

# КАРТОГРАФІЯ І АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

УДК 528.92

І. З. КОЛБ

Кафедра фотограмметрії та геоінформатики, Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, тел. +38(032)2582616, ел. пошта i\_kolb@ukr.net

## СПОСІБ СТВОРЕННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ КАРТИ-МАСКИ ВИСОКИХ ОБ'ЄКТІВ МІСЦЕВОСТІ ДЛЯ ОРТОТРАНСФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ АЕРОЗНІМКІВ

<https://doi.org/10.23939/istecgcap2019.01.029>

**Мета.** Розробити та виконати дослідну апробацію способу створення карти-маски високих об'єктів місцевості. **Методика.** На основі методу крос-кореляції запропоновано виконувати оцінювання схожості ортофотознімків, які мають взаємне просторове перекриття. Порівняння лівого та правого знімків відбувається попіксельно, для пікселів з однаковими просторовими координатами  $X, Y$  і, отже, немає необхідності організовувати пересування пошукового вікна і виконувати пошук відповідних точок як такий. Знімається також обмеження на розмір образу – еталону. Також істотним для вибору саме коефіцієнта кореляції як міри для порівняння зображень є порівняно мала чутливість крос-кореляції до різниць в освітленості сцени. Враховуючи наявні перспективні спотворення зображень високих об'єктів місцевості, очікувано, що кількість пікселів із негативним зіставленням є істотно вищою для ділянок із зображеннями таких об'єктів. Загальна картина на всій території дослідження є картою-маскою високих об'єктів місцевості. Таку карту можна сформувану за допомогою геоінформаційного моделювання полігональних об'єктів, що оконтурюють зони із високою щільністю пікселів із негативним результатом зіставлення. **Результати.** Розглянутий спосіб створення карти-маски високих об'єктів місцевості забезпечує можливість отримати важливу інформацію про якість задання цифрової топографічної моделі поверхні, яку використовують у разі ортотрансформування аерознімків. Виявлений ефект ущільнення точок із негативним результатом взаємного зіставлення ортозображень за методом крос-кореляції дає змогу ідентифікувати і встановити просторове положення високих об'єктів місцевості, таких як дахи будівель, огорожі, лінії електропередач, крони дерев та кущів. **Практична значущість.** Приведено приклад застосування карти-маски високих об'єктів місцевості для проведення ліній зшивання ортозображень.

*Ключові слова:* аерознімання, ортофототрансформування, ортофотоплан, зшивання ортознімків.

### Вступ

Одним із найпоширеніших продуктів цифрової фотограмметрії є ортофотоплани та ортофотокарти. Створення таких продуктів відбувається із застосуванням зображень місцевості, що їх отримують різноманітними аеро- та космічними знімальними системами, а також геопросторових даних, необхідних для цифрового моделювання рельєфу відзнятої території та геоприв'язування зображень.

Технологічний процес створення ортофотоплану із цифрових аерознімків ґрунтується на послідовному виконанні низки аналітичних дій, пов'язаних із перепроєктуванням елементів геоприв'язаних кадрових чи сканерних зображень на задану топографічну поверхню. До того

ж кожен знімок фотограмметричного блоку дає змогу сформувану ортозображення – віртуальний цифровий знімок місцевості заданого просторового розрізнення в ортогональній (паралельній до площини  $XU$  зовнішньої геодезичної системи координат, в якій задано топографічну поверхню та відносно якої виконане орієнтування зображень) проєкції. Далі ортозображення зшиваються в єдине растрове зображення місцевості в межах, визначених умовами проєкту топографічного дослідження території [Дорожинський, Тукай, 2008].

Під час створення ортофотопланів принципово використовують два типи цифрових моделей поверхонь – цифрова модель видимої поверхні (англ. DSM) та цифрова модель рельєфу поверхні (ЦМР, DTM). Результатом

ортофототрансформування за моделлю DSM є так зване «істинне ортофото» – ортогональне зображення території з відсутніми видимими спотвореннями високих об'єктів місцевості. У разі використання ЦМР за мету ставлять отримати ортогональне зображення місцевості на рівні рельєфу, а зображення на ортофото високих об'єктів залишаються з перспективними спотвореннями. Проте й у разі застосування моделі DSM не гарантоване правильне зшивання ортозображень в мозаїку [Chan et al, 2014]. Тому доречно говорити про необхідність контролю якості двох наборів вхідних даних, а саме:

- точності геоприв'язування зображень фотограмметричного блоку або конкретніше для аерознімання – точності визначення елементів зовнішнього орієнтування знімків;
- точності цифрової моделі топографічної поверхні.

Контроль першої складової є добре вивченим завданням аналітичної фотограмметрії і відбувається на етапах виконання фототріангуляції, оберненої фотограмметричної засічки або визначення параметрів проєкційних перетворень під час геоприв'язування космічних знімків [Дорожинський, 2015].

Контроль другої складової можна здійснити апріорно на підставі зіставлення параметрів ЦМР із вимогами галузевих нормативних документів, джерелом яких є аналіз аналітичного зв'язку координат точок місцевості з координатами відповідної точки знімка [З; Кадничанский, 2010]. Якщо йдеться про необхідність створення «істинного ортофото (англ.: true orthophoto)», цей підхід до оцінювання застосувати неможливо, бо в інструкціях з топографічного знімання не згадується про якість відображення в моделі високих об'єктів місцевості. В апріорному оцінюванні також застосовують аналіз методично досяжної точності інтерполяції висот для центрів пікселів створюваного ортофото за наявною дискретною ЦМР [Кадничанский, 2010]. Проте, як правило, неможливо отримати надійні оцінки якості ЦМР через наявність багатьох способів задання структури ЦМР, застосовуваних методів інтерполяції висот та змінну морфологію поверхні.

Другою проблемою контролю ортотрансформування є оцінювання точності отриманого ортофотоплану. Апростеріорне оцінювання точності ортофотоплану за опорними точками і помилками стикування лінійних об'єктів місцевості відображає сумарну дію обох описаних вище складових і не дає відповіді на важливе для практиків питання, яка із цих складових вносить більший вклад у виявлену помилку і, відповідно, немає можливості відкоригувати той чи інший набір даних. Це призводить до істотних затрат часу для пошуку помилок в загальному об'ємі даних і далі – до повторного виконання всього технологічного процесу. Отже, констатуємо, що контроль якості цифрової моделі топографічної поверхні, яка застосовується для створення ортофотопланів, є актуальною проблемою.

### Мета

Вибір типу цифрової моделі поверхні виконується відповідно до вимог технічного завдання конкретного проєкту картографування. Проте в обох випадках є корисним виокремити зони розміщення високих об'єктів, наприклад, для недопущення проходження ліній стикування ортофотозображень через зображення штучних споруд та крон дерев. Також цю інформацію можна використати для оцінювання ступеню закритості території, розрахунку «мертвих» зон тощо. Особливо корисною така інформація може бути для виявлення і просторової локалізації помилок у самій вхідній цифровій моделі поверхні. У такий спосіб стане можливим виконати точкове коригування оператором вхідних даних тільки у визначених точках і, отже, без зайвих затрат часу забезпечити якість (під цим розуміємо візуальну якість відображення місцевості й геометричну точність створюваного ортофотоплану).

### Методика

Констатуємо, що виконати контроль якості використовуваної для ортотрансформування аерознімків цифрової моделі поверхні можна із застосуванням двох підходів. Перший підхід полягає у виконанні процесу комп'ютерної 3D стереорекострукції аналогічно до процесу отримання щільної точкової моделі DSM [Remondino and all, 2013]. Цей підхід затратний

щодо тривалості обчислень і має певні обмеження, такі як невизначеність мертвих зон, неможливість отримати моделі на малоконтрастній, малоконтурній частині зображень, зашумленість отримуваної моделі поверхні, чутливість до зміни умов освітлення ландшафту та інші відомі в фотограмметричній практиці особливості [Baltsavias, Käser, 1998; Kerschner, 2000]. Другий підхід полягає у виконанні аналізу подібності зображень знімків стереопари, утвореної ортотрансформованими зображеннями [Georgopoulos, Skarlatos, 2003]. Цей підхід вважаємо більш перспективним до практичного застосування, бо фотограмметрична модель, утворена ортозображеннями, що мають взаємне перекриття, буде вільною від перспективних спотворень на ділянках із належною якістю ЦМР і збереже спотворення на ділянках, де така якість не є належною. Зміщення зображень відповідних точок такої стереопари можна розрахувати за відомими формулами для знімків центральної проекції [Дорожинський, Тукай, 2008]:

$$\delta_h = \frac{rh}{H} \cdot \frac{1 - \frac{r}{2f} \sin 2\alpha_0 \sin \varphi}{1 - \frac{r}{2Hf} \sin 2\alpha_0 \sin \varphi} \quad (1)$$

де  $r, \varphi$  – полярні координати точки в системі з початком у точці надиру;  $h$  – перевищення точки над середньою площиною;  $\alpha_0$  – кут нахилу площини аерознімка;  $H$  – висота знімання;  $f$  – фокусна відстань аерокамери.

Для горизонтального знімка центральної проекції (при  $\alpha_0 = 0$ )

$$\delta_h = \frac{rh}{H}. \quad (2)$$

Зауважимо, що ці формули отримано для знімків центральної проекції, а ортозображення подані в паралельній проекції. Тоді очевидно, що у разі ортотрансформування не можна усунути деформацію зображення у точках, для яких вхідна ЦМР задає помилкові значення висот. Тому формула (2) фактично описує залишкову деформацію зображення в заданій точці, яку спричинила помилка задання висоти в ЦМР, і, отже, заснований на цій формулі відомий спосіб корекції ЦМР [Georgopoulos, Skarlatos, 2003], має очевидні слабкі сторони у визначенні істинної висоти точки фотографування над конкретною точкою місцевості і

у визначенні координати  $r$ , бо положення точки зображення піддавалось корекції під час отримання аналітичного горизонтального знімка.

Зауважимо також, що ЦМР задається неперервним покриттям і містить значення висот рельєфу також для місцеположень високих об'єктів (під будинками і кронами дерев). Для таких точок місцевості потрібно очікувати максимум несхожості відповідних образів на ортофотознімках, які мають просторове перекриття.

Аналіз подібності зображень широко використовується в цифровій фотограмметрії. Міри схожості зображень визначають ступінь схожості між образами інтенсивності двох зображень [A. Ardeshir Goshtasby, 2005]. Вибір міри схожості зображень залежить від їх модальності. Типовими прикладами таких мір схожості зображень є крос-кореляція (або взаємна кореляція), взаємна інформація, сума квадратів різниць інтенсивності, і співвідношення однорідності зображення. Міра взаємної інформації та нормалізованої взаємної інформації є найпопулярнішою мірою схожості у разі зіставлення мультимодальних зображень. Крос-кореляцію, суму квадратів різниць інтенсивності й співвідношення однорідності зображення зазвичай використовують для реєстрації зображень однакової модальності. Саме крос-кореляція, на нашу думку, може виявитись ефективною мірою для порівняння ортофотознімків, оскільки в цьому разі порівняння лівого та правого знімків відбувається попіксельно, для пікселів з однаковими просторовими координатами  $X, Y$  і, отже, немає необхідності організувати пересування пошукового вікна і виконувати пошук відповідних точок як такий. Знімається також обмеження на розмір образу – еталону. Також істотним для вибору саме цієї міри для порівняння зображень є його порівняно мала чутливість до різниць в освітленості сцени. Якщо наявні два ортозображення  $I_L(n, m)$  та  $I_R(n, m)$ , які мають зону взаємного порекриття, то образи конкретної точки місцевості  $(x, y)$  сформуємо як фрагменти зображень розміром  $w, l$ . Значення функції взаємної кореляції цих образів визначимо за формулою

$$R_{I_L I_R}(x, y) = \sum_{i=x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} \sum_{j=y-\frac{l}{2}}^{y+\frac{l}{2}} I_L(i, j) \cdot I_R(i, j) \quad (3)$$

а значення функції автокореляції цих образів визначимо за формулами

$$R_{I_L I_L}(x, y) = \sum_{i=x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} \sum_{j=y-\frac{l}{2}}^{y+\frac{l}{2}} I_L^2(i, j) \quad (4)$$

$$R_{I_R I_R}(x, y) = \sum_{i=x-\frac{w}{2}}^{x+\frac{w}{2}} \sum_{j=y-\frac{l}{2}}^{y+\frac{l}{2}} I_R^2(i, j).$$

Тоді нормалізований коефіцієнт взаємної кореляції двох образів точки  $(x, y)$ :

$$\rho_{I_L I_R}(x, y) = \frac{R_{I_L I_R}(x, y)}{\sqrt{R_{I_L I_L}(x, y) \cdot R_{I_R I_R}(x, y)}}. \quad (5)$$

За необхідності забезпечення інваріантності до незначних радіометричних спотворень, наприклад простого фотографічного спотворення яскравості вигляду  $I' = aI + b$ , у формулах (3)–(5) замість безпосередньо значень яскравостей вводять відхилення від середньої яскравості у відповідному образі.

Як бачимо з формул (3)–(5), на відміну від традиційного застосування кореляційного порівняння образів у фотограмметрії, немає необхідності організації просторового зсуву в області пошуку. Значимими параметрами проте залишаються розміри образу точки  $w, l$ .

Будемо вважати, що з аеротріангуляції елементи орієнтування знімків визначаються з достатньою точністю. Тоді очікувано, що більшу кількість негативних зіставлень потрібно очікувати на ділянках, де не усунуто деформації ортозображень насамперед через невірне задання позначки висоти. На ділянках із правильно заданими позначками висот теж можна отримати певну кількість негативних зіставлень через наявність на зображенні образів дрібних об'єктів місцевості, нетопографічних об'єктів, різницю освітленості сцени тощо.

Отже, кореляційне зіставлення ортозображень створює передумови для отримання карти-маски високих об'єктів місцевості. Така карта дає чітке уявлення про ступінь закритості (в топографічному сенсі) території, може використовуватися для уточнення ліній стикування ортофотознімків під час створення мозаїки та вирішення інших завдань цифрової фотограмметрії.

## Результати

Експериментальне дослідження запропонованого способу виконано на матеріалах аерознімання сільської місцевості з рівнинним рельєфом, частково закритої чагарниковою і деревною рослинністю. Знімки з просторовим розрізненням 0,07 м отримано повноформатною цифровою камерою UltraCAM D з фокусною відстанню 150 мм. Знімки забезпечено елементами зовнішнього орієнтування в результаті виконання аеротріангуляції із застосуванням густої опорної мережі. Під час ортотрансформування застосовано растрову цифрову модель рельєфу з розрізненням 1 м і точністю визначення висот точок  $\pm 0,15$  м.

Результати розрахунку крос-кореляції подано на рис. 1. Тут позначено тільки точки, в яких коефіцієнт кореляції отримав негативні значення, що за умовами нашого експерименту означає неправильне задання позначок висот у конкретній точці моделі місцевості.



а



б

Рис. 1. Результат розрахунку крос-кореляції для двох цифрових ортофотозображень. Точки позначають піксели з негативною кореляцією (а). Локальні ущільнення точок свідчать про наявність високих об'єктів місцевості (б)

Як було зауважено раніше і як слідує з рис. 1, *а*, кількість точок із негативним зіставленням істотно вища для ділянок із зображеннями високих об'єктів місцевості. Як приклад, на рис. 1, *б* показано одне з таких ущільнень, яке описує крону дерева. Загальна картина на всій території дослідження представляє карту-маску високих об'єктів місцевості. Таку карту можна сформулювати як набір полігональних об'єктів, що оконтурюють зони з високою щільністю. Щоб отримати такі полігони, можна скористатись засобами геоінформаційного аналізу наборів точок за гексагональною сіткою [Дем'янов, Савельєва, 2010]. Для використаного для апробації набору аерознімків емпірично встановленим пороговим значенням щільності точок з негативним результатом зіставлення є 6 точок на комірку площею  $0,5 \text{ м}^2$ . Карта-маска високих об'єктів місцевості є результатом порогового оцінювання і агрегації отриманих комірок у полігональні структури (рис. 2).

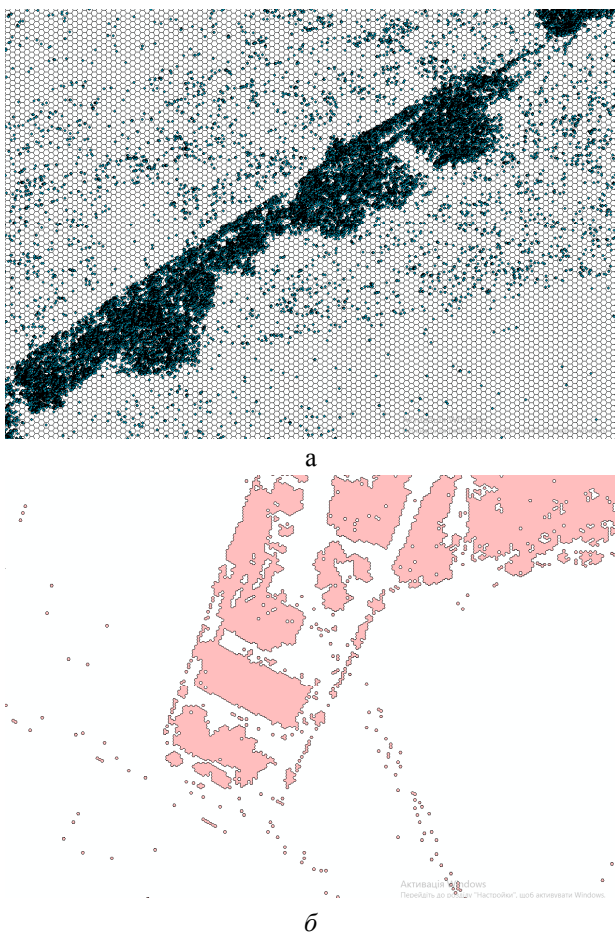


Рис. 2. Результат оцінювання щільності точок з негативним зіставленням яскравостей:  
*а* – розбиття гексагональної сітки; *б* – карта-маска високих об'єктів місцевості

Прикладом застосування описаної вище карти-маски є уточнення ліній стикування ортофотознімків під час створення ортофото-мозаїки. Як слідує з доволі великої кількості публікацій у спеціальній літературі, а також власного досвіду автора, це завдання доволі актуальне у практиці сучасної цифрової фотограмметрії.

Причини, які зумовлюють появу небажаної видимості місць зшивки окремих ортозображень відомі й описані в літературі [Baltsavias, Käser, 1998; Kerschner, 2000; Chen and all, 2014]. Вирішують завдання оптимізації ліній стикування ортозображень на основі аналізу поля яскравості та моделі поверхні об'єкта. Основною особливістю практично всіх запропонованих і реалізованих у промисловому програмному забезпеченні способів автоматичного проведення ліній стикування є концентрація зусиль на гарантуванні максимальної схожості зображень у місцях зшивки за кольором, відтінком та інтенсивністю. В окремих просунутих алгоритмах забезпечується також максимум схожості текстур, через які проходить шукана лінія стикування. Часом такі рішення суперечать вимогам класичної фотограмметрії щодо перетинання лінією стику лінійних і полігональних об'єктів місцевості [Bielski and all, 2007]. Проте без наявності моделі DSM практично неможливо в автоматичному режимі уникати перетинання областей, де розміщені висотні об'єкти. Спроби пристосувати спрощені векторні моделі об'ємних об'єктів місцевості не можуть гарантувати належний результат через саму складність форм і незлічену кількість варіантів розміщення таких об'єктів на місцевості [Li and all, 2018].

Запропонований вище порядок отримання карти-маски високих об'єктів до цього випадку можна застосувати з припущенням, що не важливо знати відносну висоту об'єкта над поверхнею рельєфу. Важливо виявити тільки його присутність в певній зоні і заставити лінію стикування обійти таку зону. На рис. 3 показано результат проведення лінії зшивки ортофото в автоматичному режимі (червоним) та лінію зшивки, проведену оператором цифрової фотограмметричної станції в інтерактивному режимі (синім).

Очевидно, в першому випадку явним недоліком є проходження лінії зшивки через зображення високих об'єктів – дахи будівель і крони дерев, що призведе до помилкового відображення цих об'єктів на результуючому ортофотоплані. Оператор під час інтерактивного проведення ліній зшивки намагається обійти всі потенційно небезпечні для якості зшивання ділянки, часто надмірно відхиляється від центру зони взаємного перекриття ортозображень.

Оптимальним, на нашу думку, застосовувати маски високих об'єктів для відносно незначної корекції автоматично проведеної лінії зшивки оператором.

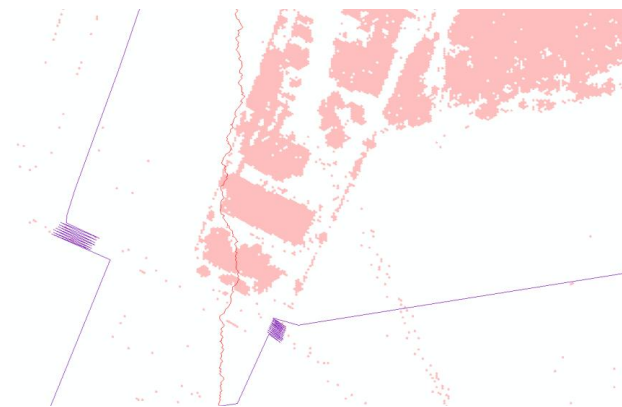


Рис. 3. Лінії зшивки цифрових ортозображень

Це дасть змогу мінімізувати час оброблення фотограмметричного блоку оператором і забезпечити високу якість ортофотоплану.

Перспективою подальших досліджень, на нашу думку, є пошук методик застосування карти-маски високих об'єктів місцевості для оцінювання рівня закритості земного покриву. Наявність такої методики дасть змогу виважніше підходити до вибору технологій великомасштабних топографічних аерознімків, фотограмметричного оброблення аерознімків та критеріїв оцінювання створених топографічних продуктів для конкретних місцевостей.

### Наукова новизна і практична значущість

Вперше на основі аналізу технологій цифрового ортотрансформування аерознімків запропоновано спосіб створення карти-маски високих об'єктів місцевості. Запропонований спосіб створення карти-маски високих об'єктів місцевості забезпечує можливість отримати

важливу інформацію про якість задання цифрової топографічної моделі поверхні, яку використовують під час ортотрансформування аерознімків.

### Висновки

Ефект ущільнення точок із негативним результатом взаємного зіставлення ортозображень за методом крос-кореляції дає змогу ідентифікувати і встановити просторове положення високих об'єктів місцевості, таких як дахи будівель, огорожі, лінії електропередач, крони дерев та кущів. Прикладом застосування такої інформації є проведення ліній зшивання ортозображень.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Демьянов В. В., Савельева Е. А. Геостатистика. Теория и практика. М., Наука. 2010. 329 с.
- Дорожинський О. Л., Тукай Р. Фотограмметрія. Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. 330 с.
- Дорожинський О. Л. Математичні моделі аналітичної та космічної фотограмметрії: монографія. Нац. ун-т "Львівська політехніка". Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2015. 142 с.
- Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 56 від 09.04.98 р. (в редакції від 27.07.99 р.).
- Кадничанский С. А. Обоснование требований к цифровой модели рельефа для ортофототрансформирования аэро- и космических снимков. Известия высших учебных заведений геодезия и аэрофотосъемка. 2010. № 5. С. 49–54.
- Чибуничев А. А. Построение цифровых ортоизображений с учетом высот искусственных сооружений. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2002. № 6, С. 76–81.
- Ardehshir Goshtasby A. 2-D and 3-D Image Registration for Medical, Remote Sensing, and Industrial Applications, Wiley Press, 2005.
- Baltsavias E., Käser Ch. DTM and orthoimage generation – a thorough analysis and comparison of four digital photogrammetric systems, IAPRS, Vol. 32, Part 4, Stuttgart, FRG, 1998, pp. 42–51.
- Bielski C., Grazzini J., Soille P. Automated morphological image composition for mosaicing large image data sets. International Geoscience and

- Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2007. 4068–4071. 10.1109/IGARSS.2007.4423743.
- Chen Q., Sun M., Hu X., Zhang Z. An improved approach for generating globally consistent seamline networks for aerial image mosaicking, DOI:10.3390/rs61212334. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/328227601\\_An\\_improved\\_approach\\_for\\_generating\\_globally\\_consistent\\_seamline\\_networks\\_for\\_aerial\\_image\\_mosaicking](https://www.researchgate.net/publication/328227601_An_improved_approach_for_generating_globally_consistent_seamline_networks_for_aerial_image_mosaicking) [accessed Apr 23 2019]
- Georgopoulos A., Skarlatos D. A novel method for automating the checking and correction of digital elevation models using orthophotographs. *The Photogrammetric Record*. (2003). 18. 156–163. 10.1111/0031-868X.t01-1-00015.
- Kerschner, Martin. Twin snakes for determining seam lines in orthoimage mosaicking. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXIII, Part B4. Amsterdam 2000. pp. 454–461
- Li P., Dong Y., Hu Y., Li X., Tan P. A method for the seamlines network automatic selection based on building vector. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-3. 909–913. 10.5194/isprs-archives-XLII-3-909-2018.
- Remondino F., Grazia Spera, M., Nocerino E., Menna F., Nex F., Gonizzi Barsanti S. Dense image matching: Comparisons and analyses. 10.1109/DigitalHeritage.2013.6743712.

## I. KOLB

Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery Str., Lviv, 79013, Ukraine, tel. +38 (032) 2582616, e-mail: [post\\_i\\_kolb@ukr.net](mailto:post_i_kolb@ukr.net)

### METHODS OF CREATION AND PRACTICAL APPLICATION OF MASK -MAPS OF HIGH-LEVEL TERRAIN OBJECTS AT ORTHOTRANSFORMATION OF DIGITAL AERIAL PHOTOGRAPHS

**Aim.** To develop and accomplish an experimental testing of the method of creating a mask map of high-level terrain objects. **Methodology.** On the basis of the cross-correlation method, it is proposed to carry out the estimation of the similarity of orthophotos that have a mutual spatial overlap. The comparison of the left and right images takes place in pixels, for pixels with the same spatial coordinates X and Y, and therefore, there is no need to organize the movement of the search bar and to search for the corresponding points as such. It also removes the limit on the size of the image – the standard. In addition, the relatively small cross-correlation sensitivity to the differences in the illumination of the scene is very important for the choice of the correlation coefficient as a measure for the comparison of images. Taking into consideration the perspective deformations of images of high-level terrain objects it is expected that the number of pixels with negative comparison is significantly higher for regions with images of such objects. The overall picture throughout the study is a map-mask of high-level terrain objects. Such a map can be formed with the help of geoinformation modeling of polygonal objects, which outline zones with a high compaction of pixels with a negative comparison result. **Results.** The considered method of creating a map-mask of high-level terrain objects provides a possibility of obtaining important information about the quality of the digital topographic surface model used for orthotransformation of aerial photographs. The revealed effect of compaction points with a negative result of the mutual comparison of orthogonal images by the cross-correlation method allows to identify and establish the spatial location of high-level terrain objects such as roofs of buildings, fences, power lines, crowns of trees, and shrubs. **Practical meaning.** An example of map-mask application of high-level terrain objects for orthoimage stitching is given.

*Key words:* Aerial photography, orthophototransformation, orthophotoplan, orthoimage stitching.

Надійшла 07.03.2019 р.