

ВІДГУК

офіційного опонента, к.т.н., доцента Кочана В.В.
на дисертацію п. **Стрембіцького Михайла Олексійовича**
на тему “Неромережеві технології підвищення точності
вимірювання та керування в системах наведення антен”,
представлену на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертації. Розвиток багатьох галузей народного господарства і науки України та інтеграція їх у світову економіку в значній мірі залежить від впровадження нових телекомунікаційних технологій. При цьому супутниковий зв'язок та інші використання супутників стають все важливішими. Однак, хоча збільшення діаметру антенних систем супутникового зв'язку і підвищує їх чутливість, воно дає також відчутні зворотні ефекти – зростання маси антенної системи та вимогу підвищення точності керування положенням цієї антенної системи. Адже зростання коефіцієнта підсилення антенної системи відбувається за рахунок звуження діаграми її направленості. Таким чином, обидва ці ефекти ведуть до різкого зростання складності систем наведення антенних систем. Крім того, сучасні супутникові технології вимагають не просто спрямування антенної системи у деяку точку небесної сфери, а динамічного супроводження супутника при його переміщенні. Вихід з цього стану можна знайти застосовуючи новітні методи керування, зокрема ті, що базуються на методах штучного інтелекту. Тому дисертаційна робота п. Стрембіцького Михайла Олексійовича на тему “Неромережеві технології підвищення точності вимірювання та керування в системах наведення антен”, присвячена використанню штучних нейронних мереж у контролерах, що забезпечують саме високу точність наведення, є, безумовно, актуальною.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні результати, отримані здобувачем, достатньо обґрунтовані як аналітично, так і комп'ютерним моделюванням та результатами проведених експериментальних досліджень. Отримані в процесі досліджень наукові результати є новими, а сама дисертація є закінченою науковою працею, яка вирішує важливу наукову і практичну задачу для систем керування наведенням антен великого діаметру та маси.

Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел і додатків.

У першому розділі проведено аналіз сучасних напрямів розвитку систем керування складними об'єктами, зокрема, системами керування великогабаритними антенними системами під час супроводу супутників дистанційного зондування Землі. Особливу увагу звернуто на

Вхідний №	128-898
«20»	05 20 16 р.
Підпис	

нейромережеві методи регулювання та керування. Відзначено адаптивні властивості нейронних мереж, проведено аналіз їх особливостей, а також можливості навчання. Показано, що похибки нейромережевих контролерів у значній мірі визначаються похибками навчання, а останні – похибками прямих та інверсних математичних моделей, які використовуються при навчанні нейронних мереж. Однак ідентифікація параметрів складного об'єкта керування є доволі трудомісткою, часто не тривіальною, задачею. Тому виникає задача навчання нейронних мереж контролера на неточних моделях.

У другому розділі проведено аналіз можливостей вдосконалення нейромережевого контролера для керування антенною системою та запропоновано новий метод навчання нейронної мережі контролера за рахунок використання нейромережевого емулятора антенної системи. Причому запропонований метод обходить необхідність високоточної ідентифікації параметрів математичних моделей об'єкта керування – результати відслідковування антенною системою випадкових збурень приймаються за цілеспрямовані дії регулятора та на них навчається нейронна мережа. У другому розділі досліджено також вплив зворотних зв'язків у рекурентних нейронних мережах на похибку нейромережевого контролера в умовах керування антенною системою, запропоновано використання нейронної мережі Елмана, модифікованої за рахунок введення зворотних зв'язків вихід – вхід.

У третьому розділі досліджено реакцію антенної системи на збурення для взаємозв'язаних нейромережевих контролерів положення та руху антенної системи за двома координатами – азимутом та кутом місця. Взаємний вплив цих координат змушує проводити відповідну корекцію та досліджувати спільну роботу нейромережевих контролерів. У третьому розділі було досліджено залежність похибки проведення антенної системи за заданим маршрутом для нейронних мереж Елмана з різною кількістю нейронів у схованому шарі та показано переваги систем на базі нейромережевих контролерів порівняно з ПД-регуляторами.

У четвертому розділі досліджено синтезовану модель системи керування антенною системою на базі нейромережевих контролерів та порівняно її з системою керування на базі оптимально налаштованих ПД-регуляторів. Показано, що система керування антенною системою на базі нейромережевих контролерів по обох координатах має переваги.

Висновки та рекомендації, зроблені здобувачем в дисертації є достатньо обґрунтованими і повними, вони охоплюють всі основні наукові положення проведених досліджень.

Наукова новизна досліджень та їх достовірність. В процесі виконання роботи здобувачем отримано нові результати, які складають наукову та практичну цінність. Наукова цінність результатів, отриманих в дисертаційній роботі, полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано використання контролера на основі

рекурентної нейронної мережі для наведення антенної системи, який, шляхом реалізації нейромережевого емулятора, забезпечує відображення інверсної динаміки системи наведення антенної системи, що не потребує знання точної математичної моделі керованого об'єкта і дозволяє уникнути громіздких розрахунків на стадії ідентифікації моделі керування.

2. Вперше запропоновано нове застосування методу ідентифікації параметрів антенної системи, при реалізації якого подані на вхід тестові сигнали та врахування перехідного процесу дали змогу формувати послідовності для проведення навчання нейромережевого контролера наведення антени без використання детального математичного опису керованого об'єкта.
3. Вперше запропоновано метод вибору способу навчання рекурентної нейронної мережі Елмана для наведення антенної системи при відтворенні інверсної динаміки керованого об'єкта, який забезпечує зменшення похибки навчанні синтезованої нейронної мережі.
4. Удосконалено метод синтезу нейроконтролера керування антеною системою на основі рекурентної нейронної мережі Елмана шляхом введення глобальних зворотних зв'язків, що дало змогу зменшити похибку керування при супроводі антеною системою тестової траєкторії на 3,7% у порівнянні з розрахованим та налаштованим аналітичним методом пропорційно-інтегрально-диференціальним регулятором (ПІД-регулятором).
5. Удосконалено метод керування наведенням для розподіленої антенної системи, застосування якого підвищило швидкодію регулятора на 3% у порівнянні з налаштованим пропорційно-інтегрально-диференціальним регулятором.

Практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі, полягає у розробленні:

1. Методу синтезу рекурентних нейронних мереж для ідентифікації систем наведення антен (доведений до практичної реалізації).
2. Нейромережевого контролера керування антеною системою, що реалізує відтворення інверсної динаміки керованого процесу.

Результати дисертаційної роботи можуть бути ефективно використані для підвищення точності керування антенними системами при супроводі супутників дистанційного зондування Землі при їх перебуванні у зоні видимості, у телекомуникаціях та інших галузях, де необхідне точне керування складними пристроями та системами.

Не викликає сумніву достовірність отриманих здобувачем наукових результатів, оскільки вона підтверджується необхідними математичними викладками, коректністю та повнотою виконаних розрахунків і проведених експериментальних досліджень.

Повнота викладу змісту дисертації в опублікованих працях.

Основні наукові та практичні результати дисертації опубліковані

здобувачем у 5 наукових публікаціях у фахових наукових журналах, з них 1 стаття одноосібна, 1 стаття у журналі, індексованому у базі SCOPUS. Основні результати та положення є змістовними і вносять певний вклад у галузь автоматизації промисловості та зв'язку. Результати дисертаційної роботи апробовані на 8-ми науково-технічних конференціях.

Автореферат дисертації оформленний згідно діючих вимог ДАК України і достатньо повно розкриває суть роботи, її наукові положення, результати і висновки.

Загальна оцінка змісту та завершеності дисертаційної роботи.

Дисертація Стрембіцького М.О. є закінченою науковою роботою, яка містить вступ, 4 розділи та відповідні висновки, викладені на 102 сторінках, перелік використаних джерел на 139 найменувань і 5 додатків на 5 сторінках. Зміст дисертації відповідає її назві, усі теоретичні викладки виконані коректно, в доступній формі. Автореферат дисертації в достатній мірі висвітлює зміст роботи, отримані результати та висновки.

В цілому дисертаційна робота Стрембіцького М.О. за змістом відповідає спеціальності 05.13.05 — комп'ютерні системи та компоненти.

Зауваження.

1. Ані у дисертаційній роботі, ані у авторефераті не зазначено чітко, що процес навчання нейронних мереж, що входять у склад розроблених регуляторів, іде в два етапи – попереднє навчання на стандартних синалах або неточних моделях антен та кінцеве навчання безпосередньо на об'єкті (на місці експлуатації при використанні самої антени).
2. З тексту дисертаційної роботи та автореферату не зрозуміло, що запропоноване застосування методу ідентифікації параметрів антени дає змогу формувати навчальні вибірки для проведення навчання нейронних мереж, які входять у склад розроблених регуляторів, саме для етапу попереднього навчання, а тому висока точність ідентифікації та детальний математичний опис керованого об'єкта не потрібні.
3. Не вказано, що налаштований аналітичним методом (з використанням результатів ідентифікації параметрів антени з завідомо високою точністю) пропорціонально-інтегрально-диференціальний регулятор є теоретично ідеальним регулятором для об'єктів керування типу антенної системи. Тому відносно скромні показники підвищення точності керування при супроводі антеною системою тестової траєкторії (всього 3,7%) та підвищення швидкодії (всього на 3%) отримані у порівнянні з ідеальним (теоретично) регулятором. Отримані показники фактично могли бути отримані лише за рахунок кращого налаштування нейронних мереж, що входять у склад розроблених регуляторів, у процесі кінцевого навчання.
4. Розроблений метод нейромережевого керування азимутом та кутом

місця антенної системи враховує вплив кута місця на параметри регулятора при керуванні азимутом традиційним методом, без спеціального налаштування. Однак зрозуміло, що врахування зазначеного впливу шляхом індивідуального налаштування є резервом підвищення точності керування антенною системою. Але це вимагає розроблення додаткового відповідного методу та методики його налаштування.

5. В дисертаційній роботі зустрічаються окремі описки та огірхи оформлення. Зокрема, у змісті дисертаційної роботи не приведено списку додатків, а навіть у науковій новизні зустрічаються різні назви одного і того самого об'єкта – антена, антенный пристрій, антенна система, антенна установка.

9. Шляхи використання результатів досліджень

Отримані дисертантом наукові результати доцільно використати при проведенні дослідно-конструкторських робіт із створення нових систем керування складними об'єктами, зокрема, механічними.

10. ВИСНОВОК:

Відзначенні вище зауваження не змінюють загалом доброго враження про опоновану дисертаційну роботу в цілому. Дисертація п. Стрембіцького Михайла Олексійовича на тему “Неромережеві технології підвищення точності вимірювання та керування в системах наведення антен”, за своїм змістом відповідає спеціальності 05.13.05 – комп’ютерні системи та компоненти, вона є актуальну і завершеною науково-дослідною роботою, в ній на належному науковому рівні успішно розв’язано сукупність обчислювальних, експериментальних, методичних та інструментальних задач, що мають суттєве значення для вирішення важливої науково-технічної задачі – підвищення точності керування великогабаритними антенними системами у процесі супроводу супутників.

Дисертація п. Стрембіцького М. О. цілком відповідає вимогам ДАК України. В ній логічно обґрунтовано і розкрито головні кваліфікаційні ознаки дослідження, а саме: мету, задачі, наукову новизну, методи дослідження, достовірність результатів, практичну значущість та висновки.

1. За темою дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових друкованих праць, одна з яких у міжнародному виданню, що входить до наукометричної бази SCOPUS, 4 статті у фахових виданнях, що входять до переліку ДАК України. (одна з них одноосібна). Ці публікації у повній мірі відображають зміст дисертаційної роботи.
2. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 127 сторінок, з них – 102 сторінки основного тексту, 50 рисунків та 5 таблиць, 5 додатків та список використаних джерел з 139 найменувань.
3. Текст автореферату відповідає змісту дисертації та містить основні

последовательного и висновки, які захищаються автором.

- Наукові результати, що наведені в даній роботі, отримані автором самостійно, мають практичну цінність і впроваджені в рамках теоретичних та практичних розробок планових та держбюджетних науково-дослідних робіт.
 - Дисертація відповідає профілю спеціалізованої вченого ради К 58.052.06 при Тернопільському національному технічному університеті за спеціальністю 05.13.05 – комп’ютерні системи та компоненти.
 - Наукові та практичні результати дослідження можуть бути впроваджені на підприємствах, які займаються виробництвом систем керування антенами, зокрема, великого діаметру, а також іншими складними механічними об'єктами.
 - Дисертаційна робота, яку представлено до захисту, за науковою та практичною цінністю відповідає вимогам п. 13 „Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника” з кандидатських дисертацій, а її автор, Стрембіцький Михайло Олексійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп’ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент

професор кафедри "Інформаційно-обчислювальних систем і управління"

Тернопільського національного
економічного університету, к.т.н., доцент

В. В. Кочан

Вчений секретар

Тернопільського національного економічного університету



М.А. Мудрак