

Інформація до проекту

Секція: Нові технології розвитку: транспортної системи, у тому числі розумний, зелений та інтегрований транспорт; ракетно-космічної галузі; авіа- та суднобудування; озброєння та військової техніки; дослідження з найбільш важливих проблем ядерної фізики, радіофізики та астрономії.

Назва проекту: Побудова та використання інтерактивної карти іоносфери.

Тип роботи: науково-технічна розробка.

Організація-виконавець: Національний університет „Львівська політехніка”.

АВТОРИ ПРОЄКТУ:

Керівник проекту: Джуман Богдан Богданович

Науковий ступінь: к.т.н., вчене звання –

Місце основної роботи: Національний університет „Львівська політехніка”.

Проект розглянуто й погоджено рішенням Вченої Ради Національного університету „Львівська політехніка” від « 05 » вересня 2019 р., протокол № 9/1

Інші автори проекту: к.т.н., асист. Доскіч Софія Василівна, к.т.н., асист. Вовк Андрій Ігорович, к.т.н., асист. Лопушанський Олександр Миколайович, аспірант Хоптар Аліна Андріївна, провідний інженер Яхторович Роман Іванович.

Пропоновані терміни виконання проекту (24 місяці)
з 01.01.2020 по 01.01.2022

Орієнтований обсяг фінансування проекту: 1500 тис. гривень

1. АНОТАЦІЯ

Дослідження іоносфери з впровадженням інноваційних методів моніторингу на основі глобальних супутникових навігаційних систем (GNSS) направлене на отримання інформації про просторово-часовий розподіл параметрів іоносфери Землі. На динаміку іоносфери впливає певний ряд факторів, зокрема, потік сонячного іонізуючого випромінювання, геомагнітна активність та вплив інших різних метеорологічних явищ. Розвиток методів дослідження і моделювання динаміки параметрів іоносфери зумовлений, насамперед, науковим інтересом до проблеми вивчення верхньої частини атмосфери Землі, а також необхідністю вирішення ряду прикладних задач в області забезпечення стійкого радіозв'язку, супутників систем навігації та радіолокації. Проект направлений на створення нового інформаційного продукту – регіональної інтерактивної карти параметрів іоносфери над територією розміщення українських станцій GNSS-спостережень. Отримана інформація є ключовою складовою для аналізу «космічної погоди» та необхідною для врахування користувачам одночастотних GNSS-приймачів.

2. ПРОБЛЕМАТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇЇ АКТУАЛЬНІСТЬ

Глобальні карти іоносфери (GIM) створюються в режимі реального часу шляхом встановлених даних, отриманих із стаціонарних наземних GNSS станцій. Глобальні карти іоносфери забезпечують миттєві "знімки" глобального розподілу щільності електронів шляхом інтерполяції в просторі і в часі. Цю інформацію використовують для калібрування навігаційних систем, моніторингу стану іоносфери, прогнозу іоносферних бур, аналізу «космічної погоди» тощо. На сьогоднішній день для створення глобальних карт іоносфери використовується глобальна мережа GNSS-станцій IGS. Проте нерівномірний розподіл GNSS-станцій на поверхні Землі і практично повна їх відсутність в акваторіях океанів і полярних районах істотно знижує точність глобальної карти іоносфери і, як наслідок,

ефективність її використання. Враховуючи те, що за даними GIM просторовий розподіл TEC носить здебільшого згладжений характер, а також зважаючи на двохгодинну дискретність цих даних по часу, є досить складно досліджувати відносно швидкі і локальні процеси, що відбуваються в іоносфері. Інтерполяція вузлових значень TEC спотворює реальні величини загального вмісту електронів, внаслідок чого моделювання не завжди достовірно відображає реальний стан іоносфери. Тому при вирішенні вищепоказаних задач для певного регіону є потреба у побудові локальних карт та швидкостей і напряму руху іоносферних плям. Використовувати виміряні величини TEC замість модельних GIM, на нашу думку, слід ще й тому, що глобальні іоносферні карти по суті являють собою градусну сітку значень TEC і включають в себе далеко не всі GNSS-станції (для прикладу з мережі GNSS-станцій, розміщених у Західній частині України, для створення GIM використовуються дані тільки зі станції SULP). Натомість, добре розвинена локальна мережа ZAKPOS забезпечує достатню щільність та безперервність GNSS даних, що в свою чергу дозволяє більш точно описати дійсний характер іоносфери на місцевому рівні.

3. МЕТА ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ

Метою цієї роботи є розробка методичних основ і визначення достовірності вимірювань основних параметрів іоносфери за допомогою радіотехнічних засобів, насамперед, GNSS, і перетворення референційної GNSS-станції в сучасний автоматизований вимірювальний комплекс з обґрунтованою точністю вимірюваних вертикальних профілів таких параметрів. Завдання роботи: 1) провести критичний аналіз вимог, що пред'являються різними користувачами до інформації про параметри іоносфери; 2) детально дослідити існуючі активні референційні GNSS-станції, які можна використовувати в якості автоматизованих вимірювальних комплексів, оцінити їхні переваги і недоліки, а також доцільність застосування у вимірювально-інформаційних системах; 3) розробити методологічні основи побудови моделі іоносфери за наявною інформацією з мереж активних референційних GNSS-станцій України та за її межами; 4) провести експериментальні дослідження і випробування автоматизованого вимірювального GNSS-комплексу з представленням рекомендацій, що стосуються програмного забезпечення; 5) отримати інтерактивну високоточну карту параметрів іоносфери.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУ ТА ЇХ НАУКОВА НОВИЗНА

Очікувані результати. На початковому етапі буде розроблено теоретичне підґрунтя і практична реалізація побудови моделі іоносфери з використанням мережі перманентних GNSS-станцій. Моделювання іоносфери (в сенсі побудови моделі просторово-часового розподілу TEC за GNSS-сигналами) передбачає виконання кількох принципових етапів збору, перетворення і обробки вихідних «сирих» GNSS-спостережень мереж станцій: 1) етапу попереднього опрацювання GNSS-спостережень, включаючи контроль і забезпечення якості, прив'язку всіх спостережень до шкали часу GNSS, введення різних корекцій в спостереження, оцінку ефемерид супутників на моменти випромінювання; 2) етапу формування т.зв. «безгеометричних» лінійних комбінацій спостережень, введення поправок на диференціальні кодові зрушення (DCB); 3) етапу визначення і використання математичної зв'язку отриманих результатів попереднього опрацювання GNSS-спостережень з моделлю представлення VTEC іоносфери як функції просторових координат (в заданій системі) і часу з урахуванням взаємозв'язку VTEC і STEC (slant TEC) через заздалегідь відому функцію відображення; 4) етапу оцінки параметрів зазначеної моделі; модель може включати і неінформаційні параметри, які необхідно оцінювати спільно з інформаційними параметрами - параметрами просторово-часового розподілу VTEC. Після цього буде створено інтерактивну регіональну карту параметрів іоносфери в режимі реального часу з використанням сферичних функцій Лежандра цілого порядку, але дійсного степеня, які формують ортогональну систему функцій на довільній сферичній трапеції.

Наукова новизна. У світовій практиці на сьогоднішній день зустрічаються здебільшого дослідження і побудова глобальних моделей іоносфери (GIM) з використанням даних з перманентних GNSS станцій. Наприклад, один з основних параметрів іоносфери – загальний

вміст електронів VTEC – представляють у вигляді розкладу в ряд за сферичними функціями Лежандра. Такий підхід вимагає рівномірного розподілу GNSS станцій з відповідним програмним забезпеченням по всій Земній кулі, що на сьогоднішній час не відповідає дійсності. Крім того, такі моделі іоносфери мають велику дискретність в часі, що не дозволяє вловлювати відносно швидкі і локальні процеси, що відбуваються в іоносфері. Регіональна модель іоносфери, побудова якої запропонована в даному проекті, має ряд переваг: 1) опрацюванню підлягають менші масиви даних; 2) набагато вища розрізнявальна здатність параметрів іоносфери в просторі і часі; 3) підвищення точності отриманих моделей, що є актуально для вирішення задач координатного забезпечення (використання GNSS приймачів), дослідження космічної погоди тощо.

5. НАУКОВА ТА ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

Задача створення високоточної моделі іоносфери на сьогоднішній час не є вирішеною не тільки в Україні, але й на світовому рівні. Даний проект направлений на те, щоб попри ціннісну практичну складову зробити внесок у розв'язок цієї непростой наукової задачі. Регіональна модель іоносфери, або кінцевий продукт у вигляді відповідних інтерактивних карт в режимі майже реального часу, може бути використана для покращення розв'язку задач координатного забезпечення (нівелювання або попередження про величину похибки визначення координат пункту з використанням одночастотного GNSS-приймача), для покращення розв'язку задач космічної погоди, яка впливає на роботу космічних апаратів, ліній електропередач, трубопроводів, видобуток нафти і газу та багато інших сфер діяльності людства. Інтерактивна регіональна карта іоносфери також може бути використана для вирішення проблеми забезпечення стійкого функціонування систем навігаційного забезпечення суден цивільної та військової авіації в умовах збуреної космічної погоди. Створюваною технологією ймовірно зацікавляться оператори мереж активних референсних станцій, наприклад ZAKPOS, System.NET та ін., Харківський регіональний центр з гідрометеорології тощо.

Керівник проекту Б.Б. Джуман

Підпис:

Проректор з наукової роботи

Підпис:

