930.85:004.9(497.11)"04/14"

*Александар З. Стаменковић**

Милица С. Томић

Републички завод за заштиту споменика културе – Београд

Примена дигиталне фотограметрије у документовању културног наслеђа на примеру средњовековног Крушевачког града**

* aleksandar.stamenkovic@heritage.gov.rs

** Рад је настао у оквиру пројекта *Конзерваторско-реставраторски радови са археолошким истраживањима средњовековног Крушевачког града*, који финансира Министарство културе и информисања Републике Србије. Руководиоци пројекта су Јована Шуњеварић, архитекта – стручни сарадник Републичког завода за заштиту споменика културе – Београд, и Марин Бугар, виши кустос – археолог Народног музеја у Крушевцу.

Апстракт: *У раду ће бити речи о примени савремених метода у документацији културног наслеђа, са посебним освртом на примену дигиталне фотограметрије и географских информационих система (ГИС). Подаци прикупљени за ову врсту документовања грађе потичу са средњовековног локалитета Крушевачки град. Утврђење овог града и његова непосредна околина су, заједно са видљивим археолошким структурама, дигитално документовани, што је омогућило брзу и квалитетну израду техничке документације за потребе пројектом планираних конзерваторско-реставраторских и археолошких радова. Овакав приступ је укључивао најпре мерења тоталном станицом, фотографисање, израду фотограметријског модела, ортофотографија и дигиталних елевационих модела, на основу чега је израђена прецизна техничка документација. Добијени резултати су георефернцирани у државном координатном систему и укључени у ГИС. На овај начин дошло се до висококвалитетних података, уштедело на времену, а успостављена је и база података за будуће конзерваторско-реставраторске радове и предстојећа археолошка истраживања.*

Кључне речи: *дигитализација културног наслеђа, фотограметрија, географски информациони системи, ортофотографија, документација, технички цртеж, Крушевачки град, средњи век*

Abstract: *The paper will deal with the application of contemporary methods in the documenting of cultural heritage, with a particular view at the application of digital photogrammetry and geographic information systems (GISs). The data collected for this type of the documenting of materials comes from the medieval site of Kruševački grad (Kruševac Town). The fortification of this town and its direct surroundings, together with visible archaeological structures, have been digitally documented, which has enabled fast and good quality preparation of technical documentation for the needs of the conservation-restoration and archaeological works planned by the project. Such approach first included measuring with a total station, taking photos, preparation of a photogrammetric model, orthophotographs and digital elevation models, on the basis of which precise technical documentation was prepared. The obtained results were georeferenced in the state coordination system and included into the GIS. In this way, we attained high quality data, saved the time and also established a database for future conservation and restoration works, as well as for the forthcoming archaeological surveys.*

Key words: *digitalisation of cultural heritage, photogrammetry, geographic information systems, orthophotography, documentation, technical drawing, Kruševački grad, Middle Ages*

У сарадњи оствареној између Републичког завода за заштиту споменика културе – Београд и Народног музеја у Крушевцу године 2018. започет је пројекат конзерваторско-реставраторских радова са археолошким истраживањима средњовековног Крушевачког града. Локалитет Крушевачки град налази се у самом центру Крушевца, у оквиру Археолошког парка Лазарев

град. Реч је о утврђењу које има облик неправилне елипсе, приближних димензија 200 x 300 m, унутар којег се издвајају две целине – Мали и Велики град. У средишњем делу локалитета, на нешто вишој коти, налази се црква Светог Стефана – Лазарица. Средњовековни хоризонт града датован је у XIV–XV век, а потврђени остаци из турско-аустријског периода у време између XVI и XVIII века.[1] Као некадашња престоница Моравске Србије, средњовековни Крушевачки град спада у категорију непокретних културних добара од изузетног значаја за нашу земљу.

Данашње стање кула и бедема града, после више од 40 година од конзерваторских радова, прилично је угрожено, чему је у великој мери допринело густо насељено окружење на овом потезу, на коме је у већем делу заступљена савремена, нелегална изградња.

За потребе овог пројекта планирана је израда документације која би омогућила планирање, организовање и спровођење конзерваторских радова, уз археолошка истраживања одговарајућег обима и карактера, а у складу са динамиком реализације самог пројекта.[2] То је подразумевало израду детаљног ситуационог плана локалитета са топографијом терена и техничких цртежа тренутног стања археолошких, односно архитектонских остатака. Прецизно документовање остатака средњовековног Крушевачког града од велике је важности за његову заштиту, будућа истраживања на овом простору и публиковање грађе, односно остварених резултата.

Извођењем конзерваторско-рестаураторских радова на бедемима и кулама утврђења, адекватном презентацијом археолошких грађевина унутар комплекса, могућом ревитализацијом донжон куле, као и радовима на партерном уређењу и увођењем функционалног и декоративног осветљења, створио би се јасно дефинисан и уређен простор. Пројектом су најпре планирани конзерваторско-рестаураторски радови на западном бедему, који је најугроженији, с обзиром на то да се налази непосредно уз низ бесправно подигнутих објеката и фреквентну градску саобраћајницу. На овом потезу су радови вршени шездесетих и седамдесетихих година прошлог века, у неколико конзерваторско-рестаураторских и археолошких кампања.

Методолошки приступ приликом израде потребне документације укључио је дигиталну фотограметрију на терену и даљу обраду добијених података у географским информационим системима (ГИС). Овакав начин документовања грађе, који пружа поуздане резултате, иновативан је како у изради саме документације, тако и у планирању заштитних и археолошких радова.[3] На примеру снимљених градских бедема и видљивих архитектонских структура Крушевачког града, у раду ће бити представљени резултати добијени применом ових савремених дигиталних метода, као и предности њихове употребе када је реч о документовању културног наслеђа.

[1] Ковачевић 1980: 12–68; Jurišić, Jordović 1962: 249.

[2] Грађа представљена у раду део је документације Републичког завода за заштиту споменика културе – Београд и Народног музеја у Крушевцу.

[3] Иванишевић, Јовановић, Стаменковић 2017: 230–232.

САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ У ДОКУМЕНТОВАЊУ КУЛТУРНОГ НАСЛЕЂА

Примена савремених метода и информационих технологија у документовању културног наслеђа све је заступљенија, па самим тим употреба рачунара и одговарајућих софтверских пакета заузима све већи значај. Тако је у оквиру ове области настао термин дигитализација културног наслеђа, који подразумева укључивање информационих технологија у теорију и методологију рада.[4] Циљ примене савремених метода у документовању споменика културе, пре свега, јесте жеља да се унапреди процес уноса и обраде података и повећа квалитет добијених резултата у складу са могућностима које пружају данашњи компјутерски системи.[5] Развој компјутерских програма и апликација допринео је интегрисању информационих технологија, како у теорији, тако и у пракси, што је последично водило ка постизању одличних резултата, а притом знатно упростило и олакшало целокупан рад.

С обзиром на то да се методологија рада, када је реч о пословима спроведеним на локалитету Крушевачки град, базирала на примени дигиталне фотограметрије – методе која се заснива на процесу бележења, анализирања и интерпретације фоготрафија[6] – фотографисању, као основном извору информација, посвећена је највећа пажња. Постоји неколико типова фотограметрије, који зависе од самог начина фотографисања. Као два основна, издвајају се аерофотограметија и терестичка или блископредметна фотограметрија. Аерофотограметрија подразумева обраду фотографија снимљених из авиона, хеликоптера или беспилотних летелица, што је погодно за прикупљање великог броја података третирањем ширих подручја.[7] Она се такође примењује код снимања неприступачних објеката, као и оних који се налазе у окружењу које не дозвољава приступ или дуже задржавање. С друге стране, терестичка или блископредметна фотограметрија односи се на обраду фотографија снимљених са површине земље. Обрадом и комбиновањем ових снимака са софтверским пакетима везаним за фотограметрију добијају се фото-реалистични тродимензионални модели (сл. 1),[8] ортофотографије[9] и дигитални елевациони модели.[10] На основу ових модела може се сагледати снимљени простор и топографија терена, затим се могу израдити геодетске подлоге (топографски и ситуациони план) и техничка документација свих снимљених објеката.

Веома је важно да се резултати добијени фотограметријом георефернцирају и тако поставе и у размеру. Георефернцирањем се израђеним моделима додељује просторна вредност у одређеном координатном систему. Ово је могуће урадити уз помоћ тоталне станице – геодетског инструмента за израчунавање и ишчитавање углова и раздаљине од инструмента до одређене тачке, помоћу којег се добијају подаци изражени у координатама. Применом тоталне станице убрзава се картирање, а и сам процес обраде података.[11] Да би се дефинисао координатни систем одређеног модела, потребне су најмање три контролне тачке које се постављају у непосредној близини објекта који треба снимити. На терену, приликом фотографисања, њих предста-

[4] Evans 2005: 3–5.

[5] Historic England 2017: 1–3.

[6] Kraus 1987: 1–5.

[7] Иванишевић, Бугарски 2015.

[8] Matthews 2008: 5–12.

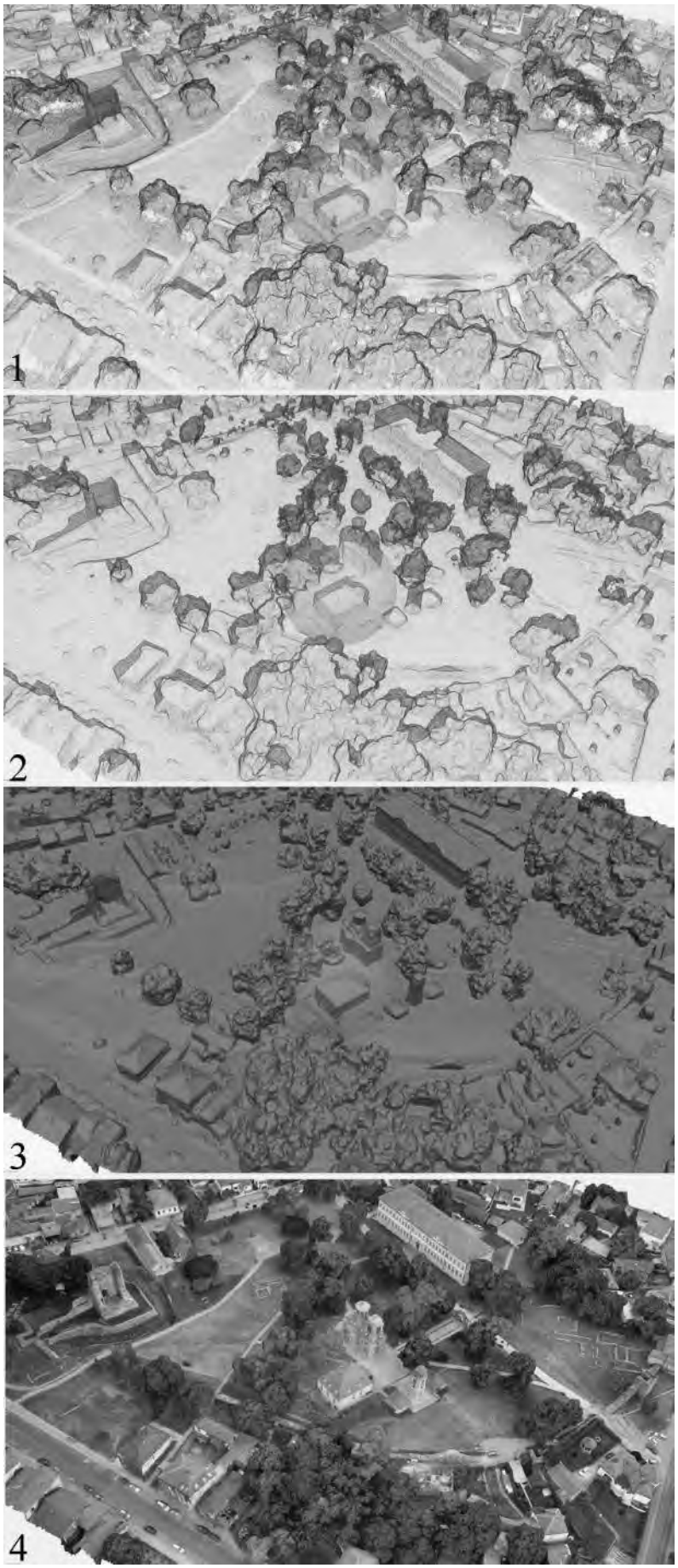
[9] Реч је о геометријски коригованој фотографији. Ово подразумева корекцију свих деформација проузрокованих коришћењем различитих објектива, тако да се добије уједначена размера на свим деловима фотографије.

[10] Дигитални елевациони модели представљају растерски приказ терена, на коме су надморске висине приказане различитим палетама боја у зависности од њихових вредности. На основу ових модела могу се израдити изохипсе, при чему се вертикално растојање између две изохипсе може бирати и на тај начин добити векторски приказ терена са растојањем од 5 mm, 5 cm, 5 m или било које вредности које циљ истраживања намеће. Треба нагласити да се помоћу елевационих модела може направити уздужни и попречни пресек терена без додатних снимања на терену.

[11] Matsumoto 2009: 11–15.

1. *Дигитална фотограметрија:*
   1) геометријски запис фотографисаних објеката у облику густог облака тачака;
   2) и 3) полигонална мрежа која представља површину добијеног модела;
   4) фотореалистични тродимензионални модел

1. *Digital photogrammetry:*
   1) Geometrical inscription of the photographed structures in the shape of a dense cloud of dots;
   2) and 3) Polygonal net that constitutes the surface of the obtained model;
   4) Photo-realistic three-dimensional model



вљају обележја у виду маркера или мета. Њихове позиције се мере тоталном станицом, а добијене вредности убацују у рачунар. За потребе израде техничке документације Крушевачког града коришћена је тотална станица Leica TS09. Снимања су вршена у Гаус–Кригеровој пројекцији.

Овде треба истаћи важност географских информационих система, који управо служе за обраду података добијених дигиталном фотограметријом. Ови системи спадају у групу софтверских пакета намењених складиштењу, обради и анализи података који садрже просторне информације.[12] Георефернцирани фотограметријски модели у комбинацији са ГИС-ом пружају одличне резултате.

Подаци који се могу добити на основу поменутих метода испунили су очекивања и задовољили задате циљеве везане за израду пројектне документације за локалитет Крушевачки град. Одлучено је да се ове методе примене на терену и да се на тај начин тестира њихова примена и значај када је реч о документовању културног наслеђа.

С обзиром на површину коју је требало снимити (200 x 300 m), висину одређених делова бедема и кула (донжон кула је данас очувана у висини од око 18 m), проблем изграђене савремене инфраструктуре, као и због неприступачности одређеним објектима, одлучено је да се пројектна документација изради уз помоћ аерофотограметрије, односно да се примени беспилотна летелица – дрон. За ову прилику коришћена је беспилотна летелица DJI Phantom 4 Pro,[13] која се на терену показала као веома поуздана, брза и једноставна за употребу, са изузетном прецизношћу и квалитетом фотографија. Одлучено је да се град сними на овај начин, јер је управо тако могуће сагледати простор из птичје перспективе и из одређених, са земље, неприступачних углова. Осим тога, паралелно се добијају подаци за израду прецизне техничке документације, који омогућавају интерпретацију, просторно планирање и научну анализу културног наслеђа.

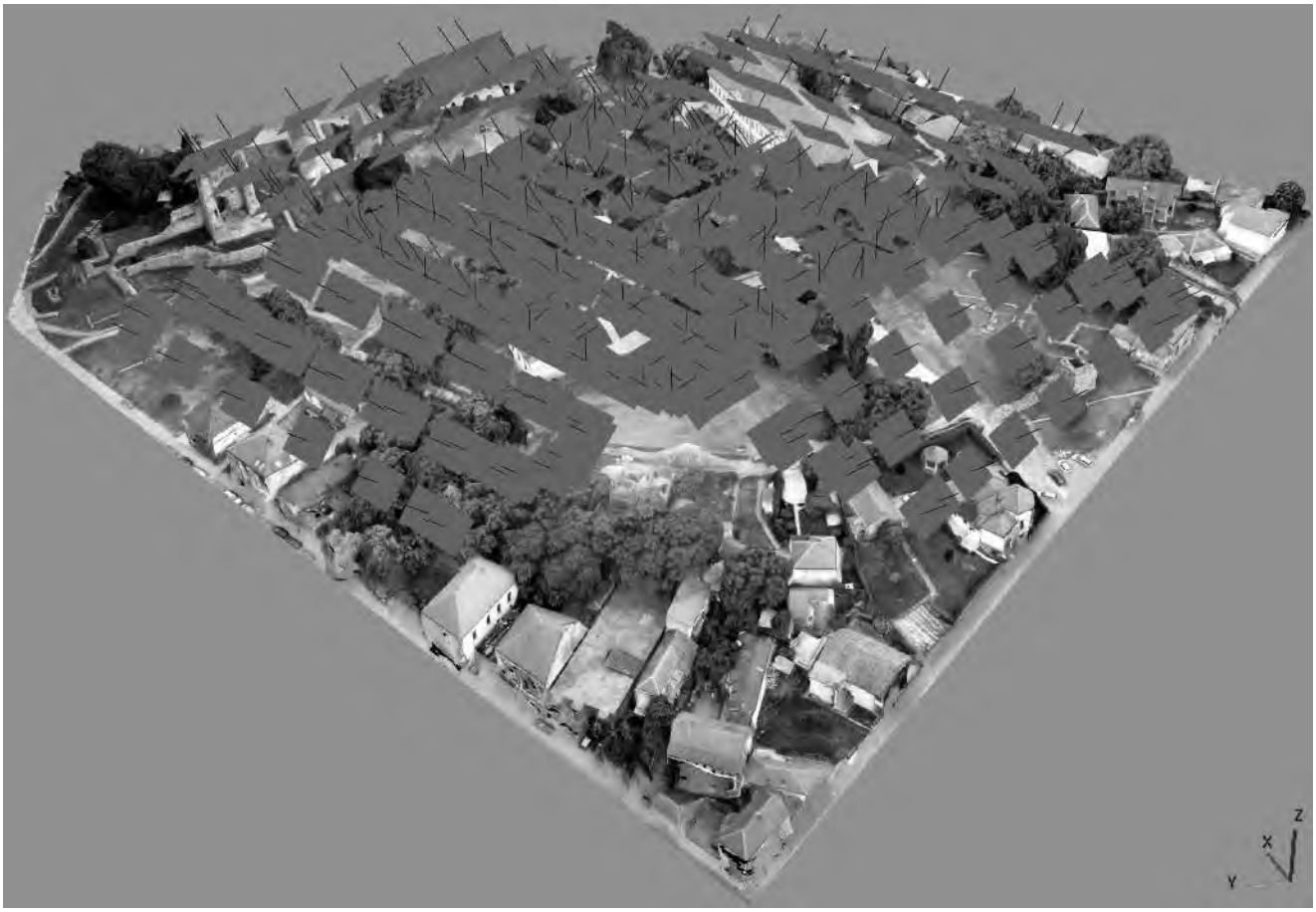
Код беспилотне летелице постоји опција за мануелно летење и управљање њоме, као и могућност позиционирања положаја камере за снимање. Дронови могу бити повезани директно са станицом (мобилни телефон, таблет или рачунар) и на њима се може аутоматски задати, тј. планирати путања лета приликом фотографисања, што умногоме олакшава и убрзава сам процес снимања. То омогућава да се уз помоћ координата одреди жељена област за снимање и креира путања по којој ће дрон летети за потребе фотограметрије и израде тродимензионалних модела. Овај начин снимања је одличан за израду топографских карти, мапа и ситуационих планова. Међутим, за израду документације одређених ситуација потребно је и додатно мануално прелетање.

Приликом фотографисања водило се рачуна о одређеним правилима која утичу на израду квалитетног фотограметријског модела.[14] Најпре треба обратити пажњу на то да објекат буде добро фокусиран. Оштрина фотографије ће повећати квалитет снимљеног модела, па је најбоље користити подешавања на апарату која одговарају временским условима на терену. У току

[12] Burrough, McDonnel 1998; Jones 1997; Marić 2011: 13–15.

[13] Беспилотном летелицом управљао је Мирослав Митић из фирме „Multimedia Design Studio – MMD“ из Ниша, на чему му овом приликом посебно захваљујемо.

[14] Kjellman 2012: 25–27.



2. Положај и оријентација камере приликом фотографисања

2. Position and orientation of the camera during the shooting

снимања један од битних чинилаца је и стабилност камере, као и њено добро позиционирање у односу на објекат (сл. 2). У случају да се не примењују правила неопходна за успешни процес дигиталне фотограметрије, могу се добити неупотребљиви резултати.

КРУШЕВАЧКИ ГРАД: ПРИМЕНА ФОТОГРАМЕТРИЈЕ И ЊЕН ДОПРИНОС

На локалитету Крушевачки град фотограметрија је рађена у циљу израде ситуационог плана Археолошког парка Лазарев град и његове непосредне околине, али и у намери да се помоћу ове методе добију технички цртежи основа и изгледи зидова кула и бедема града. Израда техничких цртежа овом приликом биће илустративно представљена на примеру ситуационог плана града, донжон куле на простору Малог града и куле 6 на западном бедему Великог града.

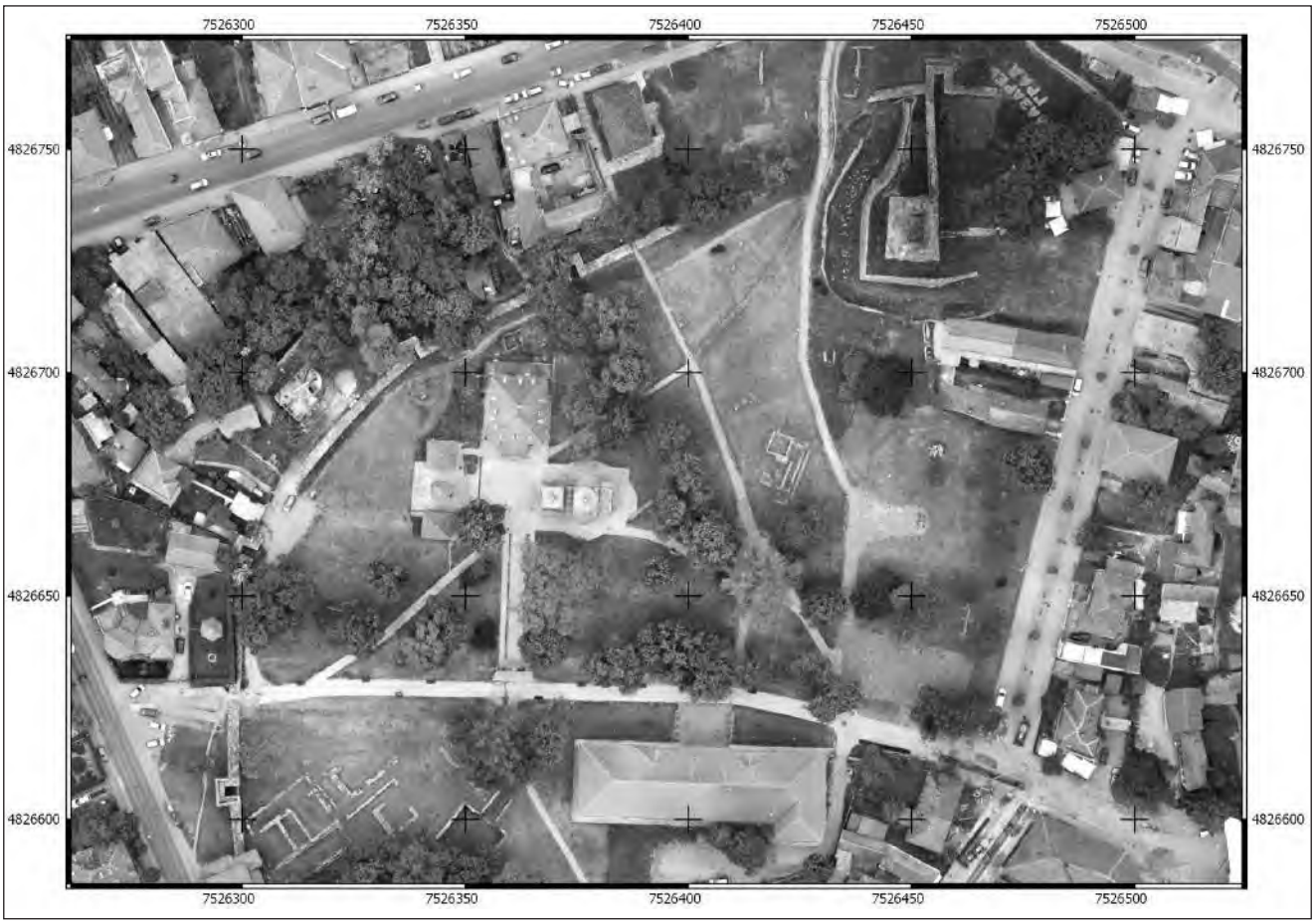
Ситуациони план локалитета израђен је применом аерофотограметрије. Површина од приближно 200 x 300 m или 6 ha, коју је требало снимити, фотографисана је коришћењем беспилотне летелице. На терену су тоталном станицом измерене координате, тј. просторне вредности референтних тачака, захваљујући којима су касније све остале снимљене тачке постављене у државни координатни систем Србије (сл. 3). Резултат је био фото-реалистични тродимензионални модел са могућношћу

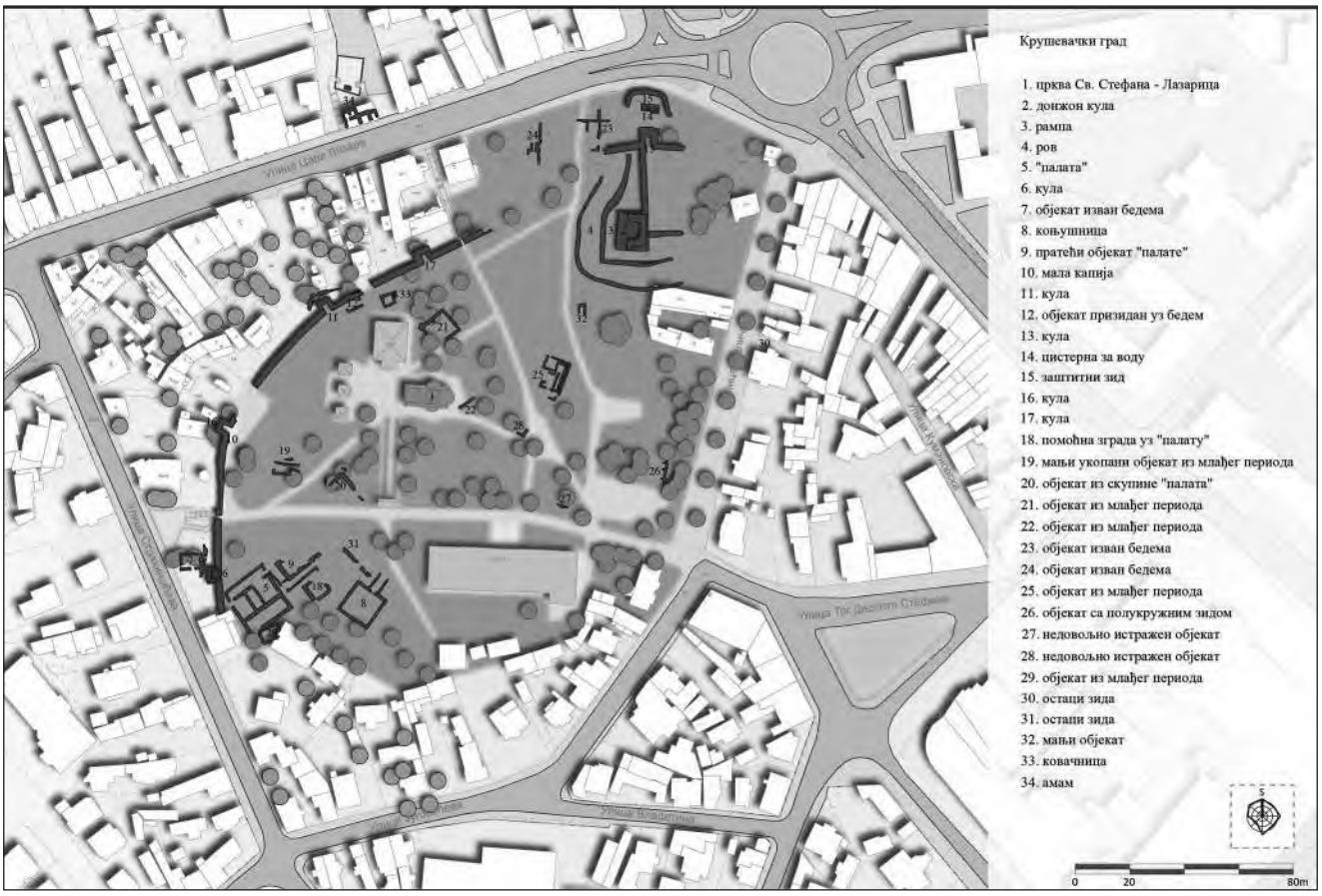
3. Фотореалистични тродимензионални модел са контролним тачкама

3. Photo-realistic three-dimensional model with control points

ротирања за 360 степени (сл. 3). Најпре је помоћу тродимензионалног модела израђена георефернцирана ортофотографија (сл. 4) и дигитални елевациони модел терена. Ови подаци су после тога постављени у географски информациони систем, на основу чега је исцртан ситуациони план локалитета (сл. 5). Тамо где је видљивост објеката била смањена услед велике и густе вегетације, георефернцирани су старији археолошки планови[15] и извршена су додатна мерења тоталном станицом на терену, што је у великој мери помогло архитектама и археолозима у даљем организовању стратегије рада током конзерваторско-рестаураторских радова и археолошких ископавања. На израђеном плану Крушевачког града било је могуће издвојити и дефинисати одређене археолошке целине. Прецизно је позиционирaн и катастарски план града Крушевца, што је омогућило јасније уочавање бесправне градње, која угрожава и потпуно нарушава интегритет овог споменика. Захваљујући дигиталном елевационом моделу убаченом у ГИС, направљени су растерски прикази терена, на којима су надморске висине представљене различитим палетама боја у зависности од њихових вредности (сл. 6), као и прецизни пресеци терена. Поред тога, веома корисна била је и метода класификације облака тачака насталих фотограметријским путем. Користећи ову методу, успели смо да раздвојимо тачке у две групе. Прва група подразумевала је тло, док су у другу групу сврстани вегетација и архитектонски остаци на терену (сл. 7). Издвајањем тачака на овај начин омогућено је

[15] Документација Народног музеја у Крушевцу.


7526300
7526350
7526400
7526450
7526500
4826750
4826700
4826650
4826600


Крушевачки град
1. црква Св. Стефана - Лазарица
2. донжон кула
3. рампа
4. ров
5. "палата"
6. кула
7. објекат изван бедема
8. коњушница
9. пратећи објекат "палате"
10. мала капија
11. кула
12. објекат призидан уз бедем
13. кула
14. цистерна за воду
15. заштитни зид
16. кула
17. кула
18. помоћна зграда уз "палату"
19. мањи укопани објекат из млађег периода
20. објекат из скупине "палата"
21. објекат из млађег периода
22. објекат из млађег периода
23. објекат изван бедема
24. објекат изван бедема
25. објекат из млађег периода
26. објекат са полукружним зидом
27. недовољно истражен објекат
28. недовољно истражен објекат
29. објекат из млађег периода
30. остаци зида
31. остаци зида
32. мањи објекат
33. ковачница
34. амам
0
20
80m

←
4. Ортофотографија локалитета Крушевачки град

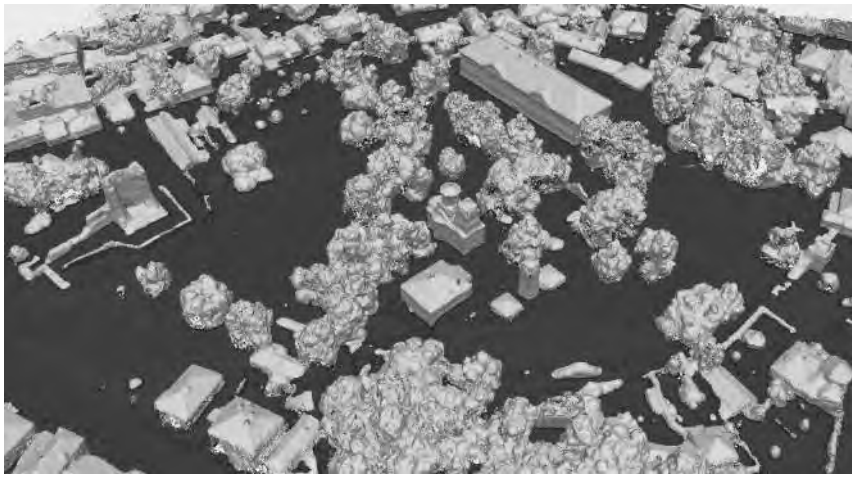
4. Orthography of the site of Kruševački grad

←
5. Ситуациони план локалитета Крушевачки град

5. General layout of the site of Kruševački grad

6. Дигитални елевациони модел локалитета Крушевачки град

6. Digital elevation model of the site of Kruševački grad



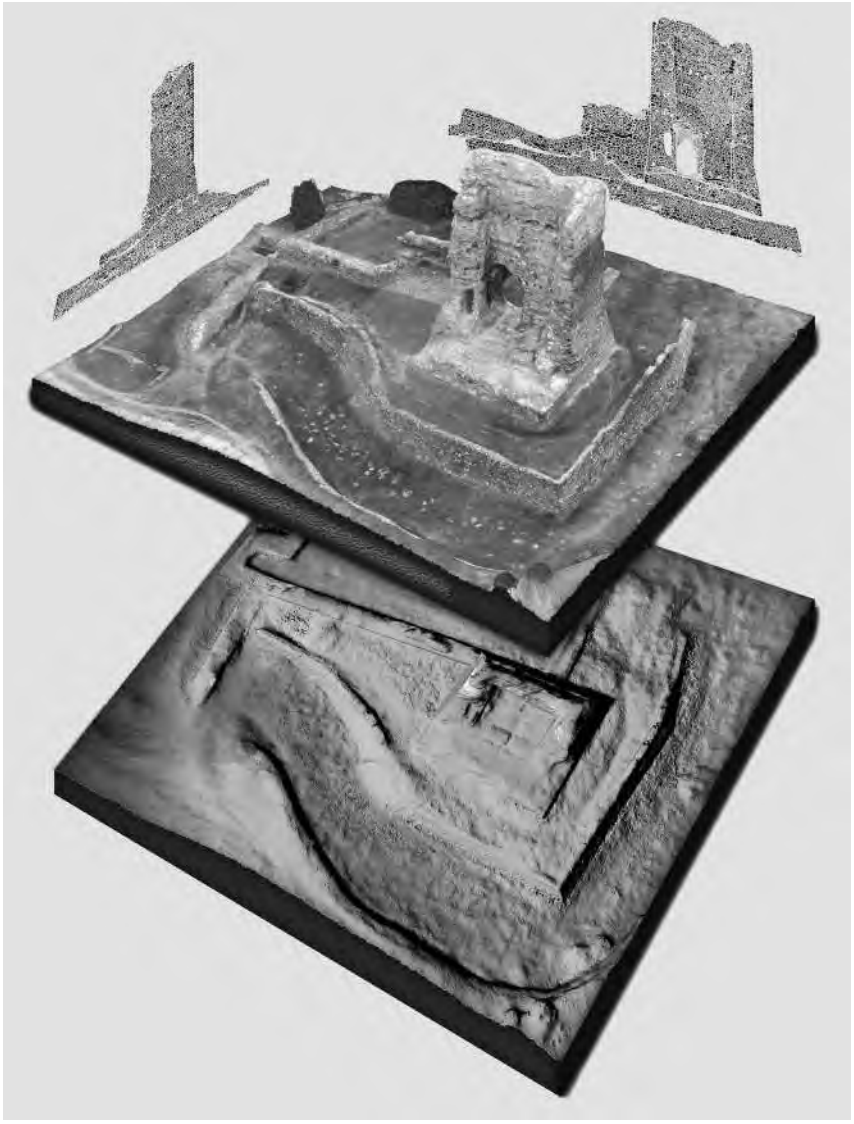
7. Класификација облака тачака насталих фотограметријским путем

7. Classification of the cloud of dots created in the photogrammetric way

јасније сагледавање топографије терена и израда мапе са изохипсама.

Подаци добијени фотограметријом Крушевачког града чине одличну основу за креирање јединствене базе података за овај локалитет, израду детаљнијих планова и њихову анализу. База ће у наредним фазама истраживања бити допуњавана подацима са терена, што је врло корисно за праћење будућих конзерваторско-рестаураторских и археолошких радова. Израђени ситуациони план је дао реалну слику стања на терену у мају 2018. године, употпунио старе, мање прецизне планове и постао основа за даља истраживања утврђења и његове околине.

Поред добијања тродимензионалних модела, ортофотографија и дигиталних елевационих модела, примена дигиталне фотограметрије омогућила нам је и израду техничких цртежа основа и изгледа зидова кула и бедема града. Овај начин документовања најрепрезентативнији је на примерима донжон куле на простору Малог града и куле 6 на западном бедему Великог града. На поменутим објектима рађени су конзерваторско-рестаураторски радови шездесетих и седамдесетих година прошлог

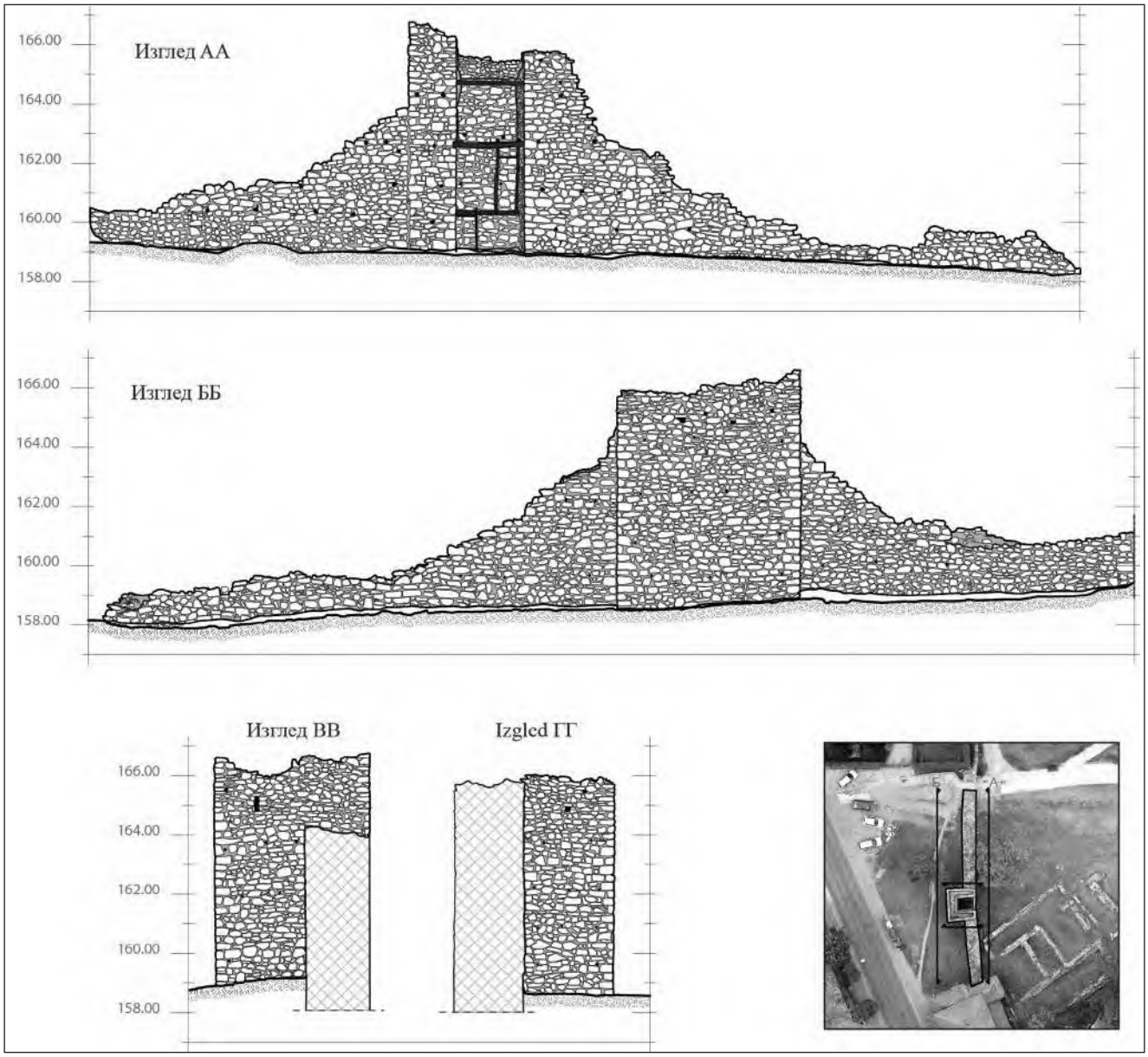


8. Донжон кула. Резултати добијени применом дигиталне фотограметрије: тродимензионални фотограметријски модел, дигитални елевациони модел терена и технички цртежи изгледи зидова

8. The keep. The results obtained by applying digital photogrammetry: The three-dimensional photogrammetric model, digital elevation model of the terrain and the technical drawings of the appearance of the walls

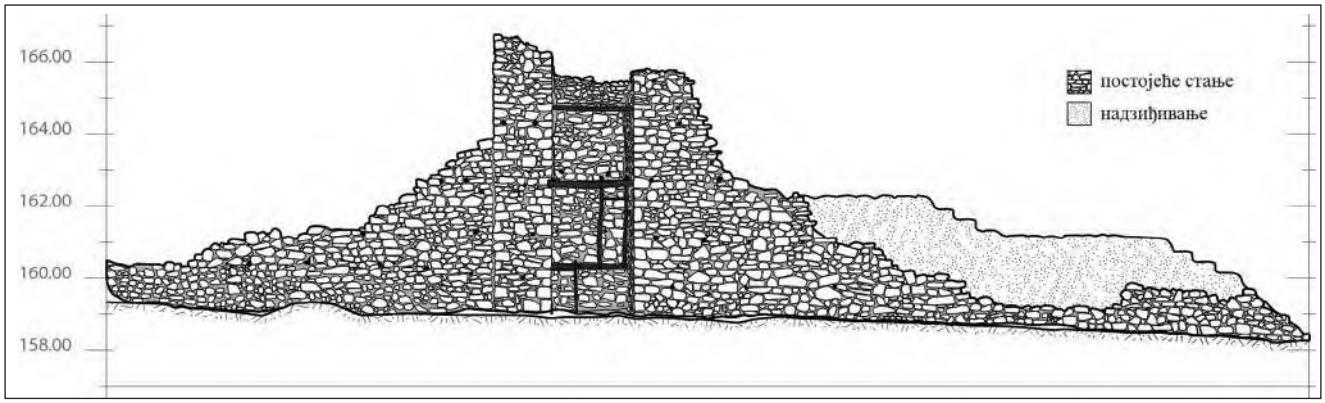
века. Данас, у време израде ове документације, стање кула и бедема је прилично угрожено и јасно је видљива деградација и пропадање круна зидова и дрвених греда са степеништем. Из ових разлога, била је неопходна детаљна израда документације тренутног стања остатака ових објеката, која је умногоме олакшала планирање и извођење конзерваторско-рестаураторских радова. Донжон кула налази се у североисточном делу комплекса и са бедемима, који се од ње под правим углом пружају ка северу и истоку, припада простору Малог града. Њене димензије су 13,9 x 12,3 m, са висином од 17,6 m. Састојала се од приземља и четири спрата. Споља, на свим странама налазиле су се ескарпе. На бедему, који се од куле пружа ка северу, очувани су остаци шетне стазе и грудобрана, који је био окренут ка Великом граду. Осим тога, на западној и јужној страни ка Великом граду, Мали град је био брањен сувим ровом и широком рампом.[16] Кула 6 налази се у западном делу Великог града. Димензије ове куле су 6,2 x 5,2 m, са висином од 7,8 m. Јужно и северно од ње се пружа траса бедема. Са обе стране бедем је јасно дефинисан и ниско очуван. На северном краку он је пресечен главном пешачком комуникацијом кроз археолошки комплекс у ширини од 1,5 m,

[16] Симић 2010: 105; Ковачевић 1980: 137–142; Јордовић, Јуришић 1970: 295–299.



9. Техничка документација куле 6 настала применом дигиталне фотограметрије и географских информационих система

9. Technical documentation of tower 6 created through the application of digital photogrammetry and geographic information systems



10. Технички цртеж употребљен за планирање конзерваторско-реставраторских радова

10. Technical drawing used for planning conservation and restoration works

док се на јужној страни завршава на једанаестом метру од куле, где је пресечен модерном грађевином.

За потребе пројекта израђен је прецизан фотограметријски тродимензионални модел, ортофотографије и дигитални елевациони модели поменутих кула (сл. 8). За разлику од ситуационог плана, поред снимака из птичје перспективе, за ову потребу израђене су ортофотографије изгледа чеоних и бочних зидова кула. На основу њих исцртани су прецизни технички цртежи (сл. 9), помоћу којих су даље планирани и изведени конзерваторско-рестаураторски радови (сл. 10).

ЗАКЉУЧАК

Примена савремених метода у изради техничке документације културног наслеђа у Србији још увек није у потпуности заживела, иако се последњих година њихова употреба приметно интензивирала.[17] У циљу израде документације за пројекат *Конзерваторско-рестаураторски радови са археолошким истраживањима средњовековног Крушевачког града* намера нам је била да истовремено укажемо и на важност и потребу укључивања савремених дигиталних технологија у истраживања и заштиту културног наслеђа.

Савременим дигиталним методама, применом фотограметрије и геоинформационих система, снимљено је тренутно стање средњовековног Крушевачког града и припремљена је пројектна документација за даље конзерваторско-рестаураторске радове. Током израде документације добијени су значајни резултати који потврђују и истичу важност и потребу укључивања поменутих метода у документовање културног наслеђа. Важан резултат на примеру Крушевачког града је израда дигиталних техничких цртежа (ситуациони планови, основа објеката, изгледа зидова и профила) путем фотограметрије. На овај начин добијени су прецизни висококвалитетни резултати, уштедело се на времену, а успостављена је и база података за предстојеће конзерваторско-рестаураторске радове и археолошка истраживања. Такође је употпуњена и стандардна постојећа документација са ранијих истраживања Крушевачког града. Фотограметријским процесом израђени су и тродимензионални модел и виртуелни простор града и његове непосредне околине. Велика предност ових модела је та што се њима можемо враћати касније и тако употпуњавати и разматрати одређена тумачења.

Овако припремљена грађа представља важан помак у начину документовања и презентацији културног наслеђа. Добијени резултати чине основу за креирање базе података у географским информационим системима, која се касније може допуњивати различитим просторним подацима. На примеру Крушевачког града, метода дигиталне фотограметрије у комбинацији са географским информационим системима дала је одличне резултате, па сматрамо да је важно и потребно укључити овакав савремени приступ као обавезан и саставни метод у документацији културног наслеђа.

[17] Иванишевић, Бугарски 2015; Иванишевић, Бугарски, Булатовић 2015; Иванишевић, Бугарски, Стаменковић 2016; Иванишевић, Стаменковић, Јовановић 2017.

Литература:

Иванишевић В., Бугарски И., Стаменковић А. 2016, *Нова сазнања о урбанизму Царичиног града. Примена савремених метода просјекције и детекције*, Старинар LXVI, 143–160.

Иванишевић В., Бугарски И. 2015, *Дигитална фотограметријска снимања античких и средњовековних локалитета у Србији*, Саопштења XLVII, 165–180.

Иванишевић В., Стаменковић А., Јовановић С. 2017, *Примена дигиталне археологије у заштитним истраживањима: пример Мале Копашнице*, Саопштења XLIX, 229–249.

Иванишевић В., Бугарски И., Булатовић А. 2015, *Фотограметријско снимање локалитета Бубањ*, Гласник Друштва конзерватора Србије 39, 53–56.

Јуришић А., Јордовић Ч. 1970, *Резултати археолошких истраживачких радова у Крушевцу*, Саопштења IX, 289–306.

Ковачевић М. 1980, *Профана архитектура средњовековног Крушевца, резултати досадашњих истраживања*, Старинар XXX, 13–28.

Ковачевић М. 1967, *Средњовековна тврђава Крушевац*, Старинар XVII за 1966, 137–142.

Поповић М. 1989, *Утврђења Моравске Србије*, Свети кнез Лазар: споменица о шестој стогодишњици Косовског боја 1389–1989, Свети архијерски синод Српске православне цркве, Београд, 71–87.

Симић Г. 2010, *Донжон куле у фортификацији средњовековних градова*, Београд.

*

Burrough P. A., McDonnell R. A. 1988, *Principles of Geographic Information Systems*, Oxford.

Evans T. 2005, *Digital Archaeology: Bridging Method and Theory*, Routledge.

Historic England 2017, *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage. Guidance for Good Practise*, Swindon, Historic England.

Jurišić A., Jordović Č. 1962, *Lazarev grad, Kruševac – Srednjovekovni grad*, Arheološki pregled 4, 248–253.

Kjellman E. 2012, *From 2D to 3D – A photogrammetric revolution in archaeology?*, Master's Thesis in Arcaheology, Faculty of Humanities, Social Sciences and Education, Department of Arcaheology and Social Anthropology, University of Tromso.

Kraus K. 1987, *Fotogrametrija, Knj. 1: Osnove i standardni postupci sa prilozima od prof. dr. Peter Waldhausla*, Beograd.

Marić M. 2011, *Primena geografskih informacionih sistema u arheološkoj terenskoj dokumentaciji*, Beograd.

Matsumoto K., Ono I. 2009, *Improvements of archaeological excavation efficiency using 3D photography and Total Stations*, 22nd CIPA Symposium, Tokyo, 11–15.

Matthews N. A. 2008, *Aerial and Close – Range Photogrammetric Technology: Providing Resource Documentation, Interpretation and Preservation*, Technical Note 428, U. S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, Colorado.

Wheatley D., Gillings M. 2002, *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Application of GIS*, London.

Aleksandar Z. Stamenković, Milica S. Tomić

APPLICATION OF DIGITAL PHOTOGRAMMETRY IN THE DOCUMENTING OF CULTURAL HERITAGE USING THE EXAMPLE OF MEDIEVAL *KRUŠEVAČKI GRAD*

In 2018, within the scope of the cooperation between the Republic Institute for the Protection of Cultural Monuments of Serbia and the National Museum in Kruševac, a project was started on the conservation and restoration works together with archaeological surveying of medieval *Kruševački grad* (Kruševac town). The site is situated in the very centre of Kruševac within the "Lazarev grad" Archaeological Park. The site includes a fortification that has the shape of an irregular ellipse, with approximate dimensions of 200 x 300 metres, within which there are two ensembles – *Mali grad* (Small Town) and *Veliki grad* (Big Town). In the central section of the site, at a somewhat higher ground, there is the Church of St Stephen – Lazarica. The medieval horizon of the town is dated back to the 14th–15th century, while the confirmed remains from the Turkish-Austrian period go back to the time between the 16th and the 18th century. As the former capital of Moravian Serbia, medieval Kruševački grad belongs to the category of immobile cultural properties of exceptional importance for our country.

For the needs of this project, it has been planned to prepare documentation that would enable planning, organising and carrying out conservation works, along with archaeological surveying of the appropriate scope and character, all in line with the dynamics of the implementation of the project itself.

The town's fortification and its direct surroundings, together with the visible archaeological structures, were digitally documented which enabled fast and good quality preparation of the technical documentation for the needs of the conservation-restoration and archaeological works stipulated by the project. Such approach first included measuring with a total station, taking photos, preparation of a photogrammetric model (fig. 1), orthophotographs (fig. 4) and digital elevation models (fig. 6), on the basis of which precise technical documentation was prepared. The examples of the application of these contemporary digital methods are shown in the paper illustratively through the general layout of the town (fig. 5) and its direct surroundings and through the technical drawings of the ground plans and the appearance of the walls of the keep of *Mali grad* (fig. 8) and tower 6 in *Veliki grad* (fig. 9, 10).

In this way we came to high-quality results, we saved time and also a database was created for future conservation and restoration works, and for archaeological surveys. The obtained results constitute an important step forward in the manner of documenting and presenting cultural heritage. Also, they represent a basis for creating a database in geographic information systems that may be supplemented with different spatial data later on. Using the example of Kruševački grad, the digital photogrammetry method in combination with geographic information systems produced excellent results and therefore it is certainly important and necessary to include such contemporary approach as a mandatory and integral method in the documenting of cultural heritage.