцінюється в 140000 повідомлень в секунду та час обробки такого обсягу даних за допомогою найнового баєсівського класифікатора з використанням апаратного забезпечення [4] може сягати 12.458 секунди. Це свідчить про те, що система, призначена для обробки потокових даних великого обсягу, має бути паралельною та розподіленою, для того щоб встигати обробляти вхідні дані вчасно.

Ефективна порівняльна характеристика систем на основі RMI та Hazelcast

В роботі розглянуто дві технології, на базі яких можна створити паралельну розподілену систему для обробки даних з соціальних мереж в реальному часу: Java Remote Method Invocation [5] та Hazelcast Framework [6]. Також представлена їх ефективна порівняльна характеристика.

Для порівняння ефективності розглянутих технологій, була проведена серія експериментів: кожна система запускалась на одному, двох, трьох, чотирьох та п'яти серверах. В кожному випадку десять разів з інтервалом в сто секунд обчислювалась кількість оброблених за цей інтервал повідомлень та фіксувалось середнє арифметичне значення. Результати експерименту у вигляді таблиці представлені нижче.

Табл. 1. Результати тестів

S	RMI, P	Hazelcast, P
1	404.7	407.8
2	409.3	414.5
3	425.4	431.1
4	410.4	438.5
5	414.2	448.5

де S – це кількість серверів, а P – кількість опрацьованих повідомлень.

Як бачимо, при малій кількості серверів RMI та Hazelcast показують схожу динаміку приросту ефективності (втім, Hazelcast має відносно краші результати), проте після підключення четвертого вузла RMI демонструють різкий спад ефективності, а Hazelcast продовжує збільшувати ефективність

майже лінійно. Нижче представлена графічна репрезентація наведених даних.

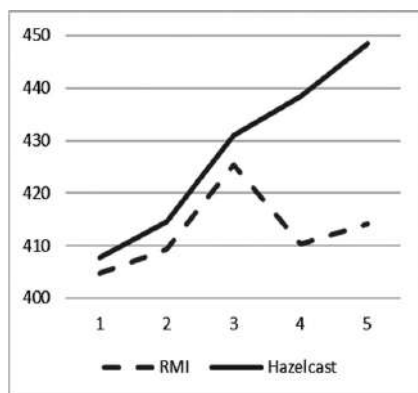


Рис. 1. Графік ефективності розглянутих систем

Потенційним поясненням такої динаміки є те, що RMI оперує зі з'єднаннями, використовуючи певний кеш, внутрішня реалізація якого може знижувати ефективність системи при збільшенні кількості обчислювальних вузлів. Hazelcast, між тим, використовує пул безпосередніх з'єднань між вузлами через сокети. Крім того, RMI виконує постійні DNS-запити для встановлення відповідності між IP- та DNS-адресами, а це також може призводити до затримок зі збільшенням кількості вузлів.

Інше потенційне пояснення даного ефекту полягає в тому, що реалізований RMI-планувальник, який кожні пів секунди перевіряє статус master-вузла, при збільшенні вузлів може створювати надмірне навантаження на мережу і через це швидкість обміну даними значно падає. В такому випадку може допомогти збільшення інтервалу опитування планувальника, але при

збільшенні цього інтервалу також збільшується час, який система буде простоювати у разі раптового відключення master-вузла, що є неприйнятним, коли існують вимоги до сталого функціонування системи.

Висновки

В роботі розглянуте актуальне питання створення високонавантажених систем, які можуть горизонтально масштабуватись та забезпечувати безперебійну обробку потоків даних великих обсягів. Як приклад джерела даних для обробки обрана соціальна мережа Twitter та її потоковий API - Twitter Firehose (а саме його тестова версія Twitter Sample Stream).

Розроблено дві системи: з використанням Java Remote Method Invocation та Hazelcast Framework. Системи представляють собою динамічно масштабовані та відмовостійкі кластерні рішення, придатні до розгортання в локальній мережі або в хмарній платформі Amazon EC2. Одним з головних надбань розроблених рішень є те, що дослідник може нарощувати ресурси для обчислень за своїми бажанням, різної конфігурації та потужності, що дає змогу досягати бажаної швидкодії системи.

Ці рішення порівняні як з точки зору їх архітектурних та концептуальних переваг і недоліків, так і з точки зору їхньої ефективності. В результаті серії експериментів встановлено, що Hazelcast демонструє кращі результати, та чим більше вузлів додається до кластеру, тим ефективніше він працює, на відміну від RMI. Розглянуто декілька гіпотез відносно цього ефекту.

В подальшому планується оптимізація рішення на основі Hazelcast, реалізація криптографічного захисту даних, що передаються та низка інших покращень.

Перелік посилань

1. *Social Listening in Practice. Market Research* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.brandwatch.com/guide-market-research/> – 2015 р.
2. *Social Listening in Practice. Social customer service* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.brandwatch.com/customer-service-guide/> – 2015 р.
3. Тітов Д.С., Дорошенко А.Ю., Моніторинг соціальних мереж в системі реального часу // Наукова дискусія: теорія, практика, інновації. - 2015. - , С. 93-96.
4. *Intel Core i7-3770k Processor* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ark.intel.com/products/65523>. – 01.11.2012 г.
5. *Remote Method Invocation* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-136424.html> – 2015 р.
6. *Hazelcast* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hazelcast.org/> – 2015 р.