

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF UAV ORTHOPHOTO FOR CADASTRE ²²

Chief assistant Eng. Monika Bedzheva, PhD

Department of Artillery and Geodesy, Shumen

“Vasil Levski” National Military University, Veliko Tarnovo

Phone: 054-263

E-mail: monibedzh17@abv.bg

***Abstract:** Unmanned aerial vehicles (UAVs) have gained vast popularity in recent years. UAVs, called also drones, have found application in many spheres of life – from military to civil applications, from amateur to professional uses. UAVs have made it quick and easy to gather geospatial information, thus optimizing the production process in surveying, cartography and cadastre. Having this in mind, an experiment was carried out to evaluate the suitability of UAV orthophoto for cadastre. In this paper the obtained accuracy is compared with the regulatory requirements and the results are discussed and analyzed.*

***Keywords:** UAV, Photogrammetry, Accuracy, Cadastre*

1. Нормативни изисквания за точност на кадастралната карта и извършване на заснемане с БЛА на района на НВУ, гр. Шумен

Един от крайните продукти на фотограметричната обработка е орторектифицираната мозайка, наричана за по-кратко ортофотото. От ортофотото могат да се извличат правоъгълни координати и чрез векторизиране на контурите на обектите да се състави карта. Съставяната карта обаче трябва да отговаря на определени критерии за точност, които са разписани в съответни инструкции и нормативни актове. За да се оцени пригодността на ортофотото, създадено от снимки, направени с БЛА, за целите на кадастъра, е направен следният практически експеримент.

Извършено е фотограметрично заснемане с БЛА Phantom 4 на района на НВУ, гр. Шумен на 60 [m] височина. Заснетата площ е около 110 [дка], което е близо 2/3 от площта на района на НВУ, гр. Шумен. Направена е обработка с Agisoft Photoscan и 3D Survey. Двете ортофотомозайки са съпоставени с геодезична снимка на района на НВУ, гр. Шумен, извършена по класическа технология с тотална станция. Двете мозайки много точно се припокриват с геодезичната снимка. За експеримента по-нататък е предпочетено да се работи с Agisoft Photoscan поради възможността да се добавят контролни точки в триизмерния модел от потребителя.

Същността на експеримента се състои в сравняване положението на обекти, получено по два начина – чрез фотограметрични методи и чрез линейно-ъглови измервания. За критерий е използвано изискването, разписано в чл. 18 от Наредба № 3 от 28 април 2005 г. за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри:

Чл. 18. (1) Точността на нанесените в кадастралната карта поземлени имоти и сгради се определя чрез изчисляване на стойностите на:

1. грешката в абсолютното положение на подробна точка (ΔS);

2. грешката в разстоянието между две подробни точки (∂S).

С по-критична важност е величината ΔS , затова тя е обект на анализа. Грешката в абсолютното положение на подробна точка се определя по формулата:

$$\Delta S = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \quad (1)$$

²² Докладът е представен на сесия на секция 3.2 на 28 октомври 2022 с оригинално заглавие на български език: ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТТА НА ОРТОФОТО, СЪЗДАДЕНО С БЛА, ЗА НУЖДИТЕ НА КАДАСТЪРА

където:

- x_0, y_0 са координатите на точката в кадастралната карта;
- x, y координатите на точката при контролно (повторно) определяне чрез геодезическо измерване и изчисление.

Формула (1) е по същество известната Питагорова теорема. В случая x_0 и y_0 са координатите на обектите от ортофотото, т.е. получени чрез фотограметрични методи, а x и y са координатите от геодезичното заснемане.

Отново съгласно Наредба № 3 допустимите стойности на ΔS за урбанизирани територии са:

1. когато координатите на точките са определени чрез геодезически измервания:

а) за точки от трайно материализирани граници на поземлени имоти и очертания на сгради от основното застрояване $\Delta S \leq 30$ [cm];

2. когато координатите на точките са определени от графичен план или карта:

а) за точки от трайно материализирани граници на поземлени имоти и очертания на сгради от основното застрояване $\Delta S \leq 60$ [cm].

В Наредба 19 от 28 декември 2001 г. за контрол и приемане на кадастралната карта и кадастралните регистри, чл. 22 е пояснено, че:

(3) Грешките ΔS и δS трябва да имат разпределение, близко до нормалното, когато броят им е по-голям от 50.

(4) Ако над 5 на сто от грешките по ал. 3 превишават изискванията на чл. 18 от Наредба № 3 от 2005 г., в доклада се отбелязва, че кадастралната карта по точност не отговаря на нормативните изисквания.

В качеството на подробни точки са избрани ръбове на сгради от основното застрояване, общо 67 на брой – фиг. 1.

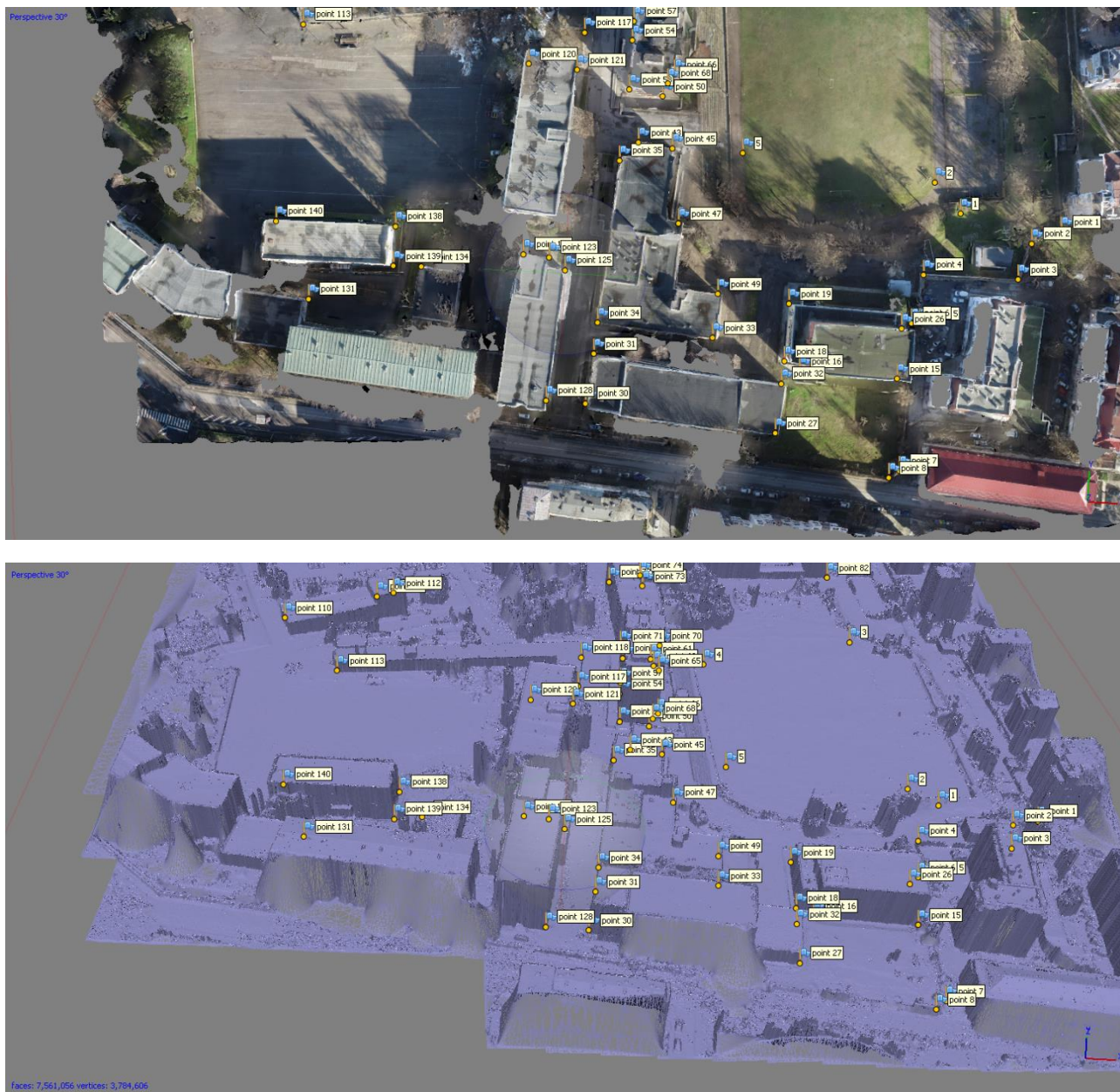


Фиг. 1 Местоположение на подробните точки

2. Сравняване на получените резултати с нормативните изисквания

Фотограметричното отчитане на координатите е извършено по следния начин.

Първо, по триизмерния модел (mesh) са избрани ръбове, които се виждат достатъчно ясно и отчетливо. Тук трябва да се спомене, че поради недостатъчното застъпване на снимките от периферията на облитаната територия и наличието на висока растителност в облака от точки има пробиви, т.е. полета, в които липсва информация. При генерирането на триизмерен модел, mesh, тези пробиви се запълват чрез интерполация, но това води до деформация на модела. В резултат само някои видими ръбове могат да се отчетат (фиг. 2).



Фиг. 2 Пробиви в облака от точки и запълване в триизмерния модел

Триизмерният модел е необходим, защото при него могат да се видят основите на сградите, т.е. техните ръбове, които именно се нанасят в кадастъра. При ортофотото това е невъзможно, защото се виждат покривите на сградите, а основите остават скрити (фиг. 3). Друг проблем е, че в България няма утвърдени норми за ширините на стрехите, така че няма как автоматично те да се извадят, за да се получат контурите на основите на сградите.



Фиг. 3 Основи на сградите и ширина на стрехите

Табл. 1 Резултати от сравняването на координатите на подробните точки, получени по двата способа

№	Координати, получени чрез фотограметрични методи		Координати, получени чрез линейно-ъглови измервания		ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX ² [m]	ΔY ² [m]	ΔS [m]	ΔS ²
	Xo [m]	Yo [m]	X [m]	Y [m]						
1	494669,685	4790648,296	494669,463	4790648,235	-0,222	-0,061	0,049	0,004	0,230	0,053
2	494657,976	4790643,259	494657,498	4790643,582	-0,478	0,323	0,228	0,104	0,577	0,333
3	494652,965	4790629,522	494652,769	4790629,529	-0,196	0,007	0,038	0,000	0,196	0,038
4	494617,337	4790629,429	494616,991	4790629,813	-0,346	0,384	0,120	0,147	0,517	0,267
5	494616,890	4790611,389	494616,458	4790612,285	-0,432	0,896	0,187	0,803	0,995	0,989
6	494613,848	4790611,294	494612,497	4790611,221	-1,351	-0,073	1,825	0,005	1,353	1,831
7	494611,644	4790556,968	494611,931	4790556,832	0,287	-0,136	0,082	0,018	0,318	0,101
8	494608,004	4790553,982	494608,042	4790553,369	0,038	-0,613	0,001	0,376	0,614	0,377
9	494610,208	4790590,425	494609,960	4790590,299	-0,248	-0,126	0,062	0,016	0,278	0,077
10	494573,427	4790591,260	494573,425	4790591,386	-0,002	0,126	0,000	0,016	0,126	0,016
11	494567,758	4790594,579	494567,692	4790594,634	-0,066	0,055	0,004	0,003	0,086	0,007
12	494568,353	4790616,051	494568,279	4790615,870	-0,074	-0,181	0,005	0,033	0,196	0,038
13	494610,760	4790608,940	494610,485	4790609,029	-0,275	0,089	0,076	0,008	0,289	0,084
14	494565,174	4790568,341	494565,109	4790568,253	-0,065	-0,088	0,004	0,008	0,109	0,012
15	494494,884	4790575,683	494495,182	4790575,468	0,298	-0,215	0,089	0,046	0,367	0,135
16	494496,869	4790593,888	494496,786	4790593,868	-0,083	-0,020	0,007	0,000	0,085	0,007
17	494566,888	4790586,414	494566,834	4790586,309	-0,054	-0,105	0,003	0,011	0,118	0,014
18	494540,701	4790601,967	494540,636	4790601,834	-0,065	-0,133	0,004	0,018	0,148	0,022
19	494497,634	4790605,337	494497,411	4790605,374	-0,223	0,037	0,050	0,001	0,226	0,051
20	494502,837	4790665,712	494502,733	4790665,732	-0,104	0,020	0,011	0,000	0,106	0,011
21	494509,470	4790672,745	494509,378	4790672,761	-0,092	0,016	0,008	0,000	0,093	0,009
22	494522,298	4790671,188	494522,187	4790671,214	-0,111	0,026	0,012	0,001	0,114	0,013
23	494525,956	4790643,485	494525,871	4790643,487	-0,085	0,002	0,007	0,000	0,085	0,007
24	494542,047	4790618,221	494541,943	4790618,176	-0,104	-0,045	0,011	0,002	0,113	0,013
25	494517,813	4790690,874	494517,800	4790690,825	-0,013	-0,049	0,000	0,002	0,051	0,003
26	494505,226	4790692,680	494505,141	4790692,621	-0,085	-0,059	0,007	0,003	0,103	0,011
27	494505,317	4790711,087	494505,223	4790711,145	-0,094	0,058	0,009	0,003	0,110	0,012
28	494505,441	4790718,322	494505,391	4790718,352	-0,050	0,030	0,002	0,001	0,058	0,003
29	494506,544	4790736,654	494506,544	4790736,694	0,000	0,040	0,000	0,002	0,040	0,002

№	Координати, получени чрез фотограметрични методи		Координати, получени чрез линейно-ъглови измервания		ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX^2 [m]	ΔY^2 [m]	ΔS [m]	ΔS^2
	X_0 [m]	Y_0 [m]	X [m]	Y [m]						
30	494519,180	4790737,718	494519,078	4790737,804	-0,102	0,086	0,010	0,007	0,133	0,018
31	494520,514	4790732,534	494520,532	4790732,464	0,018	-0,070	0,000	0,005	0,072	0,005
32	494522,652	4790728,838	494522,568	4790728,884	-0,084	0,046	0,007	0,002	0,096	0,009
33	494521,650	4790699,300	494521,661	4790699,208	0,011	-0,092	0,000	0,008	0,093	0,009
34	494519,449	4790695,806	494519,412	4790695,808	-0,037	0,002	0,001	0,000	0,037	0,001
35	494523,411	4790747,624	494523,068	4790747,521	-0,343	-0,103	0,118	0,011	0,358	0,128
36	494505,512	4790744,861	494505,954	4790745,399	0,442	0,538	0,195	0,289	0,696	0,485
37	494499,736	4790800,862	494499,787	4790800,646	0,051	-0,216	0,003	0,047	0,222	0,049
38	494516,610	4790802,461	494516,712	4790802,505	0,102	0,044	0,010	0,002	0,111	0,012
39	494515,545	4790813,450	494515,404	4790813,497	-0,141	0,047	0,020	0,002	0,149	0,022
40	494513,452	4790828,204	494513,736	4790827,742	0,284	-0,462	0,081	0,213	0,542	0,294
41	494573,785	4790834,531	494573,710	4790834,489	-0,075	-0,042	0,006	0,002	0,086	0,007
42	494612,564	4790824,531	494612,489	4790824,478	-0,075	-0,053	0,006	0,003	0,092	0,008
43	494477,238	4790852,965	494477,182	4790852,969	-0,056	0,004	0,003	0,000	0,056	0,003
44	494464,056	4790867,052	494464,088	4790867,178	0,032	0,126	0,001	0,016	0,130	0,017
45	494413,145	4790838,913	494413,026	4790839,028	-0,119	0,115	0,014	0,013	0,165	0,027
46	494414,141	4790829,321	494414,074	4790829,436	-0,067	0,115	0,004	0,013	0,133	0,018
47	494401,440	4790853,847	494401,219	4790855,249	-0,221	1,402	0,049	1,966	1,419	2,014
48	494369,013	4790850,182	494368,800	4790851,253	-0,213	1,071	0,045	1,147	1,092	1,192
49	494353,134	4790853,103	494352,788	4790853,924	-0,346	0,821	0,120	0,674	0,891	0,794
50	494333,602	4790846,313	494334,031	4790846,545	0,429	0,232	0,184	0,054	0,488	0,238
51	494352,232	4790746,652	494352,534	4790747,106	0,302	0,454	0,091	0,206	0,545	0,297
52	494389,676	4790771,975	494389,627	4790772,176	-0,049	0,201	0,002	0,040	0,207	0,043
53	494397,074	4790775,693	494397,044	4790775,770	-0,030	0,077	0,001	0,006	0,083	0,007
54	494383,666	4790709,174	494383,571	4790709,248	-0,095	0,074	0,009	0,005	0,120	0,015
55	494487,291	4790712,759	494487,043	4790712,524	-0,248	-0,235	0,062	0,055	0,342	0,117
56	494487,973	4790734,804	494487,890	4790734,804	-0,083	0,000	0,007	0,000	0,083	0,007
57	494467,352	4790699,425	494467,709	4790699,692	0,357	0,267	0,127	0,071	0,446	0,199
58	494485,303	4790698,257	494484,894	4790698,416	-0,409	0,159	0,167	0,025	0,439	0,193

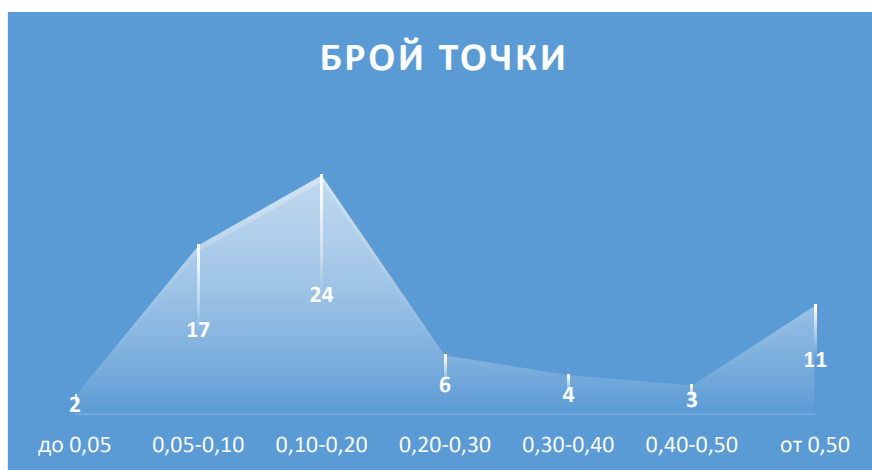
№	Координати, получени чрез фотограмметрични методи		Координати, получени чрез линейно-углови измерения		ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX² [m]	ΔY² [m]	ΔS [m]	ΔS²
	Xo [m]	Yo [m]	X [m]	Y [m]						
59	494469,233	4790628,982	494469,141	4790629,087	-0,092	0,105	0,008	0,011	0,140	0,019
60	494478,825	4790628,318	494478,725	4790628,343	-0,100	0,025	0,010	0,001	0,103	0,011
61	494484,722	4790623,972	494484,632	4790624,040	-0,090	0,068	0,008	0,005	0,113	0,013
62	494480,435	4790575,996	494480,336	4790575,925	-0,099	-0,071	0,010	0,005	0,122	0,015
63	494392,227	4790608,403	494392,143	4790608,416	-0,084	0,013	0,007	0,000	0,085	0,007
64	494432,458	4790622,393	494432,398	4790622,398	-0,060	0,005	0,004	0,000	0,060	0,004
65	494421,848	4790636,576	494421,767	4790636,577	-0,081	0,001	0,007	0,000	0,081	0,007
66	494421,987	4790622,057	494421,907	4790622,144	-0,080	0,087	0,006	0,008	0,118	0,014
67	494378,223	4790636,161	494378,104	4790636,270	-0,119	0,109	0,014	0,012	0,161	0,026
					ΣΔX [m]	ΣΔY [m]	ΣΔX² [m]	ΣΔY² [m]	ΣΔS [m]	ΣΔS²
					-5,865	5,155	4,322	6,558	18,013	10,881

Брой точки										
До 0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	от 0,50		Σ		
2	17	24	6	4	3	11	67			
Проценти										
До 0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	от 0,50		Σ		
0,03	0,25	0,36	0,09	0,06	0,04	0,16	1			

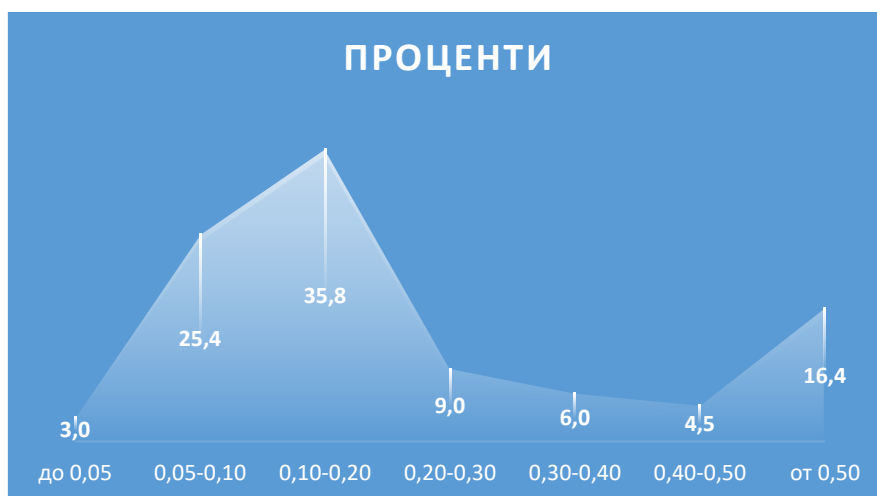
Второ, местоположението на точките е доуточнено върху снимките, в които попадат. По този начин се получава серия от измервания (x_i, y_i) , към която се прилага МНМК и се получат най-достоверните координати за всяка точка. Тук е важно да са уточни, че при геодезичната снимка координатите на подробните точки се получават от еднократно измерване.

След като са избрани местата на точките по триизмерния модел, техните местоположения върху отделните снимки са доуточнени и са оставени само тези точки, които се виждат достатъчно ясно на поне 3 снимки. Така част от измерванията са бракувани и са оставени само 67 бр. точки.

Резултатите са представени в таблица 1 и на следните графики – фиг. 4 и 5.



Фиг. 4 Разпределение на грешките по брой точки



Фиг. 5 Разпределение на грешките в проценти

Вижда се, че съгласно ал. 3 от Наредба 19 разпределението наистина е близо до нормалното, като преобладават грешките в интервала 0,10 – 0,20 [m]. За съжаление обаче, 16,4% от точките са над 0,50 [m], което е повече от допустимите 5%. С най-големи грешки са точки 2, 4, 5, 6, 8, 71, 75, 100, 101, 103, 110. Възможно обяснение е, че тези точки се намират в периферията на заснеманата територия, а там по правило грешките са с най-голяма величина.

От графиките се вижда, че като цяло преобладават грешките до 20 [cm], а броят и величината на по-големите грешки са свързани с обратна пропорционалност – колкото по-големи са грешките, толкова е по-малък техният брой.

3. Заключение

В заключение може да се каже, че при достатъчно застъпване на аерофотоснимките, липса на висока растителност и извършване на измервания в централната област на ортофотомозайката, постигната точност е съпоставима с класическата геодезична снимка и е в рамките на нормативните изисквания.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад е реализиран с подкрепата на Проект No 2021 – ФЕЕА – 03 „Създаване на роботизирана автономна платформа за получаване и анализ на спектрални изображения на земната повърхност“ на Русенски университет „Ангел Кънчев“.

REFERENCES

Bedzheva, M. (2022) Contemporary technologies for digital photogrammetry. “Vasil Levski” University Press (in print) (**Оригинално заглавие:** Беджева, М., 2022. Съвременни технологии за цифрова фотограмметрия. Университетско издателство „Васил Левски“ (под печат))

Ivanova Il., Andreeva P. (2021) Current issues in the field of cadastre. Proceedings of International Scientific Conference 2021, Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems – Shumen, pp. 483-491, ISSN 2367-7902 (**Оригинално заглавие:** Иванова Ил., Андреева П. Актуални въпроси в областта на кадастъра. Proceedings of International Scientific Conference 2021, Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems – Shumen, pp. 483-491, ISSN 2367-7902)

Niyazi-Yusuf, M. (2021) Evaluation of the content and accuracy of the current cadastral plans. Yearbook: Technical Sciences. Volume XI E, Shumen, Bishop Konstantin Preslavski University Publishing House, ISSN: 1311-834X, pp. 59-62 (**Оригинално заглавие:** Ниязи-Юсуф, М. Оценка на актуалността на съдържанието и точността на действащите кадастрални планове, Годишник: Технически науки. Том XI E, Шумен, Университетско издателство „Епископ Константин Преславски“, 2021 г., ISSN: 1311-834X, стр. 59-62)

Ordinance No. 19 of December 28, 2001 on control and acceptance of the cadastral map and cadastral registers (**Оригинално заглавие:** Наредба 19 от 28 декември 2001 г. за контрол и приемане на кадастралната карта и кадастралните регистри)

Ordinance No. 3 of April 28, 2005 on the content, creation and maintenance of the cadastral map and cadastral registers (**Оригинално заглавие:** Наредба № 3 от 28 април 2005 г. за съдържанието, създаването и поддържането на кадастралната карта и кадастралните регистри)