

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Рязанцева Олександра Івановича на дисертаційну роботу Гріделя Ростислава Миколайовича «Моделі, методи та інформаційна технологія аналізу розподілених програмних моделей GRID-систем», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

**Актуальність теми.** Важливою задачею, що стоїть перед розробниками розподілених програмних систем, є підвищення загальної ефективності використання обчислювальних ресурсів та ресурсів зберегання даних. Згідно з сучасним досвідом створення таких систем імітаційне моделювання розглядається як один з етапів проектування. Багатофакторність та гетерогенність об'єктів моделювання вимагають використання розподілених середовищ моделювання, що мають спеціальні інтерфейси програмування (наприклад, MPI) та стандарти на взаємодію окремих програмних елементів (HLA).

Сучасними прикладами розподілених інформаційних систем є системи хмарних обчислень та GRID-системи. Під час їх розробки необхідно враховувати особливості обчислювальних ресурсів, каналів передачі інформації, баз даних, операційних систем та особливості програмного забезпечення. Для підвищення ефективності процесів моделювання у таких умовах доцільно використовувати розподілене імітаційне моделювання. Суттєві наукові результати у цій галузі наведені у роботах Окольнішнікова В.В., Вознесенської Т.В., Томашевського В.Н. та Діденка Д.Г, де запропоновано розподілену архітектуру дискретно-подієвої імітаційної системи моделювання на базі агентного підходу. В той же час, слід відзначити доцільність врахування в розподілених моделях динаміки зміни обсягів пам'яті розподілених моделей та даних, якими обмінюються моделі в



процесі імітації. Це дозволить більш адекватно оцінювати поведінку розподілених моделей в динамічному обчислювальному середовищі та здійснювати ефективний розподіл обчислювальних ресурсів.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-технічних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетних тем: «Розробка структур Харківського ресурсно-операційного GRID-центру та його ресурсів» (договір № 08-22 / 9 з «ІПСА» НТУУ «КПІ», №IT/506-2013) та Державної програми «Інформаційні та телекомунікаційні технології в освіті і науці» на 2006-2013 рр.(№ ДР 0108U008261).

Таким чином, можна зробити висновок про актуальність питань формалізації та дослідження процесів розподіленого імітаційного моделювання, зокрема, задач підвищення ефективності використання обчислювальних GRID-ресурсів (для поточних обчислень та зберігання даних). Дисертаційна робота, що рецензується, присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі – організації ефективного функціонування розподіленої системи імітаційного моделювання GRASSS шляхом дослідження компонентів цієї системи та вибору множини потрібних обчислювальних ресурсів для її функціонування.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірності і новизни.** Викладені в дисертаційній роботі положення містять теоретичні і практичні результати, що мають належний ступінь обґрунтованості, який було досягнуто за рахунок обґрунтованого використання математичних засобів процесної алгебри, обчислення виразів тощо. Достовірність результатів підтверджується тим, що отримані здобувачем результати або узагальнюють результати, незалежно отримані раніше, або такі результати випливають з наукових здобутків дисертаційної роботи.

Новизна наукових результатів, отриманих у роботі, полягає у наступному:

- запропоновано імітаційну модель процесу розподіленого дискретно-подієвого моделювання, яка враховує обсяги пам'яті окремих програмних компонентів, потоків

даних залежно від алгоритму синхронізації модельного часу та архітектурі локальних моделей, що базується на стандарті HLA;

- розроблено методи оцінювання схем розподілу програмних моделей за обчислювальними ресурсами;
- уdosконалено моделі оцінки часу виконання імітаційних програмних експериментів;
- набули подальшого розвитку методи розподілу імітаційних програмних моделей за обчислювальними ресурсами.

Запропоновані та уdosконалені моделі та методи дозволяють задовільнити встановлені обмеження на обсяг оперативної пам'яті, мінімізувати час простою обчислювальних ресурсів, зменшити час моделювання та кількість потрібних обчислювальних ресурсів для різних умов синхронізації програмних моделей.

#### **Важливість результатів дисертаційної роботи для науки і практики.**

Запропоновані методи та засоби аналізу програмних моделей забезпечують ефективну підтримку процесів розподіленого імітаційного моделювання, дозволяючи більш ефективно використовувати такі важливі параметри ресурсів, як кількість комп'ютерів та час їх використання. Слід зазначити, що отримані результати можуть бути застосовані не лише для моделювання GRID-систем, але і в інших системах розподіленого імітаційного моделювання, що використовують дискретно-подієвий підхід.

Практична значимість отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи підтверджено поліпшенням якості функціонування системи GRASS, а також актами впровадження результатів в організаціях, що здійснюють розробку інформаційних систем різного призначення. Практичне втілення теоретичних досліджень полягає у наступному: розроблено та реалізовано алгоритми та процедури аналізу розподілених імітаційних моделей, розроблено процедуру порівняння ефективності розподілених імітаційних моделей за максимальним просуванням модельного часу, процедури оцінки можливості розподілу окремих моделей на основі динамічної зміни обсягів віртуальної пам'яті та часу простою

ресурсів для різних алгоритмів синхронізації розподілених імітаційних моделей, уdosконалено технологію розподіленого імітаційного моделювання GRID-систем. Особисто здобувачем проведено розподілене імітаційне моделювання різних конфігурацій і системних налаштувань Харківського ресурсно-операційного GRID-центру та його ресурсів, а також аналіз конфігурацій в ході використання GRID-порталу на різних додатках.

**Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.**

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 21 наукову працю (з них 7 статей у виданнях, які зазначені в переліку фахових видань України з технічних наук та 13 тез доповідей конференцій).

Основні положення дисертаційної роботи повністю розкрито в публікаціях і відповідають змісту автореферату.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.** Структура дисертації та її зміст відповідають прийнятим для наукового дослідження нормам. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань з 167 найменувань на 19 сторінках та 4 додатків на 8 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 168 сторінок, включно 138 сторінок основного тексту.

Для вирішення питань, зазначених у меті роботи, у першому розділі здобувачем здійснено аналіз сучасних технологій імітаційного моделювання, а також розглянуто програмні системи моделювання, що підтримують паралельне виконання на різних комп'ютерах. Особливу увагу приділено процесу моделювання GRID-систем згідно з об'єктом дослідження. Аналізуючи сучасний стан предметної області, здобувач дійшов висновку щодо необхідності розробки нових моделей та методів аналізу програмних моделей елементів GRID-систем.

У другому розділі здобувач запропонував нову формальну модель середовища моделювання, яка надала можливість врахувати елементи програмних моделей, які підтримують виконання в розподіленому середовищі. Обґрутовано можливість побудови оптимістичних та консервативних алгоритмів

синхронізації розподілених імітаційних моделей на основі стандарту HLA, розглянуто особливості реалізації федератів на основі функцій менеджера пам'яті. Доведено можливість автоматичної реалізації федератів стандарту HLA і федератів розподіленої системи моделювання RTI для управління станом у просторі модельного часу.

У третьому розділі запропонована узагальнена імітаційна процесу дисcrete-подієвого розподіленого моделювання. Модель враховує зміни обсягів пам'яті, час використання процесора, час передачі даних та інше. Розроблено модифікації моделі під час використання консервативних і оптимістичних алгоритмів синхронізації, які враховують часові характеристики виконання розподіленої імітаційної моделі, час простою обчислювальних ресурсів і витрати віртуальної пам'яті процесу моделювання, удосконалено модель оцінки часу виконання програмних моделей.

У четвертому розділі розглядаються практичні заходи щодо імплементації запропонованих методів і моделей у систему імітаційного моделювання GRASS, та результати статистичних спостережень за функціонуванням системи до та після впровадження розроблених алгоритмів та програмних модулів. Запропонована архітектура візуального інтерфейсу для розподіленої імітаційної системи моделювання GRID-інфраструктури дозволяє здійснювати підключення нових модулів з метою проведення більш складних експериментів без перекомпіляції всього проекту. Результати експериментів підтверджують ефективність запропонованих моделей та методів.

Додатки до дисертації містять елементи візуального інтерфейсу роботи програмних модулів системи розподіленого імітаційного моделювання та акти про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Слід зазначити, що здобувач використав сучасну бібліографію та наукову термінологію. Зміст та результати досліджень викладено аргументовано, результати практичної реалізації підтверджують теоретичні висновки. Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи.

### **Відповідність дисертаційної роботи паспорту спеціальності.**

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до наступних пунктів, зазначених в паспорті спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології:

- 10). Моделювання предметних галузей інформаційних систем (аналітичне, імітаційне, інфологічне, об'єктно-орієнтоване тощо) на підґрунті створення та застосування відповідних інформаційних технологій;
- 14) Розроблення та дослідження моделей і методів оцінювання якості та підвищення надійності, функціональної безпеки та живучості інформаційних та інформаційно-управлюючих систем.

### **Зауваження щодо змісту дисертації та автореферату.**

1. У формалізованому опису процесу розподіленого імітаційного моделювання, що наводиться у розділі 2, слід було детальніше зазначити, яким чином пов'язана ця абстрактна модель з інформаційними технологіями, розробленими в роботі.
2. В першому розділі, що містить результати аналізу предметної області, не розглянуті сучасні агрегатні архітектури систем імітаційного моделювання, які дозволяють представлення таких систем множиною активностей.
3. Незрозумілим є призначення функції активності менеджера пам'яті, яка реалізує відновлення стану моделі, у випадку консервативних алгоритмів синхронізації (вираз (2.10)). Ця функція мала б бути присутня лише при реалізації оптимістичних алгоритмів синхронізації.
4. Розробка технології аналізу програмних моделей передбачає використання бази даних для збереження результатів імітаційного моделювання, втім, в дисертації не зазначено, яку саме базу даних використано при практичній реалізації системи GRASS.
5. В тексті дисертаційної роботи присутні деякі невдалі, або переобтяжені стилістичні конструкції.

**Загальні висновки.** В цілому дисертаційна робота Гріделя Ростислава Миколайовича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані теоретичні і практичні результати, що є суттєвими для розвитку технологій імітаційного моделювання в розподілених обчислювальних системах. Мета роботи досягнута за рахунок чітко визначених і розв'язаних задач побудови моделі предметної області, визначення властивостей розподіленої системи моделювання, розробки методів аналізу програмних моделей. Все це забезпечує можливість ефективного управління розподілом програмних моделей згідно з наявними ресурсами.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Грідель Ростислав Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:  
доктор технічних наук,  
професор, завідувач кафедри  
комп'ютерної інженерії  
Східноукраїнського національного  
університету  
ім. Володимира Даля



O.I. Рязанцев

Підпис доктора технічних наук, професора Рязанцева Олександра Івановича  
засвідчує

Вчений секретар  
Східноукраїнського національного  
університету  
ім. Володимира Даля



Г.О. Бойко

«9 » квітня 2015 року