

ПРИМЕНА UAV ФОТОГРАМЕТРИЈЕ И КОНВЕНЦИОНАЛНИХ ГЕОДЕТСКИХ МЕТОДА ЗА ПОТРЕБЕ МАПИРАЊА ОБЈЕКТА У КИНЕСКОЈ ЧЕТВРТИ У НОВОМ САДУ**APPLICATION OF UAV PHOTOGRAMMETRY AND CONVENTIONAL GEODETIC METHODS FOR OBJECT MAPPING IN KINESKA ČETVRT IN NOVI SAD**

Ђорђе Мијић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОИНФОРМАТИКА

Кратак садржај – У овом раду је описан поступак снимања и мапирања објекта који је у фази реконструкције, а за чије је потребе кориштено више геодетских метода премера, почевши од конвенционалних метода – мерење поларном методом уз помоћу тоталне станице Trimble M3 и мерење GNSS RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) методом инструментом Trimble R8 и употребном савремене методе премера – UAV (Unmanned Aerial Vehicle) фотограметрије. Обрада података извршена је у софтверским пакетима Agisoft Metashape, где је рађена обрада података добијених фотограметријском методом и AutoCAD, који је кориштен за приказ вертикалног и хоризонталног одступања зидова на врху објекта представљених на ортофото-у који је генерисан из облака тачака.

Кључне речи: UAV, фотограметрија, ГНСС, облак тачака, AutoCAD, Agisoft Metashape.

Abstract – This paper describes the process of recording and mapping an object that is in the reconstruction phase, for which several geodetic surveying methods were used, starting with conventional methods - measuring by the polar method using the Trimble M3 total station and measuring by GNSS RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) using the Trimble R8 instrument and the use of modern surveying methods - UAV (Unmanned Aerial Vehicle) photogrammetry. Data processing was carried out in the Agisoft Metashape software packages, where the data obtained by the photogrammetric method were processed and AutoCAD, which was used to display the vertical and horizontal deviation of the walls at the top of the object represented on the orthophoto generated from the point cloud.

Keywords: UAV, photogrammetry, GNSS, point cloud, AutoCAD, Agisoft Metashape.

1. УВОД

Геодезија као наука која има за циљ премер земљишне територије ради њеног представљања у виду планова и карата, напредак у технологији и њена распрострањеност довели су до потражње за што већом количином квалитетних и детаљних података, са посебним освртом на сав простор који човека окружује. Дошли смо до тренутка када је могуће за релативно кратко време,

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Марко Марковић.

а на веома прецизан и квалитетан начин, представити све што нам је од интереса, а у исто време штедети како на времену, тако и на људству, предметима и материјалима за рад.

Конвенционалне методе колико год биле тачне, прецизне и поуздане, имају одређена ограничења, највише што се тиче времена које је потребно уложити да би се одређена појава представила и моделовала. Данас UAV (енг. Unmanned Aerial Vehicle) системи, као и ласерски скенери обезбеђују ефикаснији премер, а пре свега већи ниво детаљности од конвенционалних метода.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ**2.1. Конвенционалне методе прикупљања података**

Планови и карте израђују се на основу података прикупљених на терену различитим методама рада које се називају снимање детаља или премер земљишта. Постоје нумеричке и графичке методе снимања. Нумеричке методе снимања су:

- поларна метода и
- ортогонална метода,

а графичке методе снимања су:

- топографска метода и
- фотограметријска метода.

Осим поменутих метода, не треба заборавити и сателитску, ГНСС (Глобални навигациони сателитски системи) методу. Код свих метода снимања крајњи циљ је заједнички, да се на основу података, које оне обезбеђују, може израдити план или карта [1].

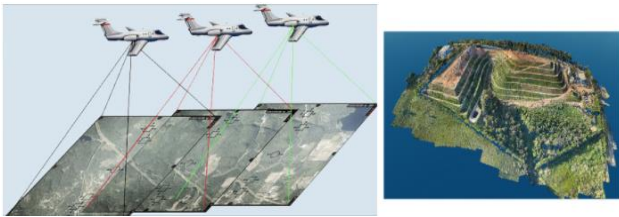
2.2. Фотограметријска метода

Фотограметрија је технологија за прикупљање поузданих информација о физичким објектима на Земљи, рељефу као и окружењу кроз процес снимања, мерења и интерпретације фотографских слика. Фотограметрија је кључна дисциплина која је омогућила ефикасно прикупљање масовне количине података о површи терена.

Под фотограметријом се подразумевају методе мерења којима се реконструише положај и облик снимљеног детаља на основу фотографија али без директног додира са њима (Слика 1).

Нагли развој UAV и технологије снимања из ваздуха, омогућили су веома широку примену UAV система за фотограметријске сврхе – UAV фотограметрију коју данас због употребе дигиталних сензора и камера сврставају у дигиталну фотограметрију. Применом ове са-

времене методе постиže се врло висока ефикасност, економичност и широк распон тачности, што је оправдано чини прихватљивом за разноврсне примене [2].



Слика 1. Фотограметријско снимање

3. БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ

3.1. Општи увод о беспилотним летелицама

UAV познатија као дрон, представља летелицу којом се управља даљинским преносом сигнала са земље или која лети на претходно дефинисаној путањи. Дронови су првенствено нашли примену у војсци, а касније су почели да се примењују цивилним и инжењерским делатностима. У инжењерским областима дроном се најчешће врши извиђање, мерење и мапирање, прикупљање просторних података, геофизичка истраживања итд.

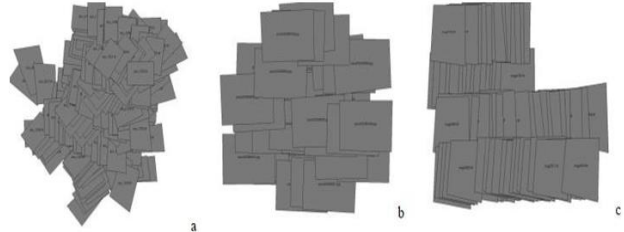
У зависности од тела дрона разликују се fixed-wing, copters и multi-copters летелице. Већу примену су нашли дрони облика хеликоптера због своје ефикасности тј. лакшег и сигурнијег узлетања и слетања.

Функција мотора је да обрће пропелере истим или различитим интензитетима у зависности од жељеног положаја дрона у односу на тренутни. Уређаји који служе за комуникацију са контролном станицом су радио пријемници/трансмитери. Најчешће коришћени сензори код дрона су дигиталне камере видљивог спектра, инфрацрвене камере, мини LiDAR системи. Број различитих сензора интегрисаних на један дрон зависи од саме тежине тих сензора и максималног могуће носивости дрона. ГНСС уређај, ИНС и магнетометар служе за прецизно позиционирање дрона. Рачунар служи за интеграцију свих компоненти дрона, рачунске операције, генерисање и слање сигнала компонентама дрона [3].

3.2. Функционисање UAV система

Функционисање UAV система се може објаснити кроз три фазе. У првој фази потребно је извршити припрему лета, дефинисати подручје снимања, резолуцију снимања и детаље лета. Детаљи лета и његови параметри морају се пажљиво размотрити, укључујући висину лета, оријентацију лета, брзину лета, подручје снимања, оријентацију снимања, постотак преклапања снимака и брзину снимања. Дефинисање контролних тачака и калибрација представљају другу фазу функционисања система. Системи тог типа опремљени су камерама високе резолуције, па се трећа фаза односи на процесирање добијених података. UAV системи могу произвести густе облаке тачака (густина тачака и до неколико центиметара) користећи SIFT технике у комбинацији са фотограметријским методама. 3D реконструкција са фотографија ослања се на кореспондирање фотографија. Дефинише се унутрашња и спољашња оријентација снимака, без којих није могуће извршити екстракцију. На резултат прикупљених сн

мака снажно утиче типологија извршеног лета (Слика 3), па је понекад неопходно извести неколико мисија на различитим висинама и већим преклапањем снимака, како би се обезбедили довољно добри подаци за формирање 3D модела (за случајеве снимања фасада веома високих објекта: 90% фронтални и 60% бочни преклоп, са нагибом камере од 30° до 40°; случај снимања урбаног подручја) [4].

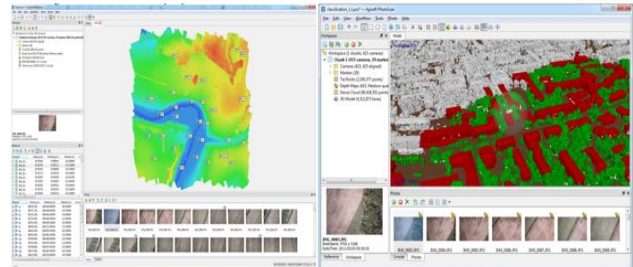


Слика 3. Различити поступци у аквизицију дају различите блокове снимака: а) мануелни; б) нискобуџетни; в) аутоматизован

4. ПРИМЕЊЕНА СОФТВЕРСКА РЕШЕЊА

4.1. Agisoft Metashape

Први софтвер коришћен у овој студији био је Agisoft Metashape. Photoscan, касније назван Metashape, је софтвер пакет који је развила руска компанија под називом Agisoft за реконструкцију 3D модела са слика. Садржи алгоритме за обраду дигиталних слика за каснију производњу 3D модела. Конкретно, користи земаљску фотограметрију и алгоритме засноване на SfM са више локација за обраду слика снимљених неметричком камером. Поред 3D модела, густих облака тачака, ДМТ, DSM (Слика 4) и ортомозаици такође могу да се креирају уз помоћу овог софтвера.

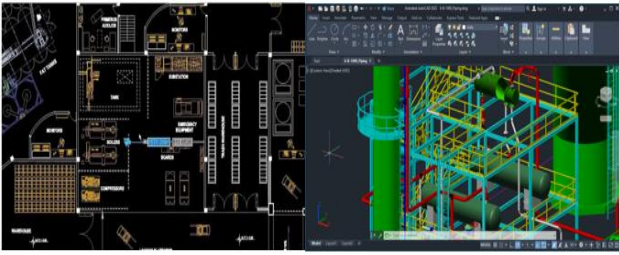


Слика 4. Пример керирања ДМТ-а и DSM-а кориштењем Metashape-а

4.1. AutoCAD

Програмски пакет AutoCAD је тренутно један од најраширенијих програма за цртање на рачунару, како у свету тако и код нас. Код програма за цртање разликујемо paint и draw програме. Код paint програма слика се памти као битна слика (скупина тачака), док се код draw програма слика памти у векторском облику што је случај и код AutoCAD -а. Векторско цртање користи се у широком спектру људских дјелатности па тако и у геодезији. Сам програмски пакет састоји се од више модула па тако постоји и модул за геодезију.

Подржава 2D пројектовање (Слика 5 – лево), којим се практично замењује класично пројектовање на папиру, односно таблу за цртање, шестар и лењир, и 3D моделовање (Слика 5 – десно) сложених објеката.

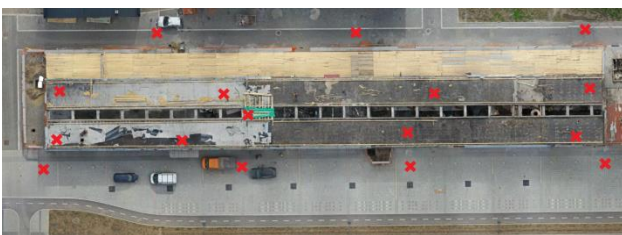


Слика 5. 2Д и 3Д моделовање у AutoCAD-у

5. ПРАКТИЧАН ПРИМЕР

Практичним делом биће дефинисана геометрија објекта, у овом случају објекта у Кинеској четврти у Новом Саду, такође биће извршена упоредна анализа координата тачака снимљених тоталном станицом и тачака из облака тачака. Тоталном станицом су снимљени детаљи на и око самог објекта, а пре свега у вези геометријске представе, тј. хоризонталног одступања два зида у средини објекта у односу на одређени апроксимативни правац, а такође и њиховог вертикалног одступања у односу на тачку са највишом котом, за коју је усвојено да је нулта тачка. Пројекат је урађен у локалном координатном систему, јер је била суштина само геометријска представа објекта, без његовог дефинисања и везивања за дефинисани координатни систем.

Да би се покрила област снимања, потребно је дефинисати довољан број оријентационих тачака. Минималан број тачака је 3, међутим он се увек креће у зависности од величине објекта, односно величине подручја које се снима. На датом примеру је кориштено 9 тачака које су дефинисане на самом објекту и обележене су маркицама, а још 7 тачака је одређено око објекта да би се објекат боље уклопио у координатни систем. Одређивање координата оријентационих тачака вршено је ГНСС RTK методом. На слици 6 је приказан положај, а у табели број 1 координате оријентационих тачака.



Слика 6. 3D модели градова са различитим нивоима детаља

Након дефинисања оријентационих тачака, прелази се на снимање беспилотном летелицом и тоталном станицом, а онда се врши обрада података у софтверском пакету Agisoft Metashape. Обрада се састоји из учитавања снимака добијених дроном као и учитавања оријентационих тачака у сврху њиховог позиционирања у координатни систем.

Добијени модел у овом случају је заиста задовољавајући, првенствено јер је висина лета била релативно ниска – 17m. Велики број слика, као и већ поменути висина снимања и одличан преклоп допринели су веома високој детаљности добијеног 3Д модела (Слика 7).

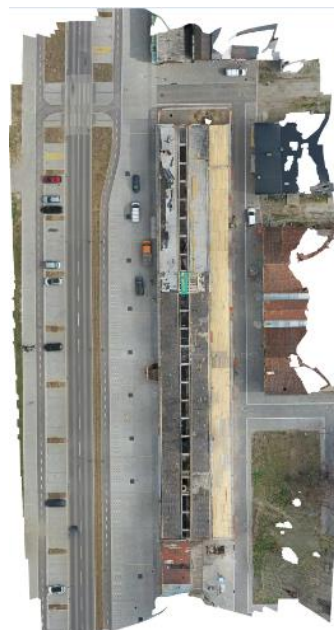
Табела 1. Координате оријентационих тачака

Бр. тачке	Y [m]	X [m]	Z [m]
GCP1	92.09	141.40	9.70
GCP2	92.12	119.56	9.69
GCP3	96.47	108.04	10.69
GCP4	93.24	80.27	9.82
GCP5	92.87	51.17	9.68
GCP6	101.27	48.41	9.75
GCP7	100.17	75.78	9.90
GCP8	100.13	112.30	9.80
GCP9	100.90	141.34	9.72
GCP10	87.16	143.02	3.79
GCP11	110.70	123.90	3.88
GCP12	87.52	109.35	3.81
GCP13	110.69	89.35	4.07
GCP14	87.89	75.74	3.84
GCP15	111.28	49.50	4.08
GCP16	88.23	46.38	3.85



Слика 7. Добијени 3Д модел

Последње моделовано у Metashape-у јесте ортофото. Ортофото је дефинисан ради каснијег представљања хоризонталних зидова на врху објекта. Због великог броја снимака и ниског лета, као и за 3Д модел, ортофото се може генерисати са високом просторном резолуцијом (Слика 8).



Слика 8. Ортофото

Након обраде података у програмском пакету AutoCAD, дефинисана су вертикална и хоризонтална одступања зидова на врху објекта.

Ради прецизнијег дефинисања одступања координата тачака добијених из облака тачака у односу на тачке снимљене поларном методом, користе се контролне тачке (*check points*). За разлику од GCP тачака, контролне тачке ни на који начин не утичу на обраду података, него служе за валидацију модела и да покажу са којом тачношћу су добијене координате по све три осе.

У табели 2 приказане су разлике у координатама и одступање контролних тачака, а у табели 3 разлике у координатама и одступање детаљних тачака.

Табела 2. Разлике у координатама и одступање контролних тачака

Бр. тачке	$Y_{CP} - Y_{OT}$ [m]	$X_{CP} - X_{OT}$ [m]	$Z_{CP} - Z_{OT}$ [m]
A5	0.02	-0.03	0.04
A7	-0.03	0.02	0.05
A8	-0.02	-0.02	-0.06
A9	-0.01	0.02	-0.02
A10	-0.01	0.02	-0.03
Средње одступање	0.02	0.02	0.04
Мин. одступање	-0.01	0.02	-0.02
Макс. одступање	-0.03	-0.03	-0.06

Табела 3. Разлике у координатама и одступање детаљних тачака

Бр. тачке	$Y_{TS} - Y_{OT}$ [m]	$X_{TS} - X_{OT}$ [m]	$Z_{TS} - Z_{OT}$ [m]
4	0.02	0.02	0.04
78	0.01	-0.01	0.02
89	-0.01	-0.01	-0.03
16	0.04	-0.03	0.06
95	0.01	0.01	-0.07
22	-0.02	-0.00	-0.05
97	-0.04	-0.03	-0.04
24	-0.02	0.02	-0.01
107	0.06	0.03	-0.06
35	-0.03	0.07	-0.11
115	0.03	-0.05	0.06
41	-0.01	-0.02	-0.10
125	0.06	0.03	-0.05
51	0.02	-0.03	-0.03
131	-0.01	-0.01	0.05
57	-0.01	-0.02	0.03
Средње одступање	0.03	0.02	0.05
Мин. одступање	-0.01	-0.00	-0.01
Макс. одступање	-0.06	0.07	-0.11

TS, OT, CP – тотална станица, облак тачака, *check point*

Y_{TS}, X_{TS}, Z_{TS} – вредности координата добијених тоталном станицом

Y_{OT}, X_{OT}, Z_{OT} – вредности координата добијених из облака тачака

6. ЗАКЉУЧАК

Задатак за практични део рада био је израда скице фактичког стања објекта и дела око објекта и геометријска репрезентација објекта у насељу Кинеска четврт у Новом Саду. За потребе пројекта из овог мастер рада, кориштена је комбинација више метода, а то су: ГНСС RTK метода, поларна метода мерења тоталном станицом и метода аерофотограметрије, снимање дроном. Комбинацијом ове три методе, добијен је резултат који је у потпуности задовољио очекивања.

Након извршеног мерења сав даљи посао око обраде података вршен је у софтверским пакетима Agisoft Metashape и AutoCAD. Обрадом и 2Д репрезентацијом добијени су вертикално одступање, које се кретало до највише 22 cm разлике у односу на нулту коту, као и хоризонтално одступање, код кога је примећено највеће померање на делу објекта бр. 2, а такође на дилатацијама између делова објекта, што се дало и очекивати, а координате тачака се крећу са тачношћу X и $Y \sim 2$ cm, а $Z \sim 4-5$ cm.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михајловић К., Врачарић К. – Геодезија И, Грађевинска књига, Београд, 1989. год.
- [2] Марчета М. – Основи фотограметрије, 2. издање, Високо грађевинско-геодетска школа, Београд, 2007. год.
- [3] Eugster H., Nebiker S. - UAV – Based Augmented Monitoring-Real-Time Georeferencing and Integration of Video Imagery with Virtual Globes, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, 2008. год.
- [4] Арамбашић Р. – Израда 3Д модела примјеном блиско – предметне фотограметрије, Мастер рад, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2019. год.

Кратка биографија:



Ђорђе Мијић рођен је у Зворнику 1997. год. Дипломски рад је одбранио 2020. године на Факултету техничких наука у Новом Саду, а исте године уписује мастер студије на студијском програму Геодезија и геоинформатика.

Контакт: skols.gg@gmail.com