



DOI: [10.71167/uaceg.2025.58S106](https://doi.org/10.71167/uaceg.2025.58S106)

Получена: 05.08.2025 г.

Приета: 28.10.2025 г.

## ФОТОГРАМЕТРИЧНО ЗАСНЕМАНЕ НА АРХИТЕКТУРЕН ПАМЕТНИК

П. Раева<sup>1</sup>, Д. Филипов<sup>2</sup>

*Ключови думи: фотограметрия, ортофото плановете, архитектурен паметник*

### РЕЗЮМЕ

Настоящата статия представя процеса и резултатите от фотограметрично заснемане на сграда – архитектурен паметник, намираща се в град София. Целта на проекта е изготвянето на геодезическо заснемане, фасадни плановете, ортофото план на покрива и векторизиране. Тези дейности следва да подпомогнат бъдещо проектиране, реставрация и опазване на културната стойност на обекта.

### 1. Въведение

Сградите с културна и историческа стойност изискват особено внимание при документиране и проектиране, тъй като всяка намеса следва да бъде съобразена със законовите изисквания и архитектурната автентичност [1]. Съвременните методи за заснемане, включително 3D лазерно сканиране и фотограметрия, позволяват висока точност и богата визуализация, като осигуряват надеждна основа за последващи архитектурни и инженерни дейности. Съгласно Закона за културното наследство, всички интервенции върху обекти със статут на недвижими културни ценности (НКЦ) подлежат на специален режим на проучване, одобрение и контрол. В такива случаи безконтактните измервания са най-подходящи с цел ненарушаване на целостта на архитектурните елементи и детайли.

<sup>1</sup> Паулина Раева, д-р инж., е-mail: [paulina.raeva@gmail.com](mailto:paulina.raeva@gmail.com)

<sup>2</sup> Добромир Филипов, гл. ас. д-р инж., кат. „Фотограметрия и картография“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, е-mail: [filipov\\_fgs@uacg.bg](mailto:filipov_fgs@uacg.bg)

## 2. Обект на изследването

Обектът на изследването е архитектурен паметник. Намира се в гр. София в емблематичния район „Оборище“. Поземленият имот, в който е ситуирана сградата, е с идентификатор 68134.407.204, а сградата – съответно с идентификатор 68134.407.204.1 – фиг. 1. Сградата е класифицирана като единична недвижима културна ценност (НКЦ) с наименование „Жилищна сграда на Б. На Ген. Неделчев“, тип: архитектурна и историческа сграда ценност от местно значение. Обявена е за НКЦ в Държавен вестник бр. 40/1978 г. [2]. Сградата се намира в устройствена зона Ткин, според Правилника за прилагане на Закона за одобрение и приложение на Общия градоустройствен план на София. Сградата обект на изследването също така фигурира в Списъка на паметниците на културата в СО – район „Оборище“ като състоянието ѝ е отбелязано като „лошо“ [3]. Това налага спешна нужда от надеждна техническа документация за бъдещи действия по консервация и реставрация.



Фиг. 1. Извадка от географската информационна система на Столична община – iSofMap

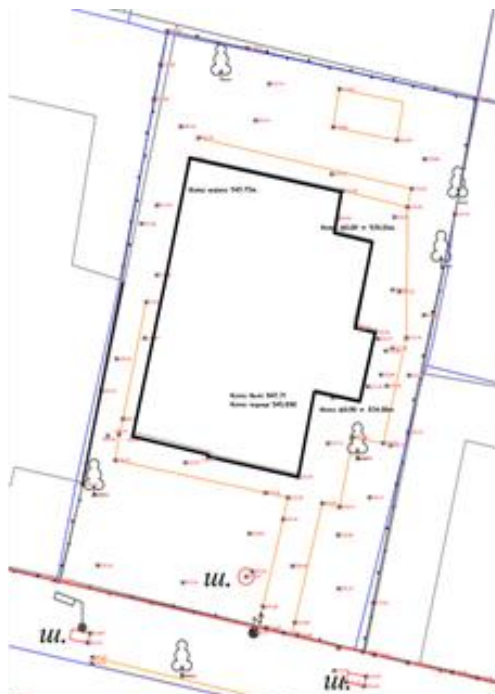
## 3. Използвани методи и технологии

При огледа на обекта са установени редица особености и фактори, които трябва да се вземат предвид при извършването на заснемането. За целите на заснемането са използвани геодезически и фотограметрични методи. Наличието на специфични орнаменти и архитектурни детайли налага използването на фотограметрично заснемане от много близко разстояние. Използвана е безпилотна летателна система за заснемане на

покрива и високите части на сградата. Наземното фотограмметрично заснемане е приложено при определянето на геометрията на фасадите. Геодезически методи са използвани при заснемането на ситуацията и опорни точки върху обекта с цел привързване към координатна система БГС2005.

### 3.1. Геодезическо заснемане

Създадена е работна геодезическа основа чрез ГНСС измервания. Заснети са подробни точки на терена на имота и прилежащата ситуация чрез тотална станция. По аналогичен начин са измерени опорни точки по фасадите на сградата, за геореферирание на фотограмметричния модел. По време на геодезическото заснемане са направени и скици с местоположението на използваните точки. Опорните точки са избрани така, че да отразяват характерни елементи от фасадите и в същото време да са равномерно разпределени. Измерени са и абсолютни коти на кота било и кота корниз и абсолютна кота готов под. Геодезическото заснемане е извършено в координатна система БГС 2005 и височинна система EVRS [4], като за височинната трансформация е използван софтуерният продукт на Агенция по геодезия, картография и кадастър – BGSTrans [5].



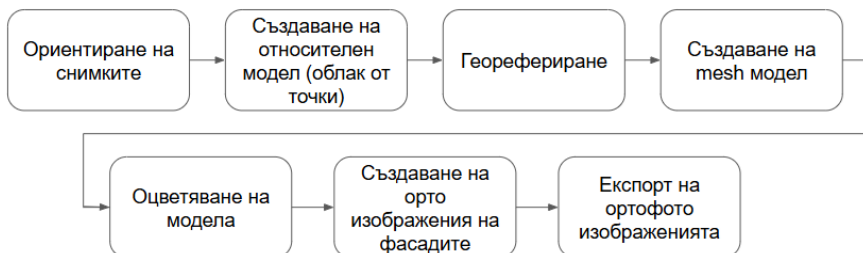
Фиг. 2. Създаване на работна геодезическа основа и измерване на опорни точки (вляво), геодезическа снимка на терен и прилежаща ситуация (вдясно)

### 3.2. Фотограмметрично заснемане

Фотограмметричното заснемане е направено като комбинация (fusion) между два различни фотограмметрични сензора. Използвана е наземна фотограмметрия с камера Sony Alpha7 R4 и безпилотно летателно средство DJI mini pro. Генерирани са над 2000

снимки, които са включени в обработката на фотограметричния модел. Заснемането на покривната конструкция с безпилотен летателен апарат е от съществено значение поради вида на покрива и факта, че той е бил опожаряван в миналото.

Последващата фотограметрична обработка е извършена в среда на RealityScan [6]. Стъпките на последващата обработка са указани на фиг. 3.

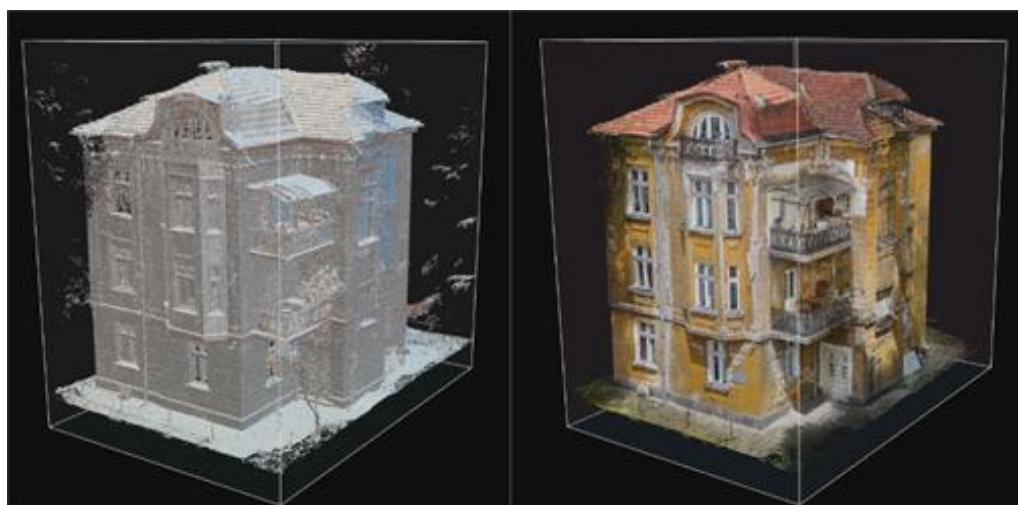


**Фиг. 3. Работен процес на фотограметричната обработка**

При формирането на облака от точки е приложен подход за предварително определяне на пространствени ръбове и детайли въз основа на маски, приложени върху суровите изображения. Този подход е разработен по научно-изследователски проект „Разработване на метод за определяне на ръбове в 3D облаци от точки за документиране на архитектурни обекти“ N БН-321/25, ЦНИП-УАСГ.

Създаденият mesh модел е оцветен с RGB стойности, отговарящи на пикселите на съответните снимки. След оцветяването за по-ясно изобразяване на фасадите моделът е изчистен от шумове, отражения и вегетация.

След цялостната обработка и георефериране на модела са генерирани изходни данни – ортофото планове под формата на \*.tiff файлове с т.нар world file, който съдържа данни за проекцията на модела и още един трети файл, съдържащ абсолютните координати на ъглите на ортофото плановете.



**Фиг. 4. Mesh модел (вляво), изчистен пътен облак точки (вдясно)**



Фиг. 5. Ортофотоплан на покрива на сградата, коорд. с-ма БГС2005

### 3.3. Векторизиране и създаване на фасадни планове

Създадените ортофото изображения са входирани в среда на AutoCAD [7], където елементите на фасадите са изчертани. Използвани са отделни слоеве за структурни и декоративни елементи:

- стени;
- детайли;
- прозорци;
- врати;
- водостоци;
- покривни елементи.

Фасадните планове са входирани в AutoCAD във височинна координатна система EVRS (European Vertical Reference System), с цел котиране на елементи по фасадите.

## 4. Резултати

Като краен резултат са получени ортофотопланове на фасадите в растерен и векторен формат. Изготвени са подробни планове на детайли и орнаменти. Резултатите от геодезическото и фотограметрично заснемане са показани на фиг. 2 и фиг. 5. Всички резултати са предадени в дигитален формат на проектантите и архитектите, отговорни за реставрацията и консервацията на обекта.



Фиг. 6. Ортофото планове на фасадите с наложени векторизирани елементи



Фиг. 7. Векторизирани ортофотопланове

## 5. Оценка на точността

За оценка на точността на получения модел е изчислена средна квадратна грешка на опорните точки от всяка фасада, както и средна квадратна грешка на контролните точки, измерени от модела и с геодезически методи. Общият брой опорни точки, заснети по геодезически метод, е 47. От тях 32 точки са избрани за контролни. Избраните контролни точки са разпределени равномерно по целия обект за оптимално изравнение на фотограметрични блок.

В табл. 1 е представена оценката на точността от изравнението на изображенията с нанесените опорни точки на тях. Този процес представлява както мащабиране на създадения относителен модел, така и геореферирание. Изравнението на фотограметричния модел обаче не показва точността на геореферирание в дадената координатна система, а именно БГС2005 и височинна система EVRS. За това на обекта са заснети допълнителни 32 точки, които не са включени в изравнението и изчисляването на модела, а се използват за сравнение. Тези точки се наричат още контролни точки. Координатите на контролните точки са сравнени с координатите на същите тези точки, но извлечени от фотограметричния модел.

За оценката на точността са използвани координатни разлики ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  и  $\Delta Z$ ) между измерени с тотална станция точки –  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и опорните или контролни точки от модела

$X'$ ,  $Y'$  и  $Z'$ . Изчислени са средноаритметичните стойности на координатните разлики  $\bar{x}$ , стандартното отклонение  $\sigma$  и средните квадратни грешки.

**Таблица 1. Оценка на точността на опорните точки, включени в изравнението на модела и геореферането му**

№	X [m]	Y [m]	Z [m]	X' [m]	Y' [m]	Z' [m]	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
2047	4730962,050	323473,459	545,766	4730962,029	323473,463	545,741	0,021	-0,004	0,025
2046	4730951,646	323471,491	543,691	4730951,660	323471,480	543,680	-0,014	0,011	0,011
2045	4730954,264	323472,064	544,398	4730954,261	323472,062	544,386	0,003	0,002	0,012
2044	4730954,275	323472,067	540,963	4730954,286	323472,060	540,949	-0,011	0,007	0,014
2043	4730954,442	323472,109	537,426	4730954,466	323472,117	537,403	-0,024	-0,008	0,023
2042	4730956,059	323472,436	544,407	4730956,061	323472,430	544,390	-0,002	0,006	0,017
2041	4730956,048	323472,437	540,951	4730956,048	323472,435	540,947	0,000	0,002	0,004
2040	4730956,081	323472,458	537,395	4730956,060	323472,469	537,414	0,021	-0,011	-0,019
2029	4730962,219	323475,972	541,272	4730962,207	323475,968	541,293	0,012	0,004	-0,021
2028	4730960,834	323478,182	540,390	4730960,854	323478,202	540,392	-0,020	-0,020	-0,002
2027	4730961,079	323477,026	540,992	4730961,088	323477,010	540,989	-0,009	0,016	0,003
2026	4730961,209	323476,373	540,948	4730961,224	323476,385	540,967	-0,015	-0,012	-0,019
2025	4730961,436	323475,342	537,411	4730961,430	323475,338	537,438	0,006	0,004	-0,027
2024	4730961,059	323477,054	537,418	4730961,037	323477,050	537,430	0,022	0,004	-0,012
2023	4730960,815	323478,240	537,401	4730960,804	323478,247	537,422	0,011	-0,007	-0,021
2022	4730958,340	323481,122	545,170	4730958,360	323481,123	545,201	-0,020	-0,001	-0,031
2021	4730958,364	323481,126	542,265	4730958,350	323481,122	542,233	0,014	0,004	0,032
2020	4730958,356	323481,131	539,072	4730958,354	323481,106	539,098	0,002	0,025	-0,026
2019	4730958,411	323481,138	536,213	4730958,433	323481,118	536,197	-0,022	0,020	0,016
2018	4730954,467	323482,411	537,395	4730954,443	323482,421	537,393	0,024	-0,010	0,002
2017	4730954,487	323482,412	540,946	4730954,492	323482,413	540,967	-0,005	-0,001	-0,021
2016	4730954,454	323482,412	544,333	4730954,477	323482,422	544,348	-0,023	-0,010	-0,015
2015	4730952,331	323483,179	541,053	4730952,318	323483,202	541,028	0,013	-0,023	0,025
2014	4730952,355	323483,143	537,244	4730952,357	323483,152	537,255	-0,002	-0,009	-0,011
2013	4730946,285	323477,116	547,709	4730946,305	323477,094	547,679	-0,020	0,022	0,030
2012	4730949,489	323482,650	545,696	4730949,471	323482,640	545,686	0,018	0,010	0,010
2011	4730948,305	323479,685	543,727	4730948,306	323479,690	543,749	-0,001	-0,005	-0,022
2010	4730948,941	323479,811	540,374	4730948,954	323479,798	540,369	-0,013	0,013	0,005
2009	4730948,839	323479,774	537,361	4730948,847	323479,797	537,368	-0,008	-0,023	-0,007
2008	4730949,929	323481,878	536,578	4730949,927	323481,900	536,594	0,002	-0,022	-0,016
2007	4730946,789	323475,471	540,953	4730946,774	323475,488	540,975	0,015	-0,017	-0,022
2006	4730946,783	323475,474	544,364	4730946,783	323475,473	544,382	0,000	0,001	-0,018
2005	4730946,115	323478,396	544,330	4730946,109	323478,413	544,296	0,006	-0,017	0,034
2004	4730946,151	323478,385	540,951	4730946,150	323478,367	540,945	0,001	0,018	0,006
2003	4730946,528	323477,465	537,400	4730946,521	323477,455	537,397	0,007	0,010	0,003
2002	4730947,761	323472,106	544,374	4730947,778	323472,104	544,343	-0,017	0,002	0,031
2001	4730947,766	323472,107	540,952	4730947,779	323472,119	540,955	-0,013	-0,012	-0,003
2000	4730947,770	323472,124	537,401	4730947,761	323472,123	537,409	0,009	0,001	-0,008
						$\bar{x}$	<b>-0,001</b>	<b>-0,001</b>	<b>0,000</b>
						$\sigma$	<b>0,014</b>	<b>0,013</b>	<b>0,019</b>
						ср. кв. грешка	<b>0,014</b>	<b>0,013</b>	<b>0,019</b>

**Таблица 2. Оценка на точността на контролните точки, които са измерени на терен, отчетени от геореферирания модел, но не са включени в изравнението**

№	X [m]	Y [m]	Z [m]	X' [m]	Y' [m]	Z' [m]	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
100	4730962,650	323473,459	545,766	4730962,670	323473,512	545,823	-0,020	-0,053	-0,057
101	4730954,264	323472,064	544,398	4730954,255	323472,053	544,425	0,009	0,011	-0,027
102	4730954,442	323472,109	537,426	4730954,457	323472,107	537,485	-0,015	0,002	-0,059
103	4730956,059	323472,436	544,407	4730956,068	323472,444	544,425	-0,009	-0,008	-0,018
104	4730956,048	323472,437	540,951	4730956,073	323472,429	540,963	-0,025	0,008	-0,012
105	4730962,219	323475,972	541,272	4730962,211	323475,992	541,298	0,008	-0,020	-0,026
106	4730960,834	323478,182	540,390	4730960,839	323478,170	540,367	-0,005	0,012	0,023
107	4730961,079	323477,026	540,992	4730961,163	323477,018	540,978	-0,084	0,008	0,014
108	4730961,209	323476,373	540,948	4730961,228	323476,361	540,961	-0,019	0,012	-0,013
109	4730961,436	323475,342	537,411	4730961,458	323475,328	537,382	-0,022	0,014	0,029
110	4730960,815	323478,240	537,401	4730960,847	323478,215	537,427	-0,032	0,025	-0,026
111	4730958,340	323481,122	545,170	4730958,353	323481,132	545,203	-0,013	-0,010	-0,033
112	4730958,364	323481,126	542,265	4730958,342	323481,115	542,286	0,022	0,011	-0,021
113	4730958,356	323481,131	539,072	4730958,375	323481,109	539,111	-0,019	0,022	-0,039
114	4730958,411	323481,138	536,213	4730958,421	323481,144	536,189	-0,010	-0,006	0,024
115	4730954,467	323482,411	537,395	4730954,454	323482,395	537,361	0,013	0,016	0,034
116	4730954,487	323482,412	540,946	4730954,499	323482,402	540,923	-0,012	0,010	0,023
117	4730954,454	323482,412	544,333	4730954,443	323482,397	544,359	0,011	0,015	-0,026
118	4730952,331	323483,179	541,053	4730952,310	323483,162	541,086	0,021	0,017	-0,033
119	4730946,285	323477,116	547,709	4730946,268	323477,102	547,767	0,017	0,014	-0,058
120	4730949,489	323482,650	545,696	4730949,481	323482,644	545,678	0,008	0,006	0,018
121	4730948,305	323479,685	543,727	4730948,293	323479,671	543,760	0,012	0,014	-0,033
122	4730948,941	323479,811	540,374	4730948,926	323479,816	540,343	0,015	-0,005	0,031
123	4730948,839	323479,774	537,361	4730948,820	323479,760	537,348	0,019	0,014	0,013
124	4730949,929	323481,878	536,578	4730949,903	323481,835	536,555	0,026	0,043	0,023
125	4730946,789	323475,471	540,953	4730946,794	323475,458	540,935	-0,005	0,013	0,018
126	4730946,783	323475,474	544,364	4730946,801	323475,491	544,343	-0,018	-0,017	0,021
127	4730946,115	323478,396	544,330	4730946,120	323478,380	544,349	-0,005	0,016	-0,019
128	4730946,151	323478,385	540,951	4730946,173	323478,403	540,931	-0,022	-0,018	0,020
129	4730946,528	323477,465	537,400	4730946,539	323477,449	537,426	-0,011	0,016	-0,026
130	4730947,761	323472,106	544,374	4730947,789	323472,205	544,357	-0,028	-0,099	0,017
131	4730947,766	323472,107	540,952	4730947,778	323472,125	540,927	-0,012	-0,018	0,025
132	4730947,770	323472,124	537,401	4730947,792	323472,109	537,384	-0,022	0,015	0,017
						$\bar{x}$	<b>-0,007</b>	<b>0,002</b>	<b>-0,005</b>
						$\sigma$	<b>0,022</b>	<b>0,025</b>	<b>0,029</b>
						ср. кв. грешка	<b>0,022</b>	<b>0,025</b>	<b>0,029</b>

## 6. Лазерно сканиране

Лазерното сканиране на къщата в р-н „Оборище“ е извършено изцяло демонстрационно. Заснемането е извършено с мобилния лазерен скенер CHCNAV RS10. Сградата е сканирана частично – фасадите, първи и втори етаж и част от подпокривното пространство.

Инструментът CHCNAV RS10 работи чрез излъчване на импулсен лазер и измерване на time-of-flight (времето за връщане на лъча), от което се изчислява разстоянието до повърхностите; паралелно инерциален модул (IMU) оценява движението и ориентацията на носителя. Критичен елемент е SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) – набор от алгоритми, които едновременно локализируют скенера спрямо вече наблюдаваната сцена и изграждат карта/облак точки чрез съпоставяне на последователни сканирания (например ICP) и „затваряне на цикли“ за ограничаване на отклонения при движение. Този подход позволява бързо, непрекъснато обхождане около фасадите и в тесни пространства, като надеждно улавя архитектурни детайли (корнизи, профили, декоративни елементи) и генерира плътен облак точки, подходящ за последващ анализ и Scan-to-BIM подготовка [8].



Фиг. 9. Вляво – фасаден план, в средата – хоризонтален разрез, вдясно – вертикален разрез

## 7. Заключение и дискусия

Извършеното фотограметрично и геодезическо заснемане на архитектурния паметник в район „Оборище“ предоставя детайлна и високоточна документация, необходима за бъдещи проектантски и консервационни дейности. Комбинацията от наземна и въздушна фотограметрия позволява пълно обхващане на обекта, включително труднодостъпни елементи като покривната конструкция и декоративните корнизи. Постигнатите стойности на средната квадратна грешка (ср. кв. грешка < 5 cm за всички контролни точки) показват висока метрична надеждност на модела, която отговаря на изискванията за архитектурно заснемане на обекти с културна стойност.

Приложението на мобилно лазерно сканиране с RS10 демонстрира потенциала на SLAM-базираните технологии за бързо и непрекъснато заснемане на фасади и интериор, особено при обекти с ограничен достъп или сложна геометрия. Въпреки че заснемането е демонстрационно и не е предмет на статията, резултатите потвърждават, че комбинацията на фотограметрия и лазерно сканиране е надежден подход към цялостна документация на архитектурни паметници. Точността и детайлността на фотограметричното заснемане предоставя достатъчна надеждност за реставриране на фасадни елементи, а бързото и надеждно мобилно лазерно сканиране улеснява интериорното заснемане безкомпромисно.

Авторите планират прилагането на интегрирани методи (фотограметрия + лазерно сканиране) като добра практика при документиране и на други сгради – културни ценности. Подобен подход осигурява богата база данни, която може да бъде използвана

не само за архитектурно проектиране, но и за цифрово архивиране, мониторинг на състоянието на обекта във времето и дори за разработване на дигитални близнаци в контекста на Scan-to-BIM технологии.

За бъдещи изследвания на конкретната сграда в район „Оборище“ в гр. София е препоръчително да се извърши цялостно 3D лазерно сканиране на интериора и подпокривното пространство, както и да се разработят автоматизирани алгоритми за векторизация на фасадни елементи и детайли. Така ще се постигне още по-висока ефективност и ще се създадат предпоставки за интегриране на данните в BIM среди за нуждите на реставрационни и строително-инженерни проекти.

## Благодарности

Авторите благодарят на катедра „Фотограметрия и картография“ и на Геодезическия факултет. Специални благодарности на инж. Петър Балкански от „ГеоЗона“ ЕООД за направената демонстрация на мобилния скенер CNCNAV RS10. Разработката е подготвена в рамките на научноизследователски проект „Разработване на метод за определяне на ръбове в 3D облаци от точки за документиране на архитектурни обекти“ N БН-321/25, ЦНИП-УАСГ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Narodno sabranie na Republika Balgariya. 2009, Zakon za kulturnoto nasledstvo. Obn. DV, br. 19 ot 13 mart 2009 g., posl. izm. i dop. DV, br. 80 ot 10 oktomvri 2023 g. Available at: <https://lex.bg/laws/ldoc/2135623662>.

2. GIS-Sofia EOOD. 2025, iSofMap – Interaktivna karta na Stolichna obshtina. Accessed on July 30, 2025, from <https://www.isofmap.bg/>.

3. Rayon “Oborishte”. 2019 noemvri, Spisak na pametnitsite na kulturata v Stolichna obshtina – rayon “Oborishte” [PDF]. Accessed on July 30, 2025, from <https://rayon-oborishte.bg/wp-content/uploads/2019/12/Pametnici%20na%20kulturata.pdf>.

4. Agentsiya po geodeziya, kartografiya i kadastar. 2025, Prilozhenie 1 EVRS Conventions v2.0 [PDF]. Accessed on July 30, 2025 from [https://www.cadastre.bg/sites/default/files/documents/regulation/32340/prilozhenie-1-evrs-conventions\\_v2\\_0.pdf](https://www.cadastre.bg/sites/default/files/documents/regulation/32340/prilozhenie-1-evrs-conventions_v2_0.pdf).

5. Agentsiya po geodeziya, kartografiya i kadastrar. 2025, BGSTrans 4.6 – programa za transformatsiya na koordinati. Accessed on July 30, 2025, from <https://www.cadastre.bg/en/node/30571>.

6. Epic Games Internation. 2025, RealityScan – software za fotogrametrichno 3D skanirane. Dostypeno na 30 yuli 2025g. ot <https://www.realityscan.com/en-US>.

7. Autodesk, Inc. 2025, Autodesk – 3D dizain, inzhenering i software za stroitelstvo. 30.06.2025 g., <https://www.autodesk.com/>.

8. CHCNAV, Geospatial. 2025, CHCNAV – Empower geospatial professionals with accuracy and reliability. Accessed on 16 Sept 2025, <https://geospatial.chcnav.com/products/chcnav-RS10>.

# PHOTOGRAMMETRIC SURVEY OF AN ARCHITECTURAL MONUMENT

**P. Raeva<sup>1</sup>, D. Filipov<sup>2</sup>**

*Keywords: photogrammetry, orthophoto, architectural site*

## ABSTRACT

This paper presents the process and results of photogrammetric surveying of a building – an architectural monument, located in the city of Sofia. The aim of the project is to produce a geodetic survey, façade plans, a roof orthophoto map, and vectorization, all of which are intended to support future design, restoration, and preservation of the cultural value of the site.

---

<sup>1</sup> Paulina Raeva, Dr. Eng., e-mail: [paulina.raeva@gmail.com](mailto:paulina.raeva@gmail.com)

<sup>2</sup> Dobromir Filipov, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Photogrammetry and Cartography”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: [filipov\\_fgs@uacg.bg](mailto:filipov_fgs@uacg.bg)