



[5] 2017 5[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

050-058 Прегледни научни рад | Review scientific paper
UDK I UDC 711.4:004.738
DOI 10.7251/AGGPLUS1705050R
Рад примљен | Paper received 03/11/2017
Рад прихваћен | Paper accepted 23/11/2017

Миодраг Регодић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: miodrag.regodic@aggf.unibl.org

Младен Ђурић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: mladen.djuric@aggf.unibl.org

Аљоша Чекић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: aljosa.hammer@gmail.com

Прегледни научни рад
Review scientific paper
Рад прихваћен | Paper accepted
23/11/2017
UDK | UDC
711.4:004.738
DOI
10.7251/AGGPLUS1705050R

Миодраг Регодић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: miodrag.regodic@aggf.unibl.org

Младен Ђурић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: mladen.djuric@aggf.unibl.org

Аљоша Чекић

Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци, Војводе Степе Степановића 77/3, e-mail: aljoshahammer@gmail.com

ДИГИТАЛНИ ОРТОФОТО

АПСТРАКТ

Дигитална ортофото карта је орторектификован фото мозаик који представља основу успешном картирању. Дигитална ортофото карта је један од основних производа фотограметрије данашњице и представља њен веома познат и коришћен производ, а настала је на основу жеље корисника карата да се обједине детаљност и изражајност фотограметријских снимака и тачност и прецизност картографских производа.

Дигиталне ортофото карте имају широку употребу, а првенствено су настале из потребе хроничног недостатка ажурних геодетских подлога. Дигиталне ортофото карте се могу користити за израду катастарских карата и планова, топографских карата, као подлога за разне ГИС системе и др.

Дигитални ортофото је геометријски исправљена фотографија у дигиталном запису, односно, дигитални снимак преведен из централне у ортогоналну пројекцију. Дигитални ортофото представља основу за израду дигиталних ортофото карата. Када се дигитални ортофото уведе у државни координатни систем, на њему пројектује координатна мрежа и картографски представи рељеф земљишта, добија се дигитална ортофото карта.

У раду су представљен концепт дигиталног ортофотоа, као и врло квалитетни примјери ортофотоа градског дијела Бање Луке.

Кључне ријечи: дигитални ортофото, дигитални модел површи, орторектификација

DIGITAL ORTHOPHOTO

ABSTRACT

A digital orthophoto map is an orthorectified photo mosaic that is a basis for a successful mapping. A digital orthophoto map is one of the basic products of today's photogrammetry and it represents its well-known and used product, and it was created based on the map users' wish to unite the detail and expressiveness of photogrammetric images, and the accuracy and precision of cartographic products.

Digital orthophoto maps are widely used and are primarily the result of a constant lack of up-to-date geodetic maps. Digital orthophoto maps can be used for the development of cadastral maps and plans, topographic maps, as a basis for various GIS systems and other purposes.

A digital orthophoto is a geometrically corrected photograph in a digital record, that is, a digital image translated from a central to an orthogonal projection. A digital orthophoto is a basis for making digital orthophoto maps. After a digital orthophoto is introduced into a state coordinate system and after the coordinate network and cartographic representations of land relief are projected on it, a digital orthophoto map is obtained.

The paper presents the concept of digital orthophoto, as well as high-quality examples of the orthophoto of the city part of Banja Luka.

Keywords: digital orthophoto, digital surface model, orthorectification

1. УВОД

Историја израде ортофото карата је веома богата и креативна. Први ортофотоскоп, инструмент који служи за израду ортофотографија, настао је као измјена стереоплотера. Од тада до данас ови инструменти су се веома промијенили, али врло је значајно споменути да су модернизацијом све више добијали на аутоматизацији и специјализацији.

Поступак обраде фотограметријских снимака се може разлучити на три основне фазе, а то су: превођење снимака из централне у ортогоналну пројекцију, отклањање деформација снимка које су узроковане конфигурацијом терена, као и отклањање деформација насталих усљед нагнутости камере или другог сензора. У дигитализованој обради фотограметријских снимака, за ректификацију проблема узрокованих рељефом терена успјешно се примјењује дигитални модел висина.

Дигитални модел висина је дигитализована представа терена произведена интерполацијом тачака које су преведене у матрицу тачака или мрежу троуглова. Успјешно се користи за производњу дигиталних ортофотоа.

Сателитски ортофото почео је да се израђује још од 1972. године и појаве снимака LANDSAT мисије. Сателитски снимци се користе за израду карата крупног размјера:

- 1 : 250.000, када се за ту израду користе мултиспектрални снимци (МСС),
- 1 : 100.000, на бази података ТМ (Thematic Mapper) или мултиспектралних снимака SPOT,
- 1 : 50.000, када се користе панхроматски снимци SPOT и
- 1 : 25.000, када се користе снимци IRS-1.

Напредак у овој области истраживања већ омогућава коришћење сателитских снимака просторне резолуције испод 1 m, на основу којих се могу израдити квалитетне ортофото карте у размјери 1 : 5.000 [2].

2. ОРТОФОТОГРАФИЈА

Током протекле три деценије, ортофотографија (ортофото) је постала веома популарна и исказала се као корисно средство за менаџере непокретности. Како се квалитет и доступност буду повећавали, тако ће се овај тренд коришћења наставити. Ортофотографија комбинује планиметријску прецизност карте са богатством детаља који се могу пронаћи на аероснимцима [1].

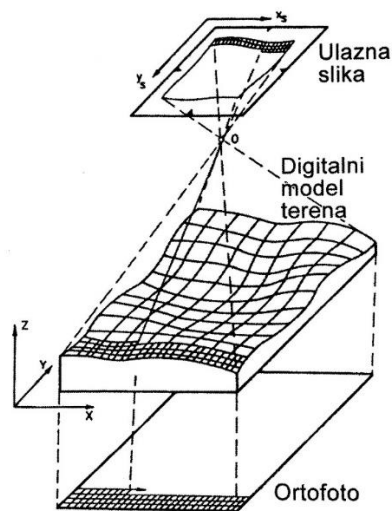
Уобичајенији термин за производ процеса орторектификовања је дигитални ортофото, јер је произвођење ортофотографије данас увелико дигитализовано. Дигитални ортофото је геометријски исправљена фотографија у дигиталном запису, а резултат је рачунског превођења дигиталних снимака из централне пројекције у ортогоналну пројекцију.

Ортофото план, који је по изгледу фотографски, по геометријским карактеристикама подударан је с резултатом класичног геодетског премјера. Дигитални ортофото приказује комплетну топографију снимљеног подручја у ортогоналној пројекцији, а темељ самог ортофотоа су аерофотограметријски снимци. Ортофото представља један од важнијих производа фотограметрије у сврху креирања фотографија које су подложне геодетским мјерењима.

Код дигиталних аеро- и сателитских снимака орторектификација сваког пиксела дигиталне слике рјешава се одговарајућим софтверима за чију је примјену неопходно имати елементе спољне оријентације дигиталне слике (K_i , Φ_i , Ω_i) и дигитални модел снимљеног терена (ДМТ) [2].

На овакав начин добијена ортогонална слика терена може се посматрати на монитору рачунара или (и) штампати на одговарајућу подлогу.

Суштина израде дигиталног ортофотоа је, заправо, једна геометријска трансформација, гдје једначине трансформације дефинишу централно пројектовање сваког појединачног пиксела, што је приказано на слици 1.



Слика 1. Креирање ортофотоа од сировог снимка преко ДМТ [2]

Сваком ректификованом пикселу, који сада чини ортофото, даје се у том процесу сива нијанса из матрице снимка од кога је ортофото и потекао. Да би се то постигло мора постојати ДМТ који се мора интерполовати да би сваки пиксел добио своју висину, тј. био дефинисан на површи терена, а самим тим (зраком пресликавања) биће дефинисано његово мјесто на основном дигиталном снимку са којег се узимају сиве нијансе и додјељују дигиталном ортофотоу. Коначан изглед обраде може се видјети на сликама 2 и 3.



Слика 2. Дигитални ортофото [2]



Слика 3. Дио ортофото-карте [5]

За добијање одговарајуће колор-нијансе на колор-ортофотоу поменути поступак се понавља три пута, тј. за три основне боје (црвену, зелену, плаву) [2].

Ортофотографија је фотографски снимак поправљен за нагиб угла снимања, топографско неслагање и понекад за дисторзију објектива фотоапарата.

Ортофотографије су произведене уз помоћ стереоскопских парова или трипликата аерофотоснимака поступком који се зове диференцијална ректификација, тако да се резултујући фотографски снимци налазе у поправљеном ортографском положају.

Ортофотографије се могу израдити и тзв. „диференцијалним редресирањем“. У вријеме аналогних инструмената за реституцију, ортофото поступак се одвијао на овим инструментима, који су за ову намјену конструктивно адаптирани.

Ова метода је теоретски постављена још 1929. године (*Lacman*, Берлин) и 1933. године (*Feber*, Париз), а први пут је примијењена у пракси 1955. године на инструменту „Ортофотоскоп“ [4].

Развојем електронских рачунара метода израде ортофотографија и ортофото карата доживјела је велики напредак и аутоматизацију. Тако се прешло на математичку трансформацију елемената фотографије.

У садашњој ери дигитализације, тј. растерске слике терена или објеката, процес израде ортофото планова и карата још више је добио на аутоматизацији, економичности и брзини, а сами планови на квалитету и тачности. Наведене карактеристике довеле су до тога да је значај ових фотограметријских производа, за различите примјене, у савременом друштву веома порастао.

3. ДИГИТАЛНИ ОРТОФОТО КОНЦЕПТ

Увођењем дигиталне фотографије, дигитална ортофотографија убрзано постаје један од најшире коришћених алата за картирање и даљинску детекцију за 21. вијек. Процес производње дигиталног ортофотоа је веома сличан производњи филм-ортофотоа. Дигитална ортофотографија добија се као производ дигиталне ортофотографске производње, али сама изворна фотографија може бити добијена дигиталном или класичном филм-камером [1].

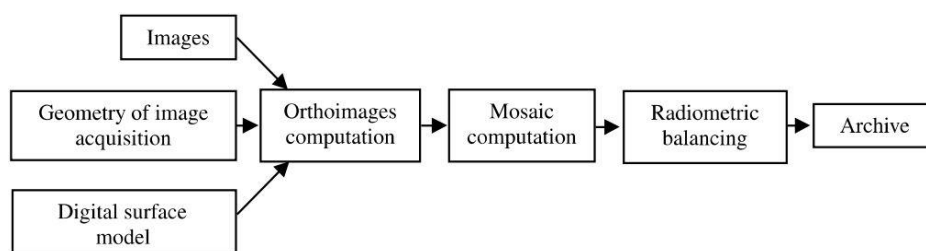
Технологија која подржава производњу дигиталних ортофотоа је веома софистицирана, посебно када је интегрисана са ГИС и GPS.

Специјализовани инструменти за читавање дигиталних отисака негатива или дијапозитива, тзв. *soft-copies* (меке копије), увелико олакшавају производњу дигиталних ортофото карата [1].

У теорији, линија производње ортофото снимака може се анализирати у веома једноставним цртама. Производња ортофото слика укључује уношење слика, геометрију добијања слика и дигитални модел површи (ДМП). Из тих података могу се формирати ортофото снимци који би прекривали читав задати појас. Даље је могуће направити мозаик, радиометријско уједначавање, и затим сачувати све те податке.

Снимци се могу добити из различитих извора. Најчешће се користе веома прецизне сребро-халогенитни скенирани слимци (величина пиксела варира од 21 до 28 микрона. Главни проблем код ових снимака је недостатак радиометријске конзистенције у

моменту мозаиковања ортофотоа. Ако се ти подаци користе, линија производње ортофотоа мора дефинисати професионалне скенере који ће се користити, као и потребу за пратећом опремом. Линија производње дигиталног ортофотоа представљена је на слици 4.



Слика 4. Линија производње дигиталних ортофотографија [3]

Данас се могу користити и други извори за производњу ортофотоа, као што су снимци настали код дигиталних камера, CCD аеро-сензора, као и сателитски снимци високе резолуције. Ови подаци имају предност у одличној унутрашњој радиометријској конзистенцији, што увелико поједностављује процес мозаиковања.

Ови снимци посједују геометрију, произведену кроз аеро- и просторну триангулацију. Задати прорачуни дозвољавају одређивање оријентације сваког пиксела сваког снимка.

Ови прорачуни могу бити интегрисани у линију производње. Оваква ситуација дозвољава да се аутоматизује дио посла кроз детекцију везних тачака.

Посљедњи подаци потребни за производњу дигиталних ортофотоа су подаци потекли од дигиталног модела површине. У класичној производњи дигиталних ортофотоа, дигитални модел терена је највише доступан у пракси у многим земљама Запада, али ако се жели произвести истински ортофото, неопходно је користити прецизнији модел.

Овакав модел може настати из ваздушног ласерског скенирања, аутоматске корелације или из класичне фотограметријске реституције. Ако су ови модели прецизни и довољно ректификовани, они могу омогућити чак и побољшавање изгледа објеката на сликама [3].

У суштини, подаци потребни за производњу ортофотоа могу бити обједињени у заједничку линију производње. Тако се у овај процес може укључити прорачун геометрије снимка, прорачун ДМП, као и особине конзистенције боје.

Тренутно су доступни и нови алати за аутоматско рачунање линија сједињења и за уједначавање радиометрије. Ови алати значајно смањују рад оператера. Балансирање радиометрије слика је сложен проблем који је тешко моделовати, посебно у обради скенираних снимака. Проблеми боја настали су усљед кретања Сунца и промјена угла између Сунца и оптичке осе камере.

4. ПРИМЈЕРИ ДИГИТАЛНИХ ОРТОФОТОА

Конечно, дигитални ортофото је један од најзахвалинијх фотограмтеријских производа данашњице и представља битан корак ка бољем коришћењу ректификованих фотограмтеријских снимака.

Примјери дигиталних ортофотоа су представљени на сликама 5 и 6. Ове дигиталне ортофотографије служе за приказ ширег градског подручја града Бање Луке. На овим дигиталним ортофотоима може се видјети детаљност и богатство боја и облика добијених орторектификацијом и другим поправкама снимака како би се добили ови фотограмтеријски производи.



Слика 5. Ортофото – Универзитетски центар у Бањој Луци



Слика 6. Ортофото – I и II студентски павиљон у Бањој Луци

5. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Дигитални ортофото је геометријски исправљена фотографија у дигиталном запису, односно, дигитални снимак преведен из централне у ортогоналну пројекцију. Дигитални ортофото представља основу за израду дигиталних ортофото карата. Када се дигитални ортофото уведе у државни координатни систем, на њему пројектује координатна мрежа и картографски представи рељеф земљишта, добија се дигитална ортофото карта.

Дигиталне ортофото карте представљају један од највреднијих и најупотребљивијих производа фотограметрије. Оне представљају јединствену синтезу фотограметрије и картографије, а израђене су с намјером да побољшају и ажурирају картографску презентацију површи Земље.

Дигиталне ортофотографије, које на први поглед и могу изгледати као обични фотограметријски снимци, изискују веома компликовану и специјализовану производњу која се реализује кроз високоаутоматизоване и дигитализоване процесе. Оне се остварују као тежња стручњака из области фотограметрије већ низ деценија да преведу „сирове“ аеро- и терестричке фотограметријске снимке у поуздане и детаљне карте кроз низ ректификација и специјалистичких обрада.

Дигитални модел висина, као резултат интерполација тачака или поправљен стохастичким моделима симулација, остварује успјешну кохезију са производњом дигиталних ортофото карата. Како се побољшавала израда дигиталне ортофото карте, тако се побољшавао и обогаћивао дигитални модел висина.

Ортофото карте се најчешће користе за картирање градских подручја и агломерација, али се могу користити и као мрежа ортофотоа која ће прекривати неко задато подручје. Веома су поуздане као карте крупнијих размјера, али њихова употреба је ипак ограничена самом природом настајања.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. P. Pain, J. D. Kisser, *Aerial photography and image interpretation*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2012.
- [2] М. Марчета, *Фотограмetriја и даљинска детекција*. Београд: Виша грађевинско-геодетска школа, 2007.
- [3] Y. Egels, M. Kasser, *Digital photogrammetry*, Лондон: Taylor & Francis, 2004.
- [4] М. Марчета, *Основи фотограмetriје*. Београд: Висока грађевинско-геодетска школа, 2007.
- [5] М. Регодић, *Војна топографија*. Београд: Медија центар ОДБРАНА, 2012.