



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94163 (13) C2  
(51) МПК  
G01C 11/02 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

1

2

(21) а200912048

(22) 24.11.2009

(24) 11.04.2011

(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.

(72) БЕЛЕНКО ВАДИМ ЮРІЙОВИЧ, БУРАЧЕК  
ВСЕВОЛОД GERMANOVICH, ЗАЦЕРКОВНИЙ ВІ-  
ТАЛІЙ ІВАНОВИЧ, МОРОЗ ВАЛЕРІЙ МИКОЛАЙО-  
ВИЧ, ПАРАНІЧ ВІКТОР ПЕТРОВИЧ

(73) КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ НАУ

(56) RU 2216711 C1, G01C11/00, G03B37/00, публ.  
20.11.2003.

US 4391514, G01C3/10, G09B9/08, публ.  
05.07.1983.

WO 9533973 A1, G01C11/00, публ. 14.12.1995.

GB 2393342 A, G01S5/00, H04N5/00, публ.  
24.03.2004.

US 6853332 B1, G01S13/89, публ. 8.02. 2005.

(57) 1. Спосіб дистанційного знімання місцевості, що заснований на методі цифрової зйомки плану місцевості та методі лазерного висотометрування, який **відрізняється** тим, що одночасно з експозиціями цифрової знімальної камери вимірюють за допомогою лазерного висотоміра висоти точок на плані, що знімають цифровою камерою, лазерний промінь висотоміра пропускають крізь двоклинову оптичну систему та виконують обертання клинів в одному напрямі з різними швидкостями, вимірюють кутові величини повороту клинів, вираховують по цих даних координати точок на отриманій проекції спіралі на місцевості і перетворюють в систему координат цифрової камери та будують рельєф місцевості на отриманому цифровому плані.

2. Пристрій для дистанційного знімання місцевості, що містить пару оптичних поворотних клинів з приводами і датчиками кутів повороту, який **відрізняється** тим, що він містить електрично зв'язаний з блоком обробки інформації блок регулювання різниці швидкостей обертання клинів, при цьому вхід блока керування електрично зв'язаний з виходом блока обробки інформації, виходи блока

керування електрично зв'язані з відповідними входами блока обробки інформації, блока лазерного висотоміра з блоком випромінювання, блоків приводів відповідно першого та другого скануючих клинів, навігаційного приладу, приймача супутникових сигналів GPS, датчика вертикалі, цифрової знімальної камери, при цьому вихід блока обробки інформації електрично зв'язаний з входом блока регулювання різниці швидкостей обертання клинів, інший вихід блока обробки інформації електрично зв'язаний з входом блока формування цифрового контурного плану та побудови цифрової моделі рельєфу, входи блока обробки інформації електрично зв'язані з виходами датчика вертикалі, цифрової знімальної камери, блоків датчиків кутів повороту відповідно першого та другого скануючих клинів, лазерного висотоміра, навігаційного приладу, приймача супутникових сигналів GPS, датчика швидкості руху літального апарата, вихід лазерного висотоміра оптично зв'язаний з входом двоклинового скануючого приладу, вхід лазерного висотоміра електрично зв'язаний з виходом блока приймача лазерного висотоміра, вхід цифрової знімальної камери оптично зв'язаний з відбитим світловим потоком випромінювання від місцевості, два входи двоклинового скануючого приладу електрично зв'язані з відповідними виходами блоків приводів відповідно першого та другого скануючих клинів, два виходи двоклинового скануючого приладу електрично зв'язані з відповідними входами блоків датчиків кутів повороту відповідно першого та другого скануючих клинів, вхід блока приймача лазерного висотоміра оптично зв'язаний з відбитим світловим потоком випромінювання від місцевості, вихід блока формування цифрового контурного плану та побудови цифрової моделі рельєфу електрично зв'язаний з входом блока запису та збереження інформації, а вихід блока регулювання різниці швидкостей обертання клинів електрично зв'язаний з входом блока обробки інформації.

Запропонований винахід належить до галузі геодезії, зокрема до методів аерокосмічного знімання місцевості.

Відомі способи аерофотозйомки, засновані на стереофотограмметричних методах [1]. До недоли-

(19) UA (11) 94163 (13) C2

ків даних способів можна віднести складність та великий обсяг обробки стереоданих.

Відомі методи сканерного знімання [2]. До недоліків цих методів відноситься недостатня точність скануючих пристроїв, що використовуються, яка негативно впливає на загальну точність методу.

Також відомі способи аерокосмічних лазерних світловіддалемірних вимірювань [3]. Проблема сканування лазерного променя така ж сама, як у попередньому методі.

Як аналог, прийнятий за прототип, може бути використаний спосіб та пристрій знімання місцевості, що описаний в [3].

Задачею винаходу є створення способу та пристрою дистанційного знімання місцевості, що дозволяє отримати підвищення точності знімання і відображення рельєфу на цифровому знімку при виключенні складної фотограмметричної технології.

Поставлена задача вирішується за рахунок створення способу дистанційного знімання місцевості, який заснований на методі цифрового знімання та методі лазерного висотометрування, який відрізняється тим, що одночасно з експозиціями цифрової знімальної камери в картографічному каналі вимірюють за допомогою лазерного висотоміра висоти точок на плані, що знімають цифровою камерою, при цьому лазерний промінь висотоміра пропускають крізь двохклинову оптичну систему та виконують обертання клинів в одному напрямі з різними швидкостями, вимірюють кутові величини повороту клинів, вираховують по цих даних координати точок на отриманій проекції спіралі на місцевості, перетворюють в систему координат цифрової камери та будують рельєф місцевості на отриманому в картографічному каналі цифровому плані, та створення пристрою дистанційного знімання місцевості, який містить пару оптичних поворотних клинів з приводами і датчиками кутів повороту, відрізняється тим, що він містить електричне пов'язаний з блоком обробки інформації блок регулювання різниці швидкостей обертання клинів, при цьому вхід блока керування електричне пов'язаний з виходом блока обробки інформації, виходи блока керування електричне пов'язані з відповідними входами блока обробки інформації, блока лазерного висотоміра з блоком випромінювання, блоків приводів відповідно першого та другого скануючих клинів, навігаційного пристрою, приймача супутникових сигналів GPS, датчика вертикалі, цифрової знімальної камери, вихід блока обробки інформації електричне пов'язаний з входом блока регулювання різниці швидкостей обертання клинів, інший вихід блока обробки інформації електричне пов'язаний з входом блока формування цифрового контурного плану та побудови цифрової моделі рельєфу, входи блока обробки інформації електричне пов'язані з виходами датчика вертикалі, цифрової знімальної камери, блоків датчиків кутів повороту відповідно першого та другого скануючих клинів, лазерного висотоміра, навігаційного пристрою, приймача супутникових сигналів GPS, датчик швидкості руху літального апарата, вихід лазерного висотоміра оптично пов'язаний з входом двох-

клинового скануючого пристрою, вхід лазерного висотоміра електричне пов'язаний з виходом блока приймача лазерного висотоміра, вхід цифрової знімальної камери оптично пов'язаний з відбитим світловим потоком випромінювання від місцевості, два входи двохклинового скануючого пристрою електричне пов'язані з відповідними виходами блоків приводів відповідно першого та другого скануючих клинів, два виходи двохклинового скануючого пристрою електричне пов'язані з відповідними входами блоків датчиків кутів повороту відповідно першого та другого скануючих клинів, вхід блока приймача лазерного висотоміра оптично пов'язаний з відбитим світловим потоком випромінювання від місцевості, вихід блока формування цифрового контурного плану та побудови цифрової моделі рельєфу електричне пов'язаний з входом блока запису та збереження інформації, вихід блока регулювання різниці швидкостей обертання клинів електричне пов'язаний з входом блока обробки інформації.

Технічним результатом є спрощення технології обробки інформації за рахунок виключення використання стереофотограмметрії та підвищення точності картографування рельєфу за рахунок введення сканування місцевості по точній спіралі.

На Фіг.1 представлена схема пристрою, за допомогою якого реалізується запропонований спосіб:

- 1 - блок керування;
  - 2 - блок обробки інформації;
  - 3 - лазерний висотомір з блоком випромінювання;
  - 4 - цифрова знімальна камера;
  - 5 - двохклиновий скануючий пристрій;
  - 6, 7 - блоки приводів відповідно першого та другого скануючих клинів пристрою 5;
  - 8, 9 - блоки датчиків кутів повороту відповідно першого та другого скануючих клинів пристрою 5;
  - 10 - навігаційний пристрій;
  - 11 - приймач супутникових сигналів GPS;
  - 12 - датчик вертикалі;
  - 13 - блок запису та збереження інформації;
  - 14 - блок приймача лазерного висотоміра;
  - 15 - скануючий промінь висотоміра;
  - 16 - світловий потік (імпульс) лазерного випромінювання;
  - 17 - відбитий світловий потік випромінювання від місцевості;
  - 18 - блок регулювання різниці швидкостей обертання клинів;
  - 19 - блок формування цифрового плану та рельєфу;
  - 20 - датчик швидкості руху літального апарата.
- Усі блоки встановлені на літальному апараті, при цьому блоки 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12 жорстко зв'язані з осями апарата.

Пристрій працює наступним чином.

За допомогою блока керування включають усі пристрої та блоки пристрою. Блоки 10, 11, 12 передають в блок 2 поточні дані: координати місця положення носія, орієнтацію носія в просторі, швидкість польоту, значення висоти польоту та ін.

Якщо виконувати сканування двохклиновою оптичною системою зі статичного літального апарата, то розгорнення буде виконуватись по спіралі.

При русі літального апарата й використанні двохклинової оптичної систем розгорнення виконується по складній кривій, що наближено являє собою спіраль, витягнуту по напрямку руху літального апарата.

Лазерний висотомір 3 за допомогою приладу 5 сканує місцевість. Обертання оптичних клинів приладу 5 виконується приводами 6, 7 з різними швидкостями. Блоки 8, 9 датчиків кутів повороту клинів передають в блок 2 значення кутів повороту клинів приладу 5 на кожний момент часу. При цьому в блоці 2 по сигналу з приладу 3 про посилення імпульсу 16 лазера фіксують значення кутів повороту клинів на даний момент часу та вираховують координати точки на контурному плані, що отримують в приладі 4 після перетворення відбитого світлового потоку 17 від місцевості в електронний код, який передається з приладу 4 в блок 2.

Значення вимірюваних висот надходять з приладу 3 в блок 2. У блоці 2 у величини вимірюваних значень вводять поправку за нахил скануючого лазерного променя (розраховують за даними датчика 12 і блоків 8, 9) і передають у блок 19 формування цифрового плану та рельєфу, де будують рельєф на цифровому контурному плані по отриманим значенням координат точок сканування та їх висотним характеристикам. Із блока 19 значення передають у блок запису та збереження інформації 13.

При скануванні щільність точок на місцевості буде різною: у центрі вона буде вищою, ніж на периферії, тому для більш рівномірного розташування точок сканування змінюють швидкість обертання оптичних клинів. Із блока 2 у блок 18 надходить електричний сигнал із значеннями поточної швидкості обертання клинів, яку блок 2 отримує з блока 1. Також у блок 18 надходять значення кутів повороту клинів приладу 5 на даний момент часу із блоків 8, 9. Блок 18 на основі отриманих даних вираховує швидкість обертання клинів блока 5, яка забезпечує необхідну частоту сканування (щільність точок) у залежності від необхідного масштабу знімків та заданого перерізу рельєфу, та передає значення швидкостей у блок 1 (задля регулювання блоком 1 швидкості обертання клинів) та у блок 2 (задля розрахунків блоком 2 координат точок).

При цьому, координати положення точки місцевості на цифровому контурному плані в системі координат цифрової знімальної камери можна виразити функцією:

$$(x, y) = f(\alpha_1, \alpha_2, H, x_H, y_H), \quad (1)$$

де:  $(x, y)$  - координати положення точки місцевості на цифровому контурному плані;

$\alpha_1, \alpha_2$  - значення кутів повороту відповідно першого та другого клинів двохклинового скануючого приладу;

$H$  - висота точки на плані;

$x_H, y_H$  - координати носія.

Скануючий промінь висотоміра після проходження двохклинової оптичної системи буде поширюватись у напрямі бісектриси кута, який утво-

рено напрямками найбільшого заломлення клинів. Це зображено на Фіг.2:

0 - нульовий напрямок, від якого відраховують кути повороту відповідно першого та другого скануючих клинів у блоках 8 і 9;

A - напрямок найбільшого заломлення першого клину;

B - напрямок найбільшого заломлення другого клину;

C - напрямок поширення скануючого променя висотоміра після проходження двохклинової оптичної системи;

$\delta$  - кут між напрямом поширення скануючого променя висотоміра після проходження двохклинової оптичної системи та нульовим напрямком;

$\gamma$  - кут, рівний половині кута між напрямками найбільшого заломлення клинів;

$\alpha$  - кут між нульовим напрямком і напрямком найбільшого заломлення першого клину;

$k\alpha$  - кут між нульовим напрямком і напрямком найбільшого заломлення другого клину.

Кути  $\alpha$  і  $k\alpha$  фіксуються блоками 8, 9.

Напрямок поширення скануючого променя висотоміра після проходження двохклинової оптичної системи можна визначити за кутом відхилення  $\delta$  з формули:

$$\delta = \gamma - \alpha = \frac{180 - \alpha(k+1)}{2}. \quad (2)$$

Для спрощення приймемо траєкторією розгорнення спіраль. У залежності від співвідношення швидкостей обертання оптичних клинів, яка регулюється блоками 6 і 7, траєкторія спіралі на місцевості є різною. Наприклад, при значення коефіцієнта  $k$ , відповідно, 2, 10, 20 та 30, спіраль має вигляд, зображений у полярних координатах на Фіг.3. На Фіг.3:

————— - траєкторія спіралі при  $k=2$ ;

————— - траєкторія спіралі при  $k=10$ ;

- - - - - траєкторія спіралі при  $k=20$ ;

..... - траєкторія спіралі при  $k=30$ .

З Фіг.3 видно, що чим швидше відносно один одного обертаються клини, тим щільнішою є спіраль. Цю властивість використовують при визначенні необхідної щільності точок, що залежить від цілей задачі, яка вирішується.

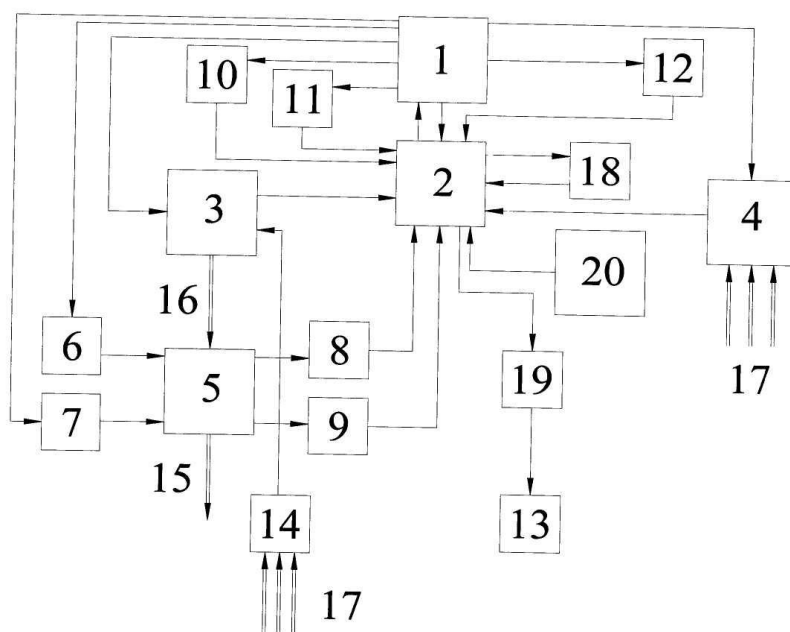
Таким чином, запропонований спосіб та пристрій дистанційного знімання місцевості дозволяє суттєво спростити процес обробки інформації та дистанційного знімання в порівнянні зі стереофотограмметричним методом та підвищити точність отримання рельєфу за рахунок використання двохклинового двохшвидкісного методу сканування місцевості лазерним променем по спіралі.

Джерела інформації:

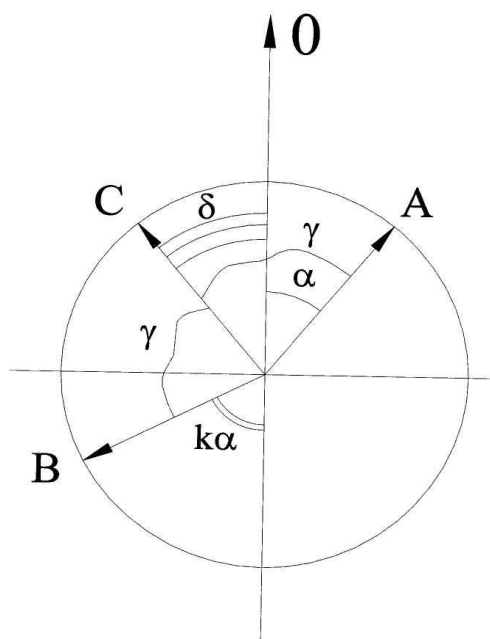
1. Лаврова Н.П., Стеценко А.Ф. Аэрофотосъёмка. Аэрофотосъёмочное оборудование. - М.: Недра, 1981. - 296 с.

2. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2001. - 227с.

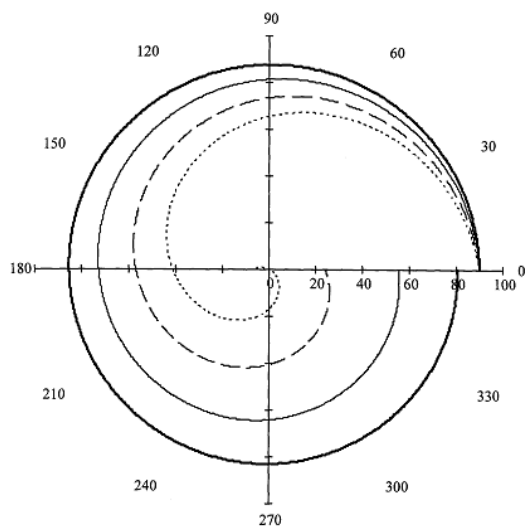
3. Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія. Навч. посібник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2002. - 164с.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3