

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Попова Дмитра Олеговича «Дистанційне зондування навколишнього середовища з використанням випромінювань глобальних навігаційних супутникових систем», представлену на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – «радіофізика»

Актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена стрімким розвитком супутникових систем глобальної навігації та підвищенням інтересу до систем глобального моніторингу довкілля, які можуть використовуватись для різноманітних прикладних задач. Встановлення взаємозв'язку між змінами навігаційних сигналів та змінами середовища їх поширення дозволить розширити функціональні можливості навігаційних супутникових систем та одночасно підвищити їх точність і стабільність за рахунок зменшення впливу атмосферних процесів, які є одним з основних джерел похибок в навігаційних вимірах.

Наукова новизна отриманих в дисертаційній роботі результатів полягає в наступному:

1. Розроблено модель опису коефіцієнта заломлення тропосфери. Для опису поведінки коефіцієнта заломлення використовуються напівмарківські процеси, а протягом окремих сезонів фінітні атомарні функції Кравченко – Рвачова або функції Гауса. Запропоновано новий підхід для перевірки гіпотези про закон розподілення випадкової величини, що використовує обернені функції.

2. Створено нову модель функції відображення тропосферної затримки, яка дозволяє враховувати реальні зміни рефракційного стану середовища поширення сигналів на трасах супутник-приймач і завдяки цьому досягти кращого усунення тропосферної похибки визначення псевдовідстаней на малих кутах візування супутника, де найбільше проявляються рефракційні ефекти.

3. Для визначення зон опадів на основі ГНСС-вимірювань запропоновано використовувати координатну інформацію та вимірювання псевдовідстаней до окремих супутників. Створено методику, що дозволяє оцінювати просторово-часові зміни коефіцієнта заломлення тропосфери навколо точки проведення накопичень навігаційної інформації.

4. Розроблено методику знаходження областей віддзеркалення на підстильній поверхні, оцінки їх параметрів та типу підстильної поверхні з використанням випромінювань навігаційних супутників системи GPS.

Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

1. Створено програмно-апаратний комплекс, який дозволив в результаті багаторічних накопичень в різних метеорологічних умовах та сезонах отримати базу навігаційної інформації, яка може використовуватись для вивчення взаємозв'язку між змінами параметрів навігаційних повідомлень та різноманітними метеорологічними явищами.

2. Розроблено модель функції відображення зенітної тропосферної затримки, що дозволяє проводити оцінку градієнта коефіцієнта заломлення на основі інформації про реальні значення тропосферної затримки сигналів навігаційних супутників.

3. Вперше запропоновано інтерполяційну методику диференційної корекції координат, яка використовує три опорні станції, розташовані навколо точки корекції, що дозволяє отримати стабільну поправку на базах до 200 км та знизити дисперсію похибки визначення координат до 40 %.

4. Створено нові методики для підвищення точності та зниження рівня похибок у навігаційних вимірах. Показано механізми виникнення аномально високих викидів та обґрунтована необхідність відстеження рівня сигналів для усіх супутників на протязі всього періоду їх візування. Для усунення аномально високих викидів в координатних вимірах запропоновано фільтрацію з використанням додаткового інформаційного параметра (першою похідної).

5. Запропоновано використання емпіричного коефіцієнту корекції тропосферних затримок при відсутності даних про реальний рефракційний стан

середовища, що дозволяє знизити середньоквадратичну похибку визначення координат на 4...9 %.

Обґрунтованість та достовірність отриманих в дисертаційній роботі результатів обумовлені строгою фізичною постановкою задачі, використанням високоточних методів вимірювання та обробки сигналів, відповідністю отриманих результатів та висновків сучасним фізичним моделям, перевіркою створених моделей із експериментальними даними.

Результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані у 10 статтях в наукових журналах та збірниках, 8 з яких входять до списку спеціалізованих видань за спеціальністю 01.04.03, а також у 17 тезах міжнародних наукових конференцій та симпозіумів.

Зміст і структура автореферату повністю відповідає змісту та структурі дисертації.

В якості зауважень можна зазначити наступне:

1. В запропонованій методиці дистанційного зондування тропосфери з використанням сигналів навігаційних супутників автор використовує значення коефіцієнту заломлення тропосфери, розраховані для місця проведення вимірювань, хоча мало б сенс враховувати його зміни і в навколишніх точках, тому що неоднорідності, які провокують зміни параметрів навігаційних сигналів, можуть знаходитись на певній відстані від вимірювального комплексу.

2. При скануванні підстильної поверхні сигналами навігаційних супутників було б доцільно дослідити вплив покриття (снігу, рослинності) на характеристики відбитих ГНСС-сигналів та розглянути вирішення зворотної задачі – визначення типу покриття.

3. Відсутні критерії, які дозволяють формалізувати задачу відкидання супутників, використання сигналів яких погіршує точність навігаційного рішення.

4. Відсутні оцінки похибок визначення градієнту коефіцієнту заломлення при використанні запропонованої моделі функції відображення.

Висновки

Вказані зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертації в цілому і в більшій мірі мають характер побажань на доробку її результатів в подальшому. Вважаю, що дисертаційна робота «Дистанційне зондування навколишнього середовища з використанням випромінювань глобальних навігаційних супутникових систем» за своїм науковим рівнем, актуальністю, новизною та практичним значенням виконаних досліджень є завершеною науковою працею, в якій вирішена задача дистанційного моніторингу атмосфери Землі за допомогою ГНСС-технологій. Робота повністю задовольняє вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Попов Дмитро Олегович, заслуговує присудження йому ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – «радіофізика».

Доктор технічних наук, професор

Національного аерокосмічного університету

ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Волосюк В. К.

«24» квітня 2017 р.

Підпис доктора технічних наук, професора, Волосюка В. К. затверджую:

Вчений секретар

Національного аерокосмічного університету

ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»



Нужнова Ю. А.

«24» квітня 2017 р.