

АВІАЦІЙНА Й КОСМІЧНА ТЕХНІКА

УДК 621.396.933:629.783(045)

О.В. Куценко

ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАЛОННИХ КООРДИНАТ ТА ТРАЄКТОРІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Національний авіаційний університет: kutsenco@bigmir.net

Розглянута методика отримання еталонних координат та траєкторій при дослідженні супутникових навігаційних систем. Описане програмне забезпечення, яке використовується для отримання еталонних координат та траєкторій. Та показані практичні результати порівняння еталонної траєкторії з реальною.

Ключові слова: навігація супутникова, координати, траєкторія псевдовідстань фазова, диференційний режим, rtk режим, оцінка точності.

Постановка проблеми

При проведенні досліджень супутникових навігаційних систем ключовим питанням являється оцінювання точності визначення координат навігаційним приймачем [1]. Таким чином на передній план виходить проблема отримання еталонних координат антен навігаційних приймачів при проведенні статичних навігаційних вимірів, та отримання еталонних траєкторій при проведенні кінематичних навігаційних визначень.

Аналіз останніх досліджень

Визначення еталонних координат фазових центрів антен навігаційних приймачів можна здійснити як за допомогою класичних геодезичних методів визначення координат, так і з використанням супутникових навігаційних приймачів. Визначення еталонної траєкторії зазвичай можливе тільки за допомогою навігаційних приймачів. При цьому варто зазначити, що використання навігаційних приймачів дозволяє заощадити значні матеріальні й людські ресурси. Також при використанні даного методу «прив'язка» здійснюється у всесвітній геодезичній системі координат WGS-84, що не завжди можливо при використанні класичних методів.

Оскільки переважна більшість навігаційних приймачів для потреб навігації використовують кодові виміри псевдовідстані, то в якості еталону доцільно використовувати приймач геодезичного класу, який дозволяє провадити окрім кодових й фазові виміри псевдовідстані при чому на частотах L1 та L2. Як зазначено в [2], фазові виміри використовуються для отримання координат підвищеної точності.

Постановка завдання

Задача практичної реалізації методики отримання еталонних координат та траєкторій з використанням фазових вимірів супутникових навігаційних систем вирішується в три етапи:

1. Запис вимірів еталонного навігаційного приймача;
2. Отримання вимірів навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами;
3. Обробка вимірів еталонного навігаційного приймача та приймача встановленого в точці з відомими координатами за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу

Як приклад еталонного навігаційного приймача для отримання навігаційних вимірів можна представити геодезичний навігаційний приймач ProPak – V3 виробництва компанії Novatel (Канада). Даний навігаційний приймач дозволяє одночасно отримувати дванадцять фазових вимірів псевдовідстаней для кожної з супутникових навігаційних систем GPS та ГЛОНАСС. На Рис. 1 зліва представлений зовнішній вигляд даного навігаційного приймача, а з правої сторони на представлена його антена, що розташована на даху 11 корпусу НАУ.

Для запису даних на персональний комп'ютер використовувалося програмне забезпечення CDU, яке поставляється разом з навігаційним приймачем. Дане програмне забезпечення відображує стан навігаційного приймача, дозволяє налаштувати навігаційний приймач на

видачу різноманітних даних, і записує отримані дані в файл. Програмне забезпечення CDU має зручний графічний інтерфейс і працює в середовищі MS Windows 98/2000/XP/Vista/7 з встановленим Microsoft .NET Framework 2.0. Дані що наються навігаційним приймачем представлені у вигляді повідомлень. Повідомлення докладно розглянуті в [3]. Типи повідомлень, що необхідні для визначення еталонних координат чи траєкторій та їх параметри визначені в [5] представлені в Табл. 1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд навігаційного приймача ProPak – V3 та його антени

Таблиця 1

Необхідні для запису повідомлення та їх параметри

№ П/П	Тип повідомлення	Дані	Протокол	Порядок видачі	Період	Затримка видачі
1	BESTPOS	Розраховані приймачем координати	Binary	On Time	1	0
2	RANGE	Виміряні псевдовідстані	Binary	On Time	1	0
3	RAWEPHEM	Ефемериди супутників	Binary	On Next	-	-
4	IONUTC	Параметри іоносфери	Binary	On Next	-	-
5	VERSION	Версія програмного та апаратного забезпечення приймача	ASCII	Once	-	-

Для визначення високоточних координат за допомогою методу відносного позиціонування необхідно отримати виміри навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами. При проведенні досліджень використовувалися дані перманентної GPS – станції «Київ/Голосіїв». Докладна інформація по даній станції представлена в [4]. Дана станція була встановлена в м. Київ 16 грудня 1997 р. Головною астрономічною обсерваторією Національної академії наук України (ГАО НАНУ), в місті Києві. Антена навігаційного приймача змонтована на даху головного офісу обсерваторії. На сьогодні станція обладнана навігаційним приймачем NovAtel DL-V3 з антеною NOV702GG. Режим роботи станції: інтервал реєстрації сигналів від GPS-супутників - 30 с; мінімальний кут місця для супутників, що спостерігаються, 5°; пересилання файлів спостережень - щогодини. Дані спостережень пересилаються у внутрішньому бінарному форматі до Операційного центру даних ГАО НАНУ, де вони перетворюються в універсальний формат RINEX і відсилаються до Регіонального центру збору даних IGS у Федеральній агенції картографії та геодезії, в місті Франкфурт-на-Майні, Німеччина та до Локального центру збору даних EPN в Інститут космічних досліджень (OLG), в місті Грац, Австрія.

Для визначення еталонних координат використовується програмне забезпечення виробництва фірми Novatel (Канада) Waypoint GrafNav/GrafNet. Як зазначено в [5], дане програмне забезпечення призначене для постобробки вимірів навігаційних приймачів за допомогою методу відносної навігації. Воно підтримує більшість існуючих одно й двох частотних навігаційних приймачів які приймають сигнали від навігаційних супутників систем GPS та ГЛОНАСС. Серед підтримуваних протоколів даних навігаційних приймачів наявні Leica SR/MX/System 500/System 120, Magellan, Novatel CMC, Novatel OEM2/3/4/V, Sifr Binary,

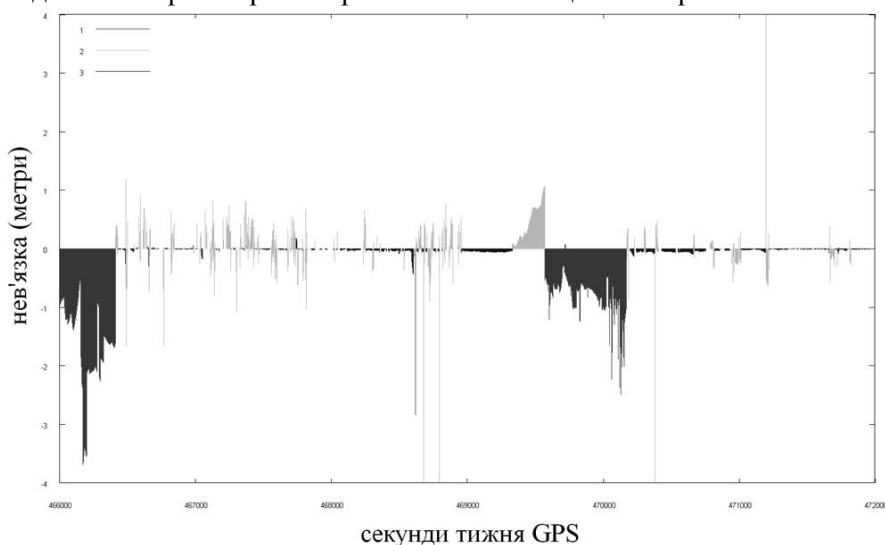
U-blox, а також універсальний протокол навігаційних даних RINEX. Можлива обробка навігаційних вимірів з використанням однієї або кількох базових станцій. Отримання високоточних координат та траєкторій можливе при відстанях до базової станції 30-50 км. Програмне забезпечення не тільки розраховує координати, а й дозволяє оцінити точність їх визначення. Окрім цього дане програмне забезпечення дозволяє отримувати велику кількість додаткової інформації про якість навігаційних даних, а саме інформацію про кількість супутників, їх видимість, геометричні фактори погіршення точності, рівень відношення сигнал/шум, висотний профіль вимірів та ін. Дані можуть представляються у текстовому і графічному вигляді. Можна представляти інформацію як по всьому сеансу вимірювань, так і по його часині. Програмне забезпечення GrafNav/GrafNet має зручний графічний інтерфейс і працює в середовищі MS Windows 98/2000/XP/Vista/7.

За допомогою описаної методики були отримані еталонні координати фазових центрів антен розташованих в НАУ. Також були проведені кінематичні навігаційні виміри при роботі навігаційного приймача в автономному режимі, диференційному режимі та в режимі RTK. На Рис. 2 представлені місце розташування антен НАУ (V1, V3), місце розташування станції «Київ/Голосіїв» (GLSV) та еталонна траєкторія. Частина траєкторії пролягає в районах з висотною забудовою. В наслідок чого видимість навігаційних супутників, та прийом навігаційних корекцій був утруднений.

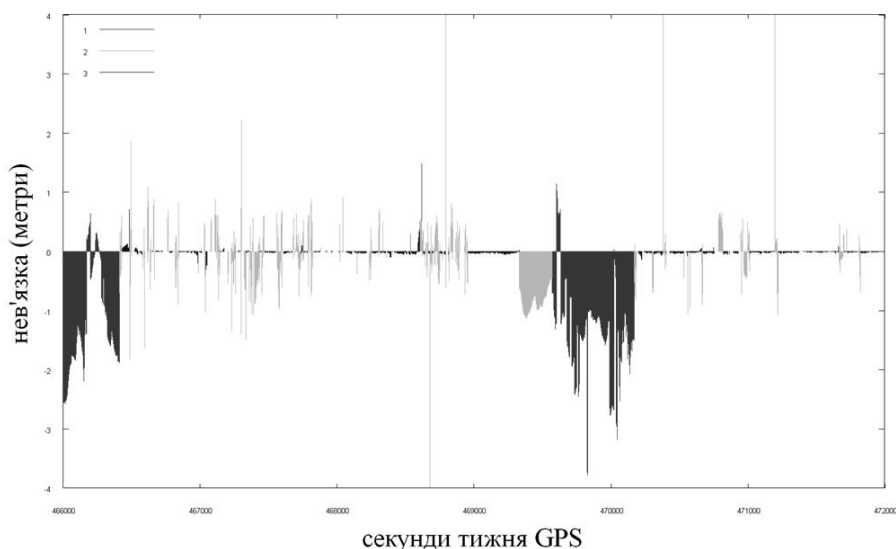


Рис. 2. Схема розташування еталонних координат та траєкторії

На Рис. 3 показана нев'язка по довготі та широті між еталонною траєкторією отриманою за описаною методикою та траєкторією отриманою з навігаційного приймача.



а



б

- 1 – звичайний режим роботи навігаційного приймача;
- 2 – диференційний режим роботи навігаційного приймача;
- 3 – RTK режим роботи навігаційного приймача.

Рис. 3. Нев'язка між еталонною та реальною траєкторіями (а) по довготі, (б) по широті

Як видно з рисунку найкращу точність навігаційний приймач має в режимі RTK, а найгіршу при використанні звичайного режиму роботи, що цілком співпадає з теоретичними даними. На графіках присутні розриви, які можна пояснити відсутністю еталонних координат в певні моменти часу в наслідок недостатньої кількості спостережуваних навігаційних супутників.

Висновки

Розглянута методика отримання еталонних координат та траєкторій з використанням фазових вимірів супутникових навігаційних систем, яка включає обробку даних з еталонного навігаційного приймача та навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами.

В ході експериментальної перевірки даної методики показана її ефективність при доступності навігаційних супутників.

Хоча недоліком представленої методики являється наявність розривів в даних при проведенні досліджень в умовах поганого прийому сигналів від навігаційних супутників її доцільно використовувати при проведенні досліджень супутникових навігаційних систем.

Список літературних джерел

1. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации / Национальный авиационный университет. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
2. Гофман-Велленгоф Б., Легат К., Візер М. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Пер. з англ.; За ред. Я.С. Яцківа. – Львів: Львівський нац. ун-т, 2006. – 443 с.
3. OEM4 Family Installation and Operation User Manual Rev 11, Vol 2 // NovAtel Inc / - 2004. – 280 р.
4. ГАО НАН України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: // <http://www.mao.kiev.ua/>
5. User's Manual for GrafNav/GrafNet, GrafNav Lite, GrafMov and Inertial Explorer Version 7.50 // Waypoint Consulting Inc. / - 2004. – 426 р.