

УДК 912.43-12

*O. Boiyko*, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

*V. Dodurych*, Senior Lecturer,

*T. Kushniruk*, assistant State Agrarian and Engineering University in Podilya

### USING GPS-RECEIVERS FOR UPDATE GEOREFERENCED REMOTE DISTANCE SENSING

**Annotation.** *Displaying results using GPS-measurements as a way to clarify the binding of space available. Method of remote sensing (RS) and the reception of single and dual-frequency receivers, describes the technology for linking images to the coordinate system WGS-84 and cartographic projection UTM.*

*A ortorektyfikatsiyu picture for the location of objects. Reveals the nature of measurement error: uncertainty about the time the error calculating the orbits, instrumental error receiver many ways signal propagation, ionospheric delay signal, the geometric arrangement of the satellites.*

*The results showed that by far the staff CSIRP and NFC can perform ortorektyfikatsiyi remote sensing data using the regular GPS-receiver eXplorist 600 with an accuracy of 1 m to 106 m, due to the insufficient number of control points and features GPS-receiver. The average error of the measurements made by latitude and longitude, respectively, 22 m and 29 m.*

*To improve the outcome of planned use of various standard methods, such as:*

*– the classical two-step method of measurement, which involves the first stage of the large number of redundant measurements, and the second*

*– a statistical analysis of the data obtained and determine the most probable value of the phase ambiguity;*

*– modification of the classical method, characterized in that the processing of the measurement results conducted kalmanovskaya multistage filtration and selected group Kalman filter with optimal properties.*

**Key words:** *GPS (Global Position System) – ascertain the location system, remote sensing, artificial satellite, georeferenced, ortorektyfikatsiya, state geodetic network, the inventory, signals, coordinates, points of reference.*

О.Г. Бойко, кандидат с.-г. наук, доцент,  
В.В. Додуріч, старший викладач,  
Т.М. Кушнірук, асистент ПДАТУ

## ВИКОРИСТАННЯ GPS-ПРИЙМАЧІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ УТОЧНЕННЯ ГЕОГРАФІЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Відображено результати використання GPS-вимірювань як способу уточнення прив'язки аерокосмічних даних, описується технологія проведення прив'язки зображень до системи координат WGS-84, картографічна проекція UTM.

Областю застосування є геодезія і створення географічних інформаційних систем. Реалізація результатів роботи сприятиме впровадженню GPS-технологій і позитивно впливатиме на ефективність використання даних ДЗЗ у вирішенні ряду практичних і наукових завдань

**Ключові слова:** GPS (Global Position System) – система з'ясування місцезнаходження, дистанційне зондування Землі, штучний супутник Землі, географічна прив'язка.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** Для вирішення проблем моніторингу земельних ресурсів та контролю природо-користування необхідне використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Одним з цих методів є зондування з штучних супутників Землі (ШСЗ) [1, с. 23].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Використання цих даних з метою з'ясування місця знаходження об'єктів необхідне для проведення орторектифікації знімка [4, с. 68].

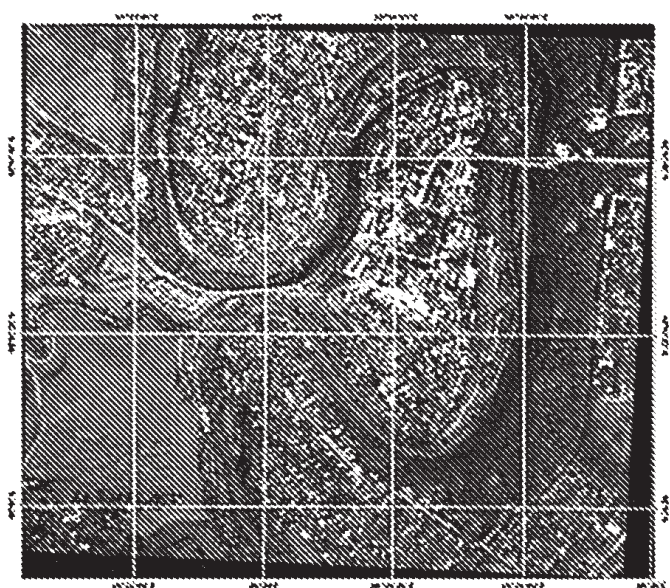
Відомо, що технологія GPS дозволяє вирішувати геодезичні задачі самого різного рівня: від розвитку державної геодезичної мережі до інвентаризації земельних ділянок. Практика показує, що продуктивність праці зростає при цьому в десятки разів. Найбільшого поширення на території СНД набула фазова одночастотна (L1) апаратура, оскільки вона, з одного боку, в 2-5 разів дешевше за двочастотну, а, з іншого боку, забезпечує точність, достатню для вирішення більшості практичних завдань [2, с. 44].

Для проведення досліджень використовувався GPS-приймач eXplorist 600 з наступними технічними характеристиками: кількість каналів TrueFix – 14; підтримка WAAS/EGNOS; точність з'ясування координат – 3-5 метрів [3, с. 12].

**Методика досліджень.** Відомо, що точність географічної прив'язки даних з ШСЗ Quick Bird при просторовому розрізненні 0,60 м складає приблизно 15 м. З метою її проведення персоналом СТОІ ДЗЗ було розроблено алгоритм та проводилися дослідження на прикладі аерофотозйомки (рис. 1) з використанням GPS-приймача. Наземні виміри проводилися на території заповідника «Старе місто» в місті Кам'янці-Подільському.



до прив'язки



після прив'язки

Рис. 1. Космічний знімок

**Постановка завдання.** У навколосемному просторі розгорнена мережа ШСЗ, що рівномірно “покривають” всю земну поверхню. Завдяки тому, що орбіти ШСЗ обчислюються з дуже високою точністю, існує можливість з’ясування координати кожного супутника. Радіопередавачі супутників безперервно випромінюють сигнали у напрямі Землі, які приймаються GPS-приймачем, що знаходиться в деякій точці земної поверхні, координати якої потрібно визначити.

Однією з найважливіших характеристик GPS-приймача є спосіб його синхронізації.

На сьогоднішній день використовуються одно- та двочастотні приймачі. Точність визначення координат кожного складає: для одночастотного (L1) приймача – 100 м; двочастотного (L1, L2) приймача – 16 м [4].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У процесі проведення наземних вимірів було з’ясовано контрольні опорні точки (табл. 1), за якими проводилась орторектифікація даних ДЗЗ аерофотознімка. Відомо, що на точність визначення координат істотний вплив роблять помилки, що виникають при виконанні процедури вимірювань.

Таблиця 1

Контрольні опорні точки для орторектифікації даних аерофотознімка

Картографічні координати за вимірами GPS-приймача		Піксельні координати зображення	
X	Y	X	Y
468820.8569	5390340.0538	1880.500000	2302.500000
468486.7293	5390501.2574	1415.000000	2132.750000
468206.4376	5390847.4388	1097.250000	1691.750000
468908.8048	5390487.7896	1978.750000	2107.750000
469053.2796	5390650.0218	2171.750000	1898.750000
469143.1212	5391590.7020	2227.000000	700.250000
469080.0611	5391724.4432	2085.250000	528.750000
468956.0285	5391704.7514	1974.250000	576.000000
468823.6379	5391725.8608	1841.750000	559.750000
468714.7576	5391782.0473	1682.500000	488.000000
468348.2080	5391834.1243	1222.250000	458.750000
468255.8553	5391558.5966	1111.000000	797.750000
468237.1032	5392147.8622	1061.250000	28.000000
468055.3807	5391689.4151	848.750000	624.500000
468190.2453	5391238.4429	1094.250000	1214.250000
467921.5347	5391239.9712	707.750000	1203.750000
467475.3313	5391527.8574	190.500000	858.250000
468468.6468	5390996.0296	1402.000000	1482.750000
468515.5066	5391256.9974	1457.500000	1145.500000
468442.0749	5391290.7581	1359.250000	1114.000000

Природа цих помилок різна:

1. Неточне визначення часу. При всій точності тимчасових еталонів ШСЗ існує деяка погрішність шкали часу апаратури супутника. Вона приводить до виникнення систематичної помилки визначення координат майже 0,6 м.

2. Помилки обчислення орбіт. З’являються унаслідок неточностей прогнозу і розрахунку ефемерид супутників, що виконуються в апаратурі приймача. Ця погрішність також носить систематичний характер і приводить до помилки вимірювання координат майже 0,6 м.

3. Інструментальна помилка приймача. Обумовлена, перш за все, наявністю шумів в електронному тракті приймача. Відношення сигнал/шум приймача визначає точність процедури порівняння прийнятого ШСЗ і опорного сигналів, тобто погрішність обчислення псевдодальності. Наявність даної похибки приводить до виникнення координатної помилки в 1,2 м.

4. Багатопутність розповсюдження сигналу. З'являється в результаті вторинних віддзеркалень сигналу супутника від крупних перешкод, розташованих в безпосередній близькості від приймача. При цьому виникає явище інтерференції і зміряна відстань виявляється більше дійсної. Аналітично цю погрішність оцінити достатньо важко, а найкращим способом боротьби з нею є раціональне розміщення антени приймача щодо перешкод. У результаті дії цього чинника помилка визначення псевдодальності може збільшитися на 2,0 м.

5. Іоносферні затримки сигналу. Іоносфера – це іонізований атмосферний шар в діапазоні висот 50-500 км, який містить вільні електрони. Наявність цих електронів викликає затримку розповсюдження сигналу супутника, яка прямо пропорційна концентрації електронів і обернено пропорційна квадрату частоти радіосигналу. Для компенсації виникаючої при цьому помилки визначення псевдодальності використовується метод двочастотних вимірювань на частотах L1 і L2 (у двочастотних приймачах). Лінійні комбінації двочастотних вимірювань не містять іоносферних погрішностей першого порядку. Крім того, для часткової компенсації цієї погрішності може бути використана модель корекції, яка аналітично розраховується з використанням інформації, що міститься в навігаційному повідомленні. При цьому величина залишкової немодельованої іоносферної затримки може викликати погрішність визначення псевдодальності майже 10 м.

6. Геометричне розташування супутників. При обчисленні сумарної помилки необхідно ще врахувати взаємне положення споживача і супутників робочого сузір'я.

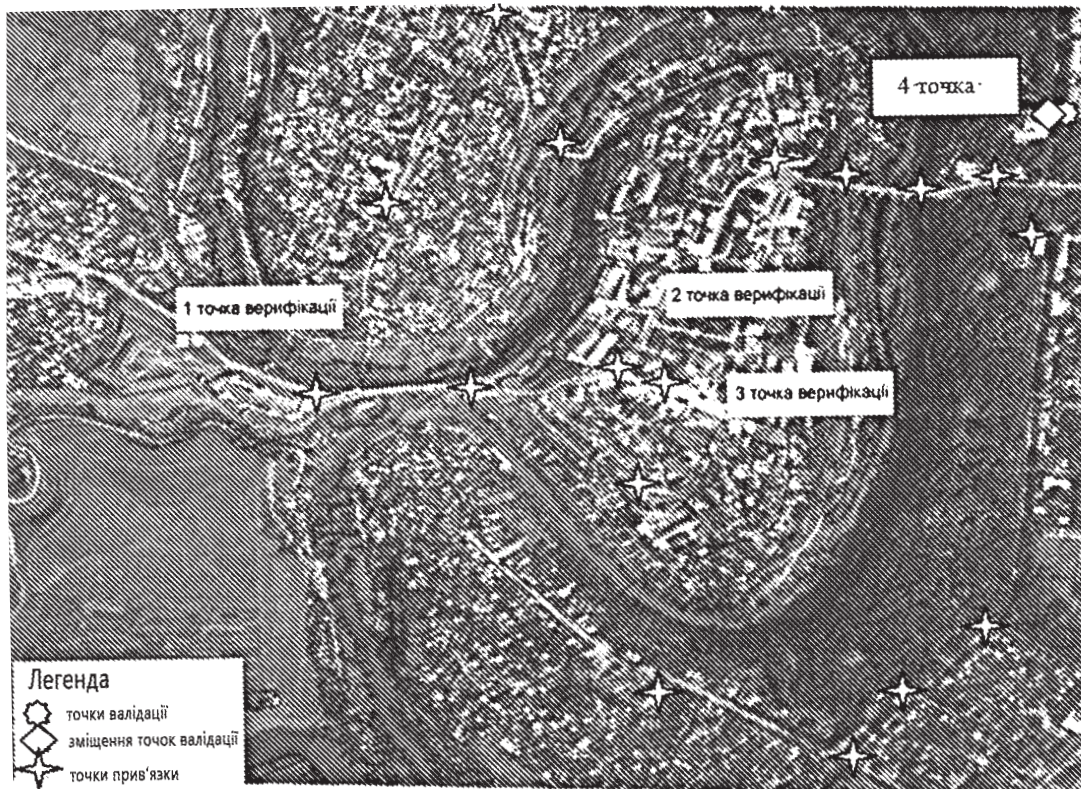


Рис. 2. Місця наземних вимірювань при верифікації знімка

З метою верифікації отриманих даних було проведено додаткові наземні виміри (рис. 2, табл. 2). Для цього вводиться спеціальний коефіцієнт геометричного погіршення точності PDOP (Position Dilution Of Precision).

Таблиця 2

#### Результати верифікації знімка

Номер точки	Похибка по довготі	Похибка по широті
1	23,5 м	1 м
2	2 м	1,5 м
3	35 м	106 м
4	30 м	9 м
Середня похибка	22 м	29 м

**Висновки.** Результати показали, що на сьогоднішній день персоналом ЦПОСІ та КНП можливо проведення орторектифікації даних ДЗЗ за допомогою штатного GPS-приймача eXplorist 600 з похибкою від 1 до 106 м, що пов'язано з недостатньою кількістю контрольних точок та можливостями GPS-приймача. Середня похибка вимірів склала по широті і довготі відповідно 22 і 29 м.

Для покращення результату планується застосування різноманітних стандартних методів, а саме:

- класичного двохетапного методу вимірювань, який припускає на першому етапі виконання великої кількості надмірних вимірювань, а на другому – статистичний аналіз одержаних даних і визначення найбільш вірогідного значення фазової неоднозначності;
- модифікації класичного методу, яка відрізняється тим, що при обробці результатів вимірювань проводиться багатоетапна кальмановська фільтрація і вибирається група фільтрів Кальмана з оптимальними властивостями.

#### Список використаних джерел

1. Следзінські Я. Европейська система координат EUREF (EUROPEAN REFERENCE FRAME) // Вісник геодезії та картографії. – 1994. – № 1. – С. 33-38.
2. Seeger H., W. Augath, R. Bordley, C. Boucher, B. Engen, W. Gurtner, W. Schluter and R. Sigl, Status Report on the EUREF-GPS-campaign 1989, Firenze, Italy, 1990, submitted to the IAG-EUREF-Subcomission.
3. Seeger H. The Current Status and Perspectives of EUREF/ IFAG. – 1997. – 40 p.
4. LHSystems ADS40Airborne Digital Sensor, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. vol. XXXIII, part B1, Amsterdam, 2004.
5. Boucher C. Specification for Reference Frame Fixing in the Analysis of a EUREF Campaign / Report on the Symposium of the IAG Subcomission for the European reference Frame (EUREF) held in Warsaw, June 8-11, 2011; Reports of the EUREF Technical Working Group; Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Astronomisch-Geodatische Arbeiten, Heft Nr. 54, 2004. – P. 26ff/

**Аннотація.** *Отображены результаты использования GPS-измерений как метода уточнения привязки аэрокосмических данных, описаны технология проведения привязки изображений к системе координат WGS-84, картографическая проекция UTM.*

*Областью применения есть геодезия и создание географических информационных систем. Реализация результатов работы будет способствовать внедрению GPS-технологий и положительно влиять на эффективность использования данных ДЗЗ в решении ряда практических и научных задач.*

**Ключевые слова:** *GPS (Global Position System) – система выявления месторасположения, дистанционное зондирование Земли, искусственный спутник Земли, географическая привязка.*