

Рецензія

на дисертаційну роботу

Пироговської Тетяни Володимирівни

на тему «Методи та програмні засоби підвищення ефективності
моделювання гідроакустичного сигналу на основі введення вагових
коефіцієнтів»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 – Інформаційні технології
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми.

У контексті зростаючої геополітичної напруженості та важливості контролю над морськими просторами, гідроакустичні технології набувають непересічного стратегічного значення для забезпечення національної безпеки та оборони. – Моделювання гідроакустичного сигналу є фундаментальним елементом для ефективної роботи сонарних систем, які використовуються для підводної розвідки, виявлення підводних човнів, протимінної боротьби та моніторингу підводної інфраструктури. Однак, незважаючи на значний прогрес, існуючі методи моделювання часто не можуть адекватно врахувати всю складність акустичного середовища, що призводить до значних похибок у визначенні місцезнаходження об'єктів або класифікації цілей. Це може мати критичні наслідки для операцій у складних умовах, зменшуючи ефективність розвідувальних місій та підвищуючи ризики для задіяних сил, що підкреслює гостру потребу у вдосконаленні наявних підходів до моделювання.

Введення вагових коефіцієнтів у процес моделювання гідроакустичного сигналу є революційним кроком, що дозволяє значно підвищити точність і надійність військово-морських операцій. Цей підхід дає можливість адаптувати моделі до конкретних умов театру бойових дій, враховуючи специфіку морського дна, температурні аномалії, наявність біологічних шумів або перешкод, створених діяльністю противника. Збільшення точності моделювання сигналу дозволяє покращити розпізнавання цілей, зменшити кількість хибних тривог та оптимізувати планування місій, що є критично важливим для успішного виконання завдань у складних та мінливих умовах. Застосування вагових коефіцієнтів дозволяє більш повно та динамічно відобразити вплив усіх факторів на поширення сигналу, забезпечуючи передові можливості для адаптивного акустичного зондування та підвищуючи загальну ситуаційну обізнаність.

Таким чином, розробка та впровадження програмних засобів, що базуються на методах введення вагових коефіцієнтів, є не лише технічним

завданням, а й стратегічною необхідністю для забезпечення технологічної переваги. Ці засоби дозволять створювати більш точні та адаптивні гідроакустичні системи, які будуть здатні ефективно функціонувати в умовах електронних перешкод та активної протидії противника. Це матиме прямий вплив на підвищення обороноздатності держави, забезпечуючи більш надійний контроль над морськими кордонами, захист життєво важливих морських шляхів та інфраструктури. Актуальність цієї роботи полягає у її прямому внеску у зміцнення національної безпеки через розвиток передових технологій, що дозволить ефективно протистояти сучасним викликам та загрозам у підводному просторі, піднімаючи можливості гідроакустичної розвідки та моніторингу на якісно новий рівень.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше було розроблено принципово новий узагальнений метод нормальних мод, який відходить від традиційних підходів, інтегруючи змінну швидкість звуку, часові зміни та інноваційне застосування вагових коефіцієнтів. Цей метод дозволяє точно визначати акустичний тиск у хвилюванні, охоплюючи як лінійні, так і складні нелінійні випадки, що значно підвищує якість і достовірність обчислень. Ця розробка відкриває шлях до більш глибокого розуміння поширення звуку у водних середовищах.

Вперше була спроектована та реалізована архітектура програмного забезпечення для моделювання гідроакустичних сигналів. Вона базується на вдосконалених та узагальнених методах нормальних мод і вирізняється на тлі існуючих рішень унікальною здатністю до гнучкого задання різноманітних параметрів середовища моделювання. Ця інновація забезпечує вражаюче прискорення обчислень до 30%, що є значним кроком вперед у швидкодії моделювання. Більше того, ця архітектура безпосередньо впливає на можливості побудови реалістичних сценаріїв руху об'єктів спостереження, що є критично важливим для практичного застосування.

Дослідження також значно вдосконалює класичний метод нормальних мод, який є основою для моделювання гідроакустичного сигналу. Ключовою відмінністю від попередніх версій є інтеграція залежності швидкості звуку від глибини, що дозволяє значно точніше враховувати унікальні особливості водного середовища. Це також включає

динамічну зміну акустичного тиску з часом, що робить модель значно більш адаптивною та реалістичною до мінливих умов.

Достовірність усіх отриманих наукових результатів підкріплена ретельним використанням математичного апарату та ґрунтовними теоретичними обґрунтуваннями. Важливо зазначити, що теоретичні висновки повністю узгоджуються з результатами проведених експериментальних досліджень, що остаточно підтверджує наукову цінність роботи.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі інженерії програмного забезпечення у енергетиці КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР "Методи забезпечення функціональної стійкості розподілених інформаційних систем підприємств" під керівництвом професора кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці, д.т.н., Мусієнка Андрія Петровича.

Отже, поставлене наукове завдання в дисертації було повністю виконано, демонструючи глибоке оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Пироговської Тетяни Володимирівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям моделювання складних фізичних процесів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Пироговської Тетяни Володимирівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота, написана українською мовою, являє собою сукупність наукових результатів та положень, що були підготовлені автором для публічного захисту. Ця праця має достатній ступінь завершеності та відзначається чіткою структурою і внутрішньою логічною цілісністю. Вона

переконливо свідчить про значний особистий внесок автора у розвиток наукової галузі.

Дисертація викладена грамотною науково-технічною мовою, використовуючи загальноприйняті наукові терміни, визначення та поняття, що робить її достатньо ясною та зрозумілою. Матеріали досліджень представлені логічно та послідовно, а їх стиль викладення повністю відповідає методології наукових досліджень. Висновки роботи є конкретними та повною мірою відображають ключові результати досліджень. Дисертація добре ілюстрована, а винесені на захист наукові результати викладено вичерпно. Усі використані в роботі терміни, визначення та поняття відповідають чинним Державним стандартам України.

Дисертація складається зі **вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків**. Загальний обсяг роботи становить 174 сторінки.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційного дослідження. Тут також чітко сформульовано об'єкт, предмет, мету і завдання роботи. Висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також представлено основні наукові здобутки.

Перший розділ присвячений аналізу існуючих методів моделювання гідроакустичного сигналу у водному середовищі. Проаналізовано також недоліки сучасного програмного забезпечення. На основі проведеного аналізу було запропоновано актуальне завдання щодо підвищення ефективності моделювання шляхом удосконалення методу нормальних мод.

У **другому розділі** розглядаються особливості гідроакустичних моделей. Детально описано фізичні явища, пов'язані з розповсюдженням гідроакустичних сигналів, а також проаналізовано основні параметри водного середовища, які необхідно врахувати при моделюванні. Представлено вплив змінних середовища на розповсюдження гідроакустичних сигналів у морі та запропоновано способи їх урахування у програмному забезпеченні. Проаналізовано граничні умови при моделюванні гідроакустичних сигналів у морі, фактори впливу на поширення гідроакустичної хвилі, які є важливими для врахування при моделюванні, та способи врахування втрат при поширенні гідроакустичних хвиль.

У **третьому розділі** детально описується постановка задачі пошуку акустичного тиску методом нормальних мод. Удосконалено метод нормальних мод шляхом врахування при моделюванні зміни швидкості звуку з глибиною водних прошарків та додаванням часової змінної. Крім

того, удосконалено метод нормальних мод введенням коефіцієнтів Чебишова для визначення як лінійних, так і нелінійних випадків, що дозволяє підвищити точність обчислень акустичного тиску у хвилеводі. Для виведених методів було проведено статистичне обчислення для визначення функції апроксимування. Продемонстрований кількісний аналіз показав, що з використанням конкретних даних можна зробити висновок про доцільність та ефективність використання коефіцієнтів Чебишова у задачі моделювання розповсюдження звукових хвиль із часовою залежністю, зокрема, цей метод продемонстрував високу стійкість до шуму.

Четвертий розділ висвітлює процес створення програмного комплексу, призначеного для моделювання водного середовища та розповсюдження звукових хвиль у ньому. Розробка розпочалася з детального аналізу предметної області, що дозволило, за допомогою модельно-орієнтованого підходу, побудувати онтологічні моделі – як теоретичної основи, так і самого програмного забезпечення. Ці моделі забезпечили ефективну розробку. Особливу увагу приділили графічному інтерфейсу, щоб користувачам було зручно налаштовувати сценарії моделювання. Наведені результати підтверджують високу ефективність цього програмного комплексу для реальних сценаріїв поширення звуку в морі. Також у тексті розглядаються шляхи подальшого підвищення ефективності програмного забезпечення, включаючи оптимізацію обчислювальних процесів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача демонструють високий рівень якості та детально висвітлюють основні наукові досягнення, представлені в дисертації. Особистий внесок автора у спільних роботах чітко простежується та повністю відповідає результатам, зарахованим за темою дисертаційного дослідження, не викликаючи жодних сумнівів. Важливо відзначити, що у всіх без винятку публікаціях автор неухильно дотримується принципів академічної доброчесності. Це підтверджує, що всі

наукові результати, викладені в дисертаційній роботі, знайшли своє повне та вичерпне відображення у наукових публікаціях здобувача.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі наведений аналіз способу введення коефіцієнтів Чебишова та впливу цих вагових коефіцієнтів на моделювання гідроакустичного сигналу, проте не вистачає детальнішого пояснення причин, за якими було обрано саме ці вагові коефіцієнти, а не інші. На мою думку, робота виграла б від детальнішого обґрунтування вибору вагових коефіцієнтів для глибшого представлення проробленої роботи, а також майбутню роботу вчених над подальшим вдосконаленням.

2. У роботі представлені приклади проведених мануальних тестувань, проте представлені описи результатів не висвітлюють у повному обсязі проведеного тестування. Такий підхід до опису може створити хибне враження про загальну придатність та масштабованість розроблених методів і програмних засобів, оскільки не було детально продемонстровано перевірки в умовах, які б повною мірою відображали різноманіття гідроакустичних сценаріїв. Тому на мою думку, варто було описати детальніше усе проведене тестування, а не фокусуватись на складних випадках.

3. Для того, щоб довести дійсну ефективність запропонованих методів, критично важливим є їхнє порівняння не тільки із застарілими чи базовими підходами, а й з найсучаснішими та найпрогресивнішими розробками у галузі моделювання гідроакустичних сигналів. Робота має аналіз та порівняння сучасних алгоритмів та програмного забезпечення, проте не вистачає детального опису порівняння результатів дослідження з цими методами. Детальне порівняння з різними методами і реалізаціями дозволило б краще підсвітити переваги розроблених методів та програмного забезпечення в порівнянні з популярними нині продуктами на ринку.

4. Одним з важливих аспектів розробки програмного забезпечення є його ретельна перевірка на реальних даних, зібраних у різних умовах. Вважаю, що варто було сфокусуватись на представленні таких порівнянь у демонстрації реалізованих методів, щоб краще продемонструвати надійність та точність отриманих результатів та запевнити у можливості використання у реальних сценаріях.

5. У четвертому розділі згадуються шляхи подальшого підвищення ефективності програмного забезпечення, включаючи оптимізацію обчислювальних алгоритмів та інтеграцію сучасних обчислювальних

технологій, проте відсутня конкретика щодо можливих напрямків або потенційних методів для цієї оптимізації та інтеграції. На мою думку, робота виграла б від зазначення конкретних шляхів можливої оптимізації або покращення.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пироговської Тетяни Володимирівни на тему «Методи та програмні засоби підвищення ефективності моделювання гідроакустичного сигналу на основі введення вагових коефіцієнтів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, в якому містяться наукові результати, що в сукупності вирішують поставлене наукове завдання, мають істотне значення для галузі знань 12 – Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. А авторка дисертації, Пироговська Тетяна Володимирівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри інженерії програмного забезпечення в енергетиці
навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики
Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор технічних наук, професор



Сервіз

2025 року

АВ

Андрій ВЕРЛАНЬ

Підпис гр.

ЗАСВІДЧУЮ

Відділ кадрів

підпис

пр-ще