

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Наливайчука М. В. «Методи та засоби комп'ютерної обробки інформації в
адаптивних супутникових надпровідних гравіметрах», що подана на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.13.05 - Комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність обраної теми

З розвитком космічної галузі виникає потреба встановлювати на космічні апарати різноманітні вимірювально-обчислювальні системи для проведення космічних досліджень, та обробки одержаних даних. До таких систем відноситься апаратура для вимірювання величини гравітаційних збурень. Сучасні гравіметричні системи в основному стаціонарні, великогабаритні, та мають низьку чутливість вимірювання.

До високочутливих гравіметричних систем можна віднести системи, основані на використанні явища надпровідності, але в них використовують чутливий елемент в якому в якості пробного тіла використовується надпровідна сфера, що левітує внаслідок діамагнітного відштовхування. Такі надпровідні сфери потребують високоточної обробки, і складні в виробництві. А самі системи не можуть бути використані в якості супутникових гравіметричних систем.

Проблему створення супутникових гравіметричних систем, можливо вирішити, якщо використовувати новітній чутливий елемент, що пропонується автором даної роботи. Такий чутливий елемент в поєднанні з апаратно-програмним забезпеченням, дає можливість спроектувати компактну вимірювально-обчислювальну систему, що дозволить проводити вимірювання величину гравітаційних збурень з чутливістю не гірше 10^{-10} g. Такі системи можна встановлювати та експлуатувати на малих космічних апаратах.

Частина досліджень, висвітлених у дисертаційній роботі, здійснено, згідно з планами науково-дослідної роботи кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у рамках держбюджетних тем: № 2908-ф «Теоретичні засади побудови інтелектуальних масштабованих комп'ютерних систем моніторингу критичних об'єктів» (державний реєстраційний номер 0116U004886); № 2907-ф «Методи оцінки та забезпечення необхідного рівня технічної безпеки роботи спеціалізованих багато процесорних систем управління» (державний реєстраційний номер 0115U000323); № 2202-Ф «Методи організації моніторингових інформаційно-аналітичних систем науково-освітнього призначення на основі високопродуктивних обчислювальних кластерних технологій» (державний реєстраційний номер 0109U000526); № 2415 «Теоретичні

основи аналізу верифікації, перевірки та тестування програмно-апаратних компонентів інформаційних технологій спеціального призначення" (державний реєстраційний номер 0100U000937).

Результати дисертаційної роботи реалізовано та впроваджено:

- у навчальному процесі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у вигляді частини лекційного курсу з дисципліни: «Моделювання» для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, що навчаються за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів, що підтверджено відповідним актом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і достовірність результатів

Наукові положення, висновки за результатами досліджень і рекомендації щодо застосування отриманих результатів теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені. Результати дисертаційних досліджень отримано шляхом застосування методів математичного моделювання, для побудови математичної моделі чутливого елемента та натурального експерименту для перевірки відповідності розрахункових та реальних характеристик чутливого елемента.

Наукову новизну одержаних результатів можна охарактеризувати таким чином:

1. Запропоновано новий підхід до створення керованих надпровідних чутливих елементів (ЧЕ) з використанням явища магнітної левітації, що дозволило створити ЧЕ зі стабілізованою рівновагою вільного левітуючого пробного тіла. Побудовано математичну модель ЧЕ, досліджено її системні властивості і отримані умови стійкості пробного тіла по частині змінних. Це спрощує вирішення задачі визначення величини гравітаційних збурень, що діють на пробне тіло.

2. Запропоновано підхід до оцінювання величини гравітаційних збурень, що діють на пробне тіло, на основі білінійного спостереження, що дало змогу вирішити задачу оцінки параметрів вихідного сигналу сенсора. Визначено умови, які викликають хаотичність динаміки левітуючого пробного тіла, що підтверджено чисельними обрахунками спектру показників Ляпунова та експериментальними дослідженнями. Це надало можливість окреслити зону стабільності динамічної системи.

3. Набув подальшого розвитку метод вирішення обернених динамічних задач з використанням нейромереж, для визначення величини гравітаційних збурень, що дозволило зменшити час обрахунку.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Результати, наведені у дисертаційній роботі, може бути використано для створення вимірювально-обчислювальних систем, які базуються на використанні новітнього надпровідного датчика, що дає можливість експлуатації таких систем в космічній галузі.

Структура та зміст дисертації

У цілому дисертація є завершеним науковим дослідженням та складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи складає 120 сторінок друкованого тексту, із них 100 сторінки

основного тексту, список використаних джерел нараховує 101 найменування.

У **вступі** розкрито сутність та стан науково-технічної проблеми, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та завдання дослідження, наведено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію та впровадження наукових результатів роботи.

У **першому розділі** проаналізовано основні принципи побудови вимірювально-обчислювальних систем гравіметричного призначення, приведені порівняльні характеристики, та зроблені висновки, що в основі надвисокочутливих системи вимірювання сили гравітаційних збурень лежить чутливий елемент, що використовує явище надпровідності. Запропоновано новий підхід до створення надпровідного чутливого елемента, який має характеристики, що не поступаються іноземним аналогам, але має простішу конструкцію.

У **другому розділі** наведено детальне обґрунтування та побудова математичної моделі новітнього надпровідного чутливого елемента. Розроблена математична модель динаміки, стійкості та стабілізації чутливого елемента, проведені дослідження на асимптотичну стійкість математичної моделі, та вирішена задача по частині змінних відносно математичної моделі, для спрощення обчислення величини гравітаційних збурень.

Показано, що ідеї та методи теорії керування можуть бути використані для стабілізації левітуючого пробного тіла.

У **третьому розділі** побудовано функціональну схему системи вимірювання величини гравітаційних збурень, що діють на пробне тіло. Запропоновано методіку вимірювання положення пробного тіла з допомогою оптичного інтерферометра Майкельсона, що дозволить визначати положення на рівні довжини хвилі лазерного випромінювача.

Обґрунтовано алгоритми адаптивної цифрової фільтрації для виділення корисного сигналу на фоні шумових перешкод.

Для визначення невідомого параметра g запропоновано метод вирішення оберненої задачі до математичної моделі чутливого елемента з використанням нейромережі, що спрощує процес пошуку невідомого параметра g .

Процес визначення невідомого гравіметричного збурення з використанням нейронної мережі проводиться за експериментально виміряними положенням та швидкістю левітуючого пробного тіла.

Побудовано нейромережний алгоритм оцінювання слабких гравітаційних збурень. Запропоновані алгоритми забезпечать більш стабільну роботу приладів на основі ефекту магнітної левітації.

У **четвертому розділі** наведено результати натурального експерименту для перевірки чутливості надпровідної гравіметричної системи, та застосування такої системи в геології.

Описано конструкцію надпровідного чутливого елемента, та проведені дослідження динаміки та стійкості надпровідного підвісу. Показано, що

новітній чутливий елемент може мати чутливість, яка буде залежати тільки від системи вимірювання положення пробного тіла.

Результати вимірювання гравітаційної константи G , отриманої в лабораторії на відстанях близько 1 м, за допомогою надпровідного гравіметра. Прилад вимірював гравітаційний ефект завдяки кільцевій масі близько 330 кг, що рухалася вгору-вниз навколо гравіметра. В результаті експерименту для гравітаційної константи отримано значення $G = (6.679 - 0: 008) 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$, яке в межах своєї невизначеності узгоджується з останнім вимірюванням анемометра CODATA, що відповідає точності вимірювання для Землі прискорення гравітаційного поля на рівні $\sim 10^{-10}$ гАлл.

Описано перспективні інформаційні технології прогносної оцінки нафтогазоносності території. Запропоновано методи математичного моделювання та класифікації для використання в геології.

Запропоновано використовувати метод опорних векторів для класифікації векторів найбільш інформативних ознак з урахуванням процедури валідації. Методи дослідження можуть бути використані в різних областях знань, у тому числі в екології та сільському господарстві.

Проведені прогнозні модельні дослідження дозволили отримати оцінки ймовірності нафтогазоносності територій за матеріалами дистанційних досліджень, незалежно від геологічних і природних умов.

Комплексування матеріалів дистанційних досліджень з даними геолого-геофізичних досліджень підвищує вірогідність і ефективність результатів прогнозу.

Запропонована методика прогнозу нафтогазоносності дозволяє:

- (а) проводити оцінку перспективності території на нафту і газ незалежно від пори року та природних умов;
- (б) видавати рекомендації з постановки детальних пошукових робіт;
- (в) оперативно проводити прогнозні дослідження на будь-якій території в необхідному масштабі;
- (г) виділяти локальні ділянки з максимально можливою вірогідністю виявлення покладів нафти і газу, таким чином скорочуючи фінансові витрати і терміни на виконання пошуково-розвідувальних робіт.

Повнота викладу основних матеріалів дисертації в опублікованих працях

Роботу апробовано та обговорено на 9 міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях. За результатами виконаних досліджень опубліковано 12 наукових публікаціях, з яких 8 статей в наукових фахових журналах України; 1 наукова стаття у закордонному виданні, та 1 у виданні, що проіндексоване у базі даних «Scopus», 2 статті в нефармових журналах, 9 в публікаціях матеріалів науково-технічних конференцій.

• Автореферат дисертації і публікації автора за темою дисертації у цілому відображають її зміст.

Зауваження по роботі:

1. В роботі зустрічається некоректна стилістика речень, пунктуаційні помилки.
2. Необхідно навести більш детальне обґрунтування необхідності використання нейромереж.
3. Необхідно навести більш детальний опис методу обчислень показників Ляпунова.

У той же час слід зазначити, що наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку та цінність дисертаційної роботи, оскільки робота має завершеність, положення, висновки і рекомендації науково обґрунтовано.

Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційну роботу написано загальноприйнятою науковою мовою, із використанням сучасної наукової термінології. Дослідження здійснено на високому науковому рівні, а робота є завершеною науковою працею, яка має важливе практичне значення та вирішує актуальне наукове завдання по створенню супутникових вимірювально-обчислювальних систем гравіметричного призначення.

Дисертації за змістом та рівнем досліджень відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, вимогам Міністерства освіти і науки України про дисертації і автореферати.

Висновки

За актуальністю теми, мірою обґрунтованості наукових положень, достовірністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю одержаних результатів дисертаційна робота Наливайчука М. В. на тему: «Методи та засоби комп'ютерної обробки інформації в адаптивних супутникових надпровідних гравіметрах» відповідає вимогам до дисертацій та авторефератів дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема, вимогам п.13 та п.14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» та паспорту спеціальності 05.13.05 - комп'ютерні системи та компоненти, а Наливайчук М. В. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри робототехніки та
спеціалізованих комп'ютерних
систем Черкаського державного
технологічного університету

Підпис Чичужко М. В. засвідчую
Учений секретар ЧДТУ



Марина ЧИЧУЖКО

І. В. Миронець