

## «Методи і засоби підвищення ефективності розподілених обчислювальних систем на базі тензорних нейронних мереж»

### *Основні наукові результати*

Запропонований новий евристичний метод для пошуку найкоротшого маршруту у комп'ютерній мережі, який може використовуватись для побудови віртуальних мереж передачі даних і відрізняється від існуючих тим, що для визначення найкоротшого маршруту не потребується обчислення всіх можливих маршрутів; даний метод дозволяє розраховувати маршрути у графах надвеликої розмірності без суттєвої втрати швидкодії; результати моделювання показали, що сумарне загальне відхилення часу запропонованого методу за знаходження найкоротших маршрутів для графів великої розмірності дорівнює 5,72%, тоді як за застосування алгоритму Дейкстри для графів великої розмірності отримано відхилення часу 99,80%.

Запропонований модифікований метод управління комп'ютерною мережею, що забезпечує передачу динамічного трафіку великих об'ємів із забезпеченням необхідного рівня якості обслуговування та модель управляючого комутатора для систем та мереж передавання даних, що забезпечує гнучкість та оперативність управління розподіленням даних, високу швидкість комутації з'єднань, на відміну від існуючих забезпечує виконання логічних операцій над вхідними інформаційними потоками і сигналами управління, що дозволяє виконувати динамічну реконфігурацію мереж передачі даних та враховувати необхідну якість обслуговування. Запропоновані методи та засоби дозволяють підвищити ефективність функціонування РОС на мережному рівні.

Запропонована методологія розв'язання систем лінійних алгебричних рівнянь з нечіткими змінними з матричною формою представлення параметрів моделі, яка спрямована на розширення класу задач виконуваних у РОС, та полягає в формуванні блочної чіткої СЛАР, розв'язок якої виконується стандартними методами, що істотно спрощує процедуру обчислень, та підвищує їх ефективність на 40% відносно застосування відомого інтервального методу Гауса.

Визначено, що для сучасних розподілених обчислювальних систем, що характеризуються властивістю багатовимірності та все більше орієнтовані на рішення задач в умовах невизначеності, в якості найбільш перспективного напрямку підвищення ефективності обчислень доцільно застосування тензорних нейромережевих технологій, доведено, що невизначеність, яка розглядається у вигляді інтервалу допускає однозначне узагальнене уявлення у вигляді тензора, при цьому подання невизначеності у вигляді тензору дозволяє розширити клас задач обробки інформації в РОС за рахунок реалізації тензорних моделей нечіткої математики та логіки.

Розроблено алгоритми та програмне забезпечення для виконання арифметичних та логічних операцій та рішення систем алгебраїчних рівнянь з нечіткими змінними за подання невизначеності у вигляді тензора, методом трансформації їх в матричні рівняння, наближене вирішення яких в практичній більшості випадків ефективно вирішуються в паралельному *Toolbox pMatLab*.

Запропонований новий метод кластеризації штучних нейронних мереж, заснований на новому алгоритмі моніторингу обмежень та міграції призначений для використання у багат шарових штучних нейронних мережах, який не порушує структуру нейронної мережі і залишає можливість використання стандартних алгоритмів навчання багат шарових мереж.

На основі запропонованої вдосконаленої класифікації Стоунбрейкера та нароблених вимог до нової гібридної архітектури запропонована нова паралельна гібридна архітектура, що найбільш відповідає ефективному рішенню прикладних задач у розподілених обчислювальних системах та, на відміну від існуючих архітектур паралельних СБД, задовольняє повному комплексу умов критично значимих для ефективною паралельної обробки надвеликих, і в тому числі багатомірних, масивів даних, зокрема умовам високого масштабування, високошвидкісних міжпроцесорних комунікацій, рівномірного балансу завантаження, когерентності кешів.

Запропонований метод оптимізації мови запитів для роботи з *SQL* сервером, який дозволяє значно збільшити швидкість обробки запитів до надвеликих БД та поліпшити якість обслуговування за рахунок використання механізмів паралельної обробки даних *SQL* сервера, класифікованих і некластеризованих індексів, завдання вибіркового критерію пошуку;

Розроблена теоретико-імовірнісна модель на основі методу заміщення сторінок *LFU-K*,

яка дозволяє здійснювати ефективне кешування даних в інформаційних системах, які працюють з БД великих обсягів для забезпечення доступу до даних великої кількості користувачів.

Запропонована структура спеціалізованої реконфігурованої обчислювальної системи та розроблений співпроцесор на ПЛІС для реалізації стандартних методів розв'язання блочних чітких СЛАР, які, на відміну від серійних процесорів та універсальних ЕОМ, дозволяють удосконалити логічну структуру розподіленої обчислювальної мережі на архітектурному рівні, забезпечуючи динамічну адаптацію до класів вирішуваних задач та, за рахунок застосування швидкодіючої елементної бази, підвищити продуктивність та швидкодію обчислень.

### **Практична цінність**

Розроблені підходи, методи, алгоритми, апаратно-програмні засоби, ефективні технології призначені для підвищення ефективності високопродуктивних розподілених обчислювальних систем, кластерних структур, розподілених технологій, розробки паралельних СБД, створення новітніх інформаційних технологій для обробки розподілених даних.

Застосування розробленого програмного інтерфейсу для зв'язку між СУБД *MS SQL Server* і багатомашинною розподіленою обчислювальною системою, на базі запропонованої паралельної гібридної архітектури, що здійснює ефективне управління навантаженням мережі в обчислювальній структурі під час обробки великих масивів даних, дозволяє значно збільшити швидкість обробки даних великого обсягу в РОС за рахунок використання механізмів оптимізації завантаження вузлів мережі, може бути застосований в РОС, для яких ефективність роботи з даними критично залежить від можливостей системи швидко обробляти великі масиви інформації.

Запропоновані реконфігуровані апаратні засоби на базі ПЛІС для виконання високопродуктивних обчислень можуть бути застосовані для реалізації нестандартних, спеціалізованих вузлів РОС, з метою вдосконалення їх архітектури. Основний показник, що визначає ефективність застосування запропонованої технології це досягнення найкращої відповідності «вартість – продуктивність». Запропоновані технології реалізації нестандартного цифрового устаткування на базі ПЛІС можуть бути використані в різних галузях для реалізації вузькоспецифічних але критично важливих проєктів, особливо це стосується вирішення задач у режимі реального часу, що в першу чергу актуально для авіаційної галузі. В той же час властивість реконфігурації пристроїв на базі ПЛІС має високу практичну цінність з точки зору розробки високопродуктивних обчислювальних систем що мають перспективи розростання у подальшому використанні в залежності від збільшення складності вирішуваних задач. Також ці технології можуть бути використані у подальших наукових дослідженнях для розробки нових архітектур РОС, ієрархій пам'яті, способів міжпроцесорної взаємодії, і таке інше.

Розроблене програмне забезпечення штучних нейронних мереж у вигляді базових класів та бібліотек для формування прикладних додатків, яке розроблене на підставі запропонованої технології побудови спеціалізованих штучних нейронних мереж та запропонованих методів кластеризації, може бути застосоване для побудови різноманітних розподілених динамічних кластеризованих нейронних мереж для вирішення прикладних задач великої розмірності в тому числі інтелектуальних обчислень в різних галузях.

Розроблена програма автоматизоване робоче місце «Економіст» може бути застосована для аналізу діяльності авіапідприємства з аеронавігаційного обслуговування повітряного руху в авіаційних галузях для збільшення швидкості та надійності обробки великих масивів даних.

### **Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах**

#### **Наукові статті в фахових виданнях:**

1. Жуков И.А. Анализ устойчивости систем управления корпоративными компьютерными сетями при наличии задержек доставки управляющей информации / И.А. Жуков // Управляющие системы и машины. – 2010, №5. – С.46–51.
2. Zhukov I. Integral telecommunication environment implementation concept for harmonized air traffic control with scalable display systems / I. Zhukov // Aviation – 2010. – vol.16, № 4.
3. Кременецкий Г.М. Фроф-метод динамічної кластеризації спеціалізованих обчислювальних мереж, що зростають / Г.М.Кременецкий // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – К. : 2010.

4. Клименко І.А. Тенденції застосування сучасної елементної бази для побудови високопродуктивних обчислювальних систем // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.– Вип.1(29). – С 90 – 103.
5. Печурін М.К. Нейромережева технологія класифікації функцій еталонної моделі взаємодії відкритих систем / М.К. Печурін, Л.П. Кондратова, С.М. Печурін // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.– Вип.3(31). – С 122 – 132.
6. Зіатдинов А.Ю. Системний аналіз прикладних задач распределенной передачи данных / А.Ю. Зіатдинов, Е.В. Толстикова, Т.В. Холявкина // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.– Вип. 3(31).– К.: НАУ, 2010.– С. 58–64.
7. Минаев Ю.Н. Идентификация аномальных состояний трафика компьютерных сетей на основе парадигмы многомерных сетей / Ю.Н. Минаев, Н.Н. Гузий, О.Ю. Филимонова // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.– Вип. 3(31).– К.: НАУ, 2010.– С. 83–89.
8. Іванкевич О.В. Створення проблемно-орієнтованої інформаційно-довідкової системи та бібліографічної бази даних «Бібліографічна довідка» наукових бібліотек ВНЗ / О.В. Іванкевич // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.– Вип. 1(29). – С. 76 – 81.
9. Жуков І.А. Метод заміщення сторінок у системах керування базами даних великих обсягів в інформаційних системах авіапідприємств / І.А. Жуков, О.В. Іванкевич, В.О. Станіславов // Вісник НАУ. – К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – №1. – С. 148 – 152.
10. Іванкевич О.В., Лукашенко В.В. Засоби керування потоками даних у розподілених обчислювальних системах / О.В. Іванкевич, В.В. Лукашенко // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.–Вип. 3(31).–С. 65-69.
11. Минаев Ю.Н. Мягкие вычисления на основании моделей кронекеровой (тензорной) алгебры / Минаев Ю.Н., Клименко И.А., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Видавництво «ВСК +», 2011. – №54.
12. Жуков І.А. Апаратні засоби для розв'язку нечітких слар / І.А. Жуков, І.А. Клименко // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011.– Вип. 3(35).
13. Іванкевич О.В. Створення порталу інформаційно-довідкових ресурсів міністерства освіти і науки України / Іванкевич О.В., Мазур В.І. // Науковий вісник інституту міжнародних відносин НАУ: Зб. наук. ст. – К.: Видавництво Національного авіаційного університету “НАУ-друк”, 2011.– Вип. 1(3).– С. 57–61.
14. Жуков І.А. Концепція інтернет-порталу інформаційних ресурсів освіти і науки МОНМС України / І.А. Жуков, О.В. Іванкевич, Г.В. Кременецький // Вища школа.– К.: Видавництво “Знання”, 2011.– №3.– С. 52–61.
15. Печурін Н.К. Подход к кластерному аналізу функцій еталонной модели взаимодействия открытых систем с применением инструментария прямонаправленных искусственных нейронных сетей / Н.К. Печурин, Л.П. Кондратова, С.Н. Печурин // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011.– Вип. 3(35).
16. Лукашенко В.В. Информационная модель процесса экспертизы методов управления корпоративной сетью / В.В. Лукашенко // Проблеми інформатизації та управління: Зб.наук.пр.– К.: Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011.– Вип. 2(34).
17. Толстикова О.В. Підвищення швидкості та надійності передачі даних в бездротових мережах зв'язку / О.В. Толстикова // Зб. наук. пр. «Проблеми інформатизації та управління». – К.: НАУ, 2011. – Вип. 1(33). – С. 150–154.
18. Мінаєв Ю.М. Метод ефективної передачі при наявності аномалій в сетях радіодатчиков / Ю.М. Мінаєв, О.В. Толстикова // Зб. наук. пр. «Проблеми інформатизації та управління». – К.: НАУ, 2011. – Вип. 2(34). – С. 91–95.

19. Жуков И.А. Динамические характеристики систем управления корпоративными компьютерными сетями / И.А. Жуков // 36. наук. пр. «Проблеми інформатизації та управління». – К.: НАУ, 2011. – Вип. 1(33). – С. 65–72.

20. Минаев Ю.Н. Расширенная нечеткая математика в тензорном базисе с параллельным выполнением операций / Ю.Н. Минаев, О.Ю. Филимонова, Ю.И. Минаева, Е.А. Гончарова // 36. наук. пр.: Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2011. – Вип. 1(33). – С. 105–112.

21. Клименко І.А. Класифікація та архітектурні особливості програмованих мультипроцесорних систем-на-кристалі // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: 36. наук. пр. – К.: Видавництво «ВСК +», 2011. – №55.

22. Мінаєв Ю.М., Філімонова О.Ю., Мінаєва Ю.М. Нечітка математика на підставі моделей кронекерової (тензорної) алгебри // 36. наук. пр.: Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2011. – Вип. 3(35).

#### **Підготовлені монографії:**

1. Клименко І.А. Архітектура програмованих багатопроцесорних обчислювальних систем. – К.: НАУ, 2011. – 160 с.

2. Іванкевич О.В. Методи та засоби комп'ютерної обробки інформації. – К.: НАУ, 2011. – 200 с.

#### **Захищені дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності «05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти»:**

1. «Розподілення навантаження в базах даних великого об'єму методом горизонтальної фрагментації» Кравець І.М., науковий керівник д.т.н., проф. Жуков І.А.

2. «Організація високопродуктивних та економічних обчислювачів для спеціалізованих систем» Красовська Є.В., науковий керівник д.т.н., проф. Жуков І.А.

3. «Методи управління комп'ютерною мережею за наявності затримок управляючої інформації», Лукашенко В.В., науковий керівник д.т.н., проф. Жуков І.А.

#### **Отримані патенти:**

1. Пат. 45642, Україна, МПК (2009): H04M 3/00, H04L 12/00, G06F 15/08. Керувальний комутатор / І.А. Жуков, Є.В. Красовська, О.О. Синельников, А.О. Антіпов // Заявник і власник Національний авіаційний університет. – № u200901898; заявл. 03.03.09; опубл. 25.11.09, Бюл. № 22.

2. Пат. 51973, Україна, МПК (2006): G06F 17/10. Цифровий обчислювач для розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності / І.А. Жуков, Є.В. Красовська, О.О. Синельников // Заявник і власник Національний авіаційний університет. – № u201001023; заявл. 01.02.10; опубл. 10.08.10, Бюл. № 15.

3. Пат. № 59112 Україна, МПК G06F 15/16 (2006.01). Обчислювальний пристрій / І.А. Клименко, В.В. Жабина; Заявник і патентовласник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлений 06.08.2010. – Опубл. 10.05.2011. – Бюл. №9.

4. Пат. № 60398 Україна, МПК G06F 15/16 (2006.01). Багатопроцесорна обчислювальна система / І.А. Жуков, І.А.Клименко, С.М. Біляєв; Заявник і патентовласник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлений 15.06.2010. – Опубл. 25.06.2011. – Бюл. №12.

5. Пат. 60391, Україна, МПК (2006.01): G06F 7/38. Арифметичний пристрій / І.А. Жуков, Є.В. Красовська, О.О. Синельников // Заявник і власник Національний авіаційний університет. – № u201006810; заявл. 02.06.10; опубл. 25.06.11, Бюл. № 12.

#### **Отримані авторські свідоцтва на програмне забезпечення:**

1. Авторське свідоцтво № 29788. Віртуальна довідка НТБ НАУ / В.О. Станіславов, В.Є. Ватков, О.В. Іванкевич; Заявник і власник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлено 15.06.2010. – Зареєстровано 25.06.2011.

2. Авторське свідоцтво № 37873. Інтернет-портал інформаційних ресурсів освіти і науки МОНУ / Жуков І.А. [та інші]; Заявник і власник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлено 11.02.2011. – Зареєстровано 11.04.2011.

3. Авторське свідоцтво № 34271. Довідкова система науково-технічної бібліотеки Національного авіаційного університету / О.В. Іванкевич, А.Г. Цатов, Є.В. Ватков; Заявник і влас-

ник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлено 28.05.2010. – Зареєстровано 28.07.2010.

4. Авторське свідоцтво № 29787. Інформаційно-пошукова система НТБ НАУ / В.О. Станіславов, О.В. Станіславова, О.В. Іванкевич; Заявник і власник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлено 15.06.2010. – Зареєстровано 25.06.2011.

5. Авторське свідоцтво. Аналіз діяльності авіапідприємства з аеронавігаційного обслуговування повітряного руху [програма «Економіст»] / Лупандін М.В. [та інші]; Заявник і власник: Національний авіаційний університет, Київ. – Заявлено 15.10.2011.