

# РЕКОНСТРУКЦИЈА КУЋЕ „БЕЛА МАЧКА“ У ПИРОТУ ПРИМЕНОМ ФОТОГРАМЕТРИЈЕ

Настасија Д. КОЦИЋ

Ана Ј. МОМЧИЛОВИЋ ПЕТРОНИЈЕВИЋ

Соња М. КРАСИЋ

Јована Г. СТАНКОВИЋ

Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски факултет, Ниш, Србија

<https://doi.org/10.18485/smartart.2022.2.2.ch10>

**Апстракт:** Велики број објеката свакодневно нестаје, без икаквих белешки о њиховом постојању. Неки од њих су, на жалост, и они који поседују одређени културолошки, историјски, архитектонски или други значај. У погледу заштите и очувања културног наслеђа веома је важно овакве објекте најпре препознати, а затим и покушати их сачувати од заборавља.

Данас се, између осталог, применом технологије на различите начине може оживети некадашњи дух објеката, просторних целина, па и читавих градова. Виртуелна 3Д реконструкција је најбољи вид обнове изгубљених просторних података. Један од начина њеног добијања јесте фотограметрија. То је метода помоћу које се добијају подаци тродимензионалне структуре, користећи се дводимензионалним фотографијама. Помоћу фотографија и познавањем барем једне величине могу се одредити димензије и облик објекта на основу чега се формирају ортогоналне пројекције и 3Д модел објекта.

Значајне споменичне вредности имали су бројни стамбени објекти широм Србије. Зграда „Бела Мачка“ у Пироту категорисана је као споменик културе великог значаја. Једна од најстаријих кућа старог Пирота није адекватно одржавана, због чега је данас скоро потпуно руинирана. Тема рада је дигитална реконструкција овог објекта. За дигиталну реконструкцију објекта „Бела Мачка“ у Пироту у раду биће коришћена стара фотографија, као и постојеће стање – димензије које се могу измерити на очуваним деловима зграде. Помоћу њих ће бити извршена фотограметрија чији ће резултат бити 3Д модел куће и израда дигиталне техничке документације. Циљ овог истраживања је истицање значаја културних споменика којих у Србији има много, подизање свести о заштити градитељског наслеђа и подстицање рестаурације оваквих објеката.

**Кључне речи:** фотограметрија, реконструкција, заштита културног наслеђа, Пирот, зграда „Бела мачка“

## УВОД

Култура и културно наслеђе имају веома важну улогу у развоју како појединаца тако и читавог народа. Осим пружања културног, естетског и духовног задовољства, култура и културно наслеђе могу бити од интереса и у економском смислу. За преношење културног и градитељског наслеђа наредним генерацијама значајну улогу има документација која је веома осетљива.<sup>1</sup> Многи истраживачи данас истражују различите методе за документовање, управљање и одржавање културног наслеђа.<sup>2</sup> Обнова изгубљених просторних података је, између осталог, могућа и кроз виртуелну 3Д реконструкцију. Применом технологије, данас се само на основу старих фотографија неког објекта или локалитета, могу добити информације о њиховим димензијама и положају у простору.

Објекти и споменици који су током времена изгубили своју намену имаће знатно краћи век трајања. Применом техничких мера заштите, на различите начине се може осигурати њихова егзистенција, али она ће бити знатно дужа уколико јој се врати стара намена или додели нова. Коришћење историјских споменика је могуће само под условом да се њихова споменичка својства ни на који начин не угрожавају. Због тога процес ревитализације, односно коришћење споменика у савремене сврхе није нимало једноставан ни лак посао.<sup>3</sup>

Култура и туризам су међусобно зависне и веома значајне компоненте сваке државе. Култура све више постаје главни разлог туристичких путовања. Културни туризам може допринети заштити културних традиција и очувању културног наслеђа. Историјски остаци у виду грађевина, споменика, археолошких налазишта, циљна су група туриста којима је култура примарни разлог путовања.<sup>4</sup> Развој туризма се у многим земљама Европе темељи управо на богатом културном наслеђу, али се тек последњих деценија активно ради на његовој промоцији и развоју. Културни туризам је могуће развијати и у многим српским градовима.

На перцепцију и развој културе у великој мери утиче технолошки напредак који мења начин на који се информације стварају и преносе и омогућава учешће јавности, како у процесима који се односе на културу, тако и на документовање самих споменика.<sup>5</sup> Дигитализација документације објеката културног наслеђа може олакшати приступ културном наслеђу и подстаћи његово учешће у култури и образовању.

Србија је земља са богатим културним и историјским наслеђем и традицијама које се вековима одржавају у животу. Због тога је обавеза наше генерације да значајне објекте најпре препозна, а затим покуша да их сачува од заборавља.

У градским срединама као што је Пирот неопходно је обезбедити надзор културног наслеђа, извршити мапирање урбанистичке и просторно-планске документације, и спречити даље пропадање и нестајање значајних историјских обје-

---

1 H. M. Yilmaz et al, "Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage", *Journal of Cultural Heritage*, 8, 2007, 428

2 A. Tobiasz et al, "Review of Methods for Documentation, Management, and Sustainability of Cultural Heritage. Case Study: Museum of King Jan III's Palace at Wilanów", *Sustainability*, 11, 2019, 29

3 С. Ненадовић, *Заштитиља грађитељској наслеђа*, Београд, 1980, 146–150

4 T. Pančić Kombol, „Kulturno nasleđe i turizam”, *Radovi Zavoda za znanstveni rad HAZU Varaždin*, 16–17, 2006, 212

5 A. Tobiasz et al, "Review of Methods for Documentation, Management, and Sustainability of Cultural Heritage. Case Study: Museum of King Jan III's Palace at Wilanów", *Sustainability*, 11, 2019, 1

ката и локалитета. Најугроженије сегменте споменичког фонда Пирота чине Пиротска тврђава, староварошка архитектура и касноантички локалитети.<sup>6</sup>

Објекат „Бела Мачка” је стамбени објекат у Пироту који је у периоду када је настао био репрезентативан пример занатског и трговачког Пирота, и као такав је веома важан за историју староварошке архитектуре. Нажалост, зуб времена и неадекватно одржавање су учинили своје, те је објекат данас у веома лошем стању. У овом раду метода фотограметрије ће се користити за израду модела објекта користећи програме „SketchUp” и „3ds Max”.

Циљ ове студије је истицање значаја заштите и одржавања, као и израда дигиталне техничке документације објекта културног наслеђа, зграде „Бела Мачка”, у циљу реконструкције и евентуалне ревитализације зграде у музеј пиротских ћилима, што би допринело социјалном, културном и туристичком просперитету града Пирота.

## КУЛТУРНО НАСЛЕЂЕ И ЊЕГОВ ЗНАЧАЈ

Велики број објеката градитељског наслеђа широм света – објекти и споменици од историјског, архитектонског, културолошког или другог значаја – треба да буду сачувани за будуће генерације. Они чине идентитет једне државе, једног народа, или имају ширу вредност, за читаво човечанство. Споменици културе су сведочанство људске историје и протеклог времена. Они пружају податке о времену свог настанка и постојања.<sup>7</sup>

Културно наслеђе је одувек било важан део српског идентитета. Смештена на раскрсници главних балканских путева, Србија је имала веома бурну прошлост из које је проистекло значајно културно богатство. Сви народи који су боравили или бораве на тлу Србије уткали су нешто своје у српску културну баштину, чинећи је још вреднијом. Међу остацима цивилизација старих десетинама векова налазе се трагови народа који су живели на овим просторима пре много хиљада година.

У централном регистру, који се води при Републичком заводу за заштиту споменика културе, тренутно је уписано 2596 непокретних културних добара, од тога 2236 споменика културе, 87 просторно културно-историјских целина, 194 археолошка налазишта и 79 знаменитих места. Категорисаних непокретних културних добара има 782 од чега 200 од изузетног значаја, а 582 од великог значаја. Међу непокретним културним добрима од изузетног значаја налази се 155 споменика културе, 11 просторно културно-историјских целина, 18 археолошких налазишта и 16 знаменитих места, а међу непокретним културним добрима од великог значаја 512 споменика културе, 28 просторно културно-историјских целина, 25 археолошких налазишта и 17 знаменитих места.<sup>8</sup>

Овако велики број препознатих, евидентираних и проглашених непокретних културних добара говори у прилог богатству културне баштине Србије. Њихова

6 Е. Васић Петровић, „Средњовековна тврђава и староварошка архитектура у оквиру савременог Пирота”, на: *Регионалној конференцији о интелектуалној заштити, Бања Лука*, Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа Републике Српске, 2010, 312

7 А. Момчиловић-Петронијевић, М. Васић and М. Цветковић, “Documentation of historical objects as an aspect of architectural education”, in: *Proceedings of 6th International conference contemporary achievements in Civil Engineering, Subotica*, eds. М. Belešević et al., Subotica, 2018, 506

8 Доступно на: [http://heritage.gov.rs/latinica/nepokretna\\_kulturna\\_dobra.php](http://heritage.gov.rs/latinica/nepokretna_kulturna_dobra.php) [приступљено 04.05.2021. године]

разноликост је показатељ историјских промена које су се током времена дешавале. Очување споменичког фонда је веома важно, како би се будућим генерацијама пренела искуства прошлости, зарад разумевања исте.

Српско културно наслеђе је специфичан спој више различитих традиција: словенске, византијске, старобалканске и других. Културна баштина Србије, дакле, обухвата материјална и нематеријална добра из различитих периода историје, уз свест о повезаности са достигнућима других народа са којима је била у контакту, као и са културном баштином националних мањина које данас живе у Србији.

Неки сегменти културног наслеђа су подложнији пропадању. Било да се ради о неадекватним условима чувања, неодржавању или природи материјала коришћених при изради – чињеница је да изврстан део културне баштине неумитно нестаје. Наше природно и културно наслеђе константно је угрожено климатским променама, природним катастрофама и деловањем човека. Трајно бележење у дигиталном облику значајних објеката, споменика и локалитета омогућава преношење информација о њима будућим генерацијама.<sup>9</sup>

Најстрашније последице оставили су ратови, који су, уз велике људске жртве, однели и многобројна материјална и духовна добра, непроцењиве градитељске и уметничке вредности. Пропадање грађевина може проузроковати и небрига у одржавању или непримерено коришћење. Веома честа појава је запуштеност културних добара. Дотрајале конструкције често узрокују урушавање зграда доводећи у опасност њихове станаре или пролазнике. Веома чести узрок скрнављења историјских грађевина је неконтролисана градња: надоградња и преградња на самом објекту или у његовом непосредном окружењу. Чак и архитектонски пројекти, урбанистички и просторни планови могу имати негативан утицај уколико нису на адекватан начин усклађени са историјском целином.<sup>10</sup>

Примена савремених технологија може позитивно утицати на третман наслеђа, тачније допринети његовој заштити и промоцији.<sup>11</sup> Заштиту објекта треба започети пре пропадања, трансформације или било које друге промене. Међутим, како је већ наведено, постоји много разлога, од економских до приватних, због којих велики број објеката остаје без икакве заштите. Због тога су данас широко заступљене методе којима се делимично или потпуно уништени објекти могу ревитализовати, реконструисати или изнова изградити. Такође, глобална веб презентација постала је суштински састојак туристичке понуде градова.<sup>12</sup> Данашње технологије омогућавају стварање врло реалистичних 3Д резултата који се могу користити у различите сврхе, као што је историјска документација, дигитално очување, симулације старења и пропадања, апликације за виртуелну стварност и тако даље.<sup>13</sup>

Дигитално бележење физичких карактеристика историјских споменика и грађевина, алхеолошких налазишта и локалитета, представља темељ њиховог очувања, одржавања и преношења будућим генерацијама.

9 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1104–1106

10 T. Marasović, *Zaštita graditeljskog nasleđa*, Zagreb-Split, 1983, 13–17

11 A. Tobiasz et al, "Review of Methods for Documentation, Management, and Sustainability of Cultural Heritage. Case Study: Museum of King Jan III's Palace at Wilanów", *Sustainability*, 11, 2019, 29

12 S. Krsić and P. Pejić, "Comparative Analysis of Terrestrial Semi-automatic and Automatic Photogrammetry in 3D Modelling Process", *Nexus Network Journal*, vol. 16, 2014, 274

13 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1104–1106

## МЕТОДЕ ЗАШТИТЕ ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЛЕЂА

Споменици културе, просторно културно историјске целине, археолошка налазишта и знаменита места могу данашњем човеку и друштву открити читав низ вредности које произилазе из њихових карактеристика и функција. Целине и објекти градитељског наслеђа могу имати историјску вредност, уметничку, амбијенталну, урбанистичку, вредност старости, изворности, реткости, репрезентативности, могу имати научни значај, културни, култни, привредни и други. Све те вредности су од самог настанка објекта изложене различитим утицајима који их угрожавају. Дуготрајну деградацију градитељског наслеђа изазива деловање природе и времена са једне, и деловање човека са друге стране. Деловање ветра, инсолација, употребљени материјал, избор конструкције, физичке промене (термичке, хидричке, еолске), елементарне непогоде (земљотреси, поплаве, цунамији, пожари) су неки од многобројних узрока деградације. Осим природе, на пропадање културних добара у великој мери утиче и човек. Деградације изазване људским деловањем могу бити свесне, које своје разлоге углавном налазе у верским, политичким и идеолошким разликама. Насупрот томе, бројнији узроци уништења културног наслеђа човек проузрокује својим несвесним деловањем.<sup>14</sup>

До средине XX века схватања о очувању и уређењу градитељског наслеђа су се сводила углавном искључиво на конзервацију. Након Другог светског рата, насупрот том ставу јавља се нови приступ под називом активна заштита. Он подразумева активно учешће не само служби заштите, већ и свих других субјеката у заштити, као и активирање самог градитељског наслеђа у савременом животу. Активна заштита обухвата не само конзерваторске интервенције, већ и интегрални процес вредновања и уређења културне баштине.

Савремени приступ очувању културних добара допушта различите методе интервенција. Конзервација, као метода заштите градитељског наслеђа, подразумева пре свега акције консолидације, односно очувања. Метода адаптације и ревитализације је једна од најефикаснијих начина савремене заштите градитељског наслеђа. Ревитализација је метода којом се мења функција зграде давањем неке намене објектима који су остали без функције, при чему се не сме мењати унутрашњи распоред ни изглед грађевина. Велики број историјских објеката је данас без икакве намене, али сама културна вредност им даје одређени смисао. Најпогоднија примена ревитализације јавља се када је објектима могуће вратити првобитну намену, што је најчешћи случај са напуштеним црквама, старим кућама, објектима инфраструктуре. Чешћи пример ревитализацијске методе је адаптација, односно давање нове намене. При адаптацији је веома важно да нова намена одговара техничким условима, али и архитектонским, амбијенталним и просторним карактеристикама саме грађевине. Реконструкција је поступак обнављања историјских објеката или целина који су потпуно или делимично срушени.<sup>15</sup>

С обзиром на то да живимо у доба виртуелне заједнице, друштвених мрежа, људских аватара, 3Д светова, дигиталних апликација, дигитализација се све чешће примењује и као вид заштите. Дигитални подаци мењају приступ свету, приступ прошлости и стварају знање за будуће генерације.<sup>16</sup> 23

14 T. Marasović, *Zaštita graditeljskog nasleđa*, Zagreb-Split, 1983, 13–17

15 T. Marasović, *Aktivni pristup graditeljskom nasleđu*, Split, 1985, 122–166

16 F. Remondino and S. Campana, *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*, 2014, 115

3Д подаци имају широк спектар даљих примена и висок степен доступности, што даје могућност за нове анализе и проучавања, очувања и дигиталну рестаурацију. Виртуелизација културне баштине има великих предности због технологије даљинског читавања и треће димензије.

Многи истраживачи данас истражују различите методе за документовање, управљање и одржавање културног наслеђа.<sup>17</sup> 4 Развој нових сензора за прикупљање података, 3Д приказ у више резолуција и побољшање постојећих метода значајно доприносе документацији, конзервацији и презентацији података о наслеђу и расту истраживања на пољу културне баштине.<sup>18</sup>

## ДИГИТАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА ГРАДИТЕЉСКОГ НАСЛЕЂА

Историјски објекти, споменици и локалитети пружају нам прилику да визуализујемо догађаје и животе људи из прошлости. Наша обавеза је да их темељно проучимо и сачувамо за будуће генерације. Осим улоге у развоју народа, културно наслеђе има и економску улогу. Сваке године овакви објекти и споменици нестају услед различитих природних и створених утицаја. Због тога је значај дигиталне документације у преношењу културног наслеђа следећим генерацијама све већи.<sup>19</sup>

Дигитализација документације је сложен процес који се састоји од прикупљања, тумачења и производње података. Она заправо представља снимање постојећег стања и околине, прикупљање извештаја, цртежа и фотографија. Документација је неопходна за очување и преношење културног наслеђа, оживљавање старих објеката поновном употребом, добијање тачних података, утврђивање проблема и стицање знања о историји објекта.<sup>20</sup>

Документација садржи димензије, облик и положај објекта или споменика у тродимензионалном простору у одређеном тренутку. Развој дигиталних технологија нуди безброј могућности за прикупљање, анализу и складиштење информација. Дигитални запис о објектима може се користити у циљу повећања знања, промоцију његовог очувања, развоја културног туризма и регионалног развоја.<sup>21</sup>

Нове технологије повећавају квалитет 3Д модела и привлаче људе у 3Д свет. У данашње време дигитална документација културне баштине треба да се састоји од:

- Снимања и обраде 3Д информација
- Управљања и очувања 3Д модела за даљу примену
- Визуелизације и презентације резултата другим корисницима
- Дигиталног инвентара и дељења у образовне, истраживачке, конзерваторске, забавне или туристичке сврхе.<sup>22</sup>

17 A. Tobiasz et al, "Review of Methods for Documentation, Management, and Sustainability of Cultural Heritage. Case Study: Museum of King Jan III's Palace at Wilanów", *Sustainability*, 11, 2019, 1

18 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1127

19 H. M. Yilmaz et al, "Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage", *Journal of Cultural Heritage*, 8, 2007, 428

20 H. M. Yilmaz et al, "Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage", *Journal of Cultural Heritage*, 8, 2007, 429

21 F. Remondino and S. Campana, *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*, 2014, 171.

22 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1104–1138

Технике за документовање објеката и просторних целина крећу се од најједноставнијих ручних метода, до технологија које омогућавају израду 3Д модела и његову виртуелну презентацију.<sup>23</sup> Једна од метода добијања 3Д модела је метода фотограметријског снимања. На основу две фотографије и минимум једне познате димензије на објекту, могуће је одредити све остале димензије објекта.<sup>24</sup>

### ФОТОГРАМЕТРИЈА: САВРЕМЕНА МЕТОДА ДИГИТАЛНОГ ДОКУМЕНТОВАЊА

Фотограметрија је процес помоћу кога се могу добити подаци просторних структура, при чему се користе подаци са дводимензионалних фотографија.<sup>25</sup> Дводимензионални цртежи некада нису довољни за разумевање објекта и његове околине. Визуелне презентације могу се добити помоћу фотограметрије и израдом 3Д модела у различитим програмима. Добијени 3Д модели олакшавају сагледавање и разумевање сложених грађевина.<sup>26</sup>

Фотограметрија се може дефинисати и као метода добијања поузданих информација о објекту, без физичког контакта са њим. Прикупљање података у фотограметрији састоји се из добијања поузданих информација о својствима објекта. Потребне мере добијају се са фотографија, некада без физичког присуства на локацијама, што је у основи најочигледнија разлика од геодетског снимања.<sup>27</sup> То је такође и главна предност фотограметрије, јер омогућава мерење неприступачних и опасних подручја или високих делова објеката. Добијена документација се лако чува на рачунару, може се делити и користити у будућности.

Предност приступа заснованог на фотографијама, поред једноставности, јесте и економичност. Фотографије садрже све информације потребне за реконструкцију, као и тачну и фото-реалистичну документацију. Инструменти који се користе су углавном јефтине, преносиви и једноставни за употребу. Објекат се може реконструисати помоћу архивираних слика чак и ако је нестао или се променио током времена. За овај поступак могу се користити подводни, земаљски, ваздушни или сателитски снимци. Најчешће се користе две слике истог објекта, снимљене из различитих углова. Тако различити релативни положаји објекта омогућавају израду 3Д модела.<sup>28</sup>

С обзиром на то да је фотограметрија инжењерска дисциплина, њен развој је под великим утицајем развоја рачунарства и електронике. Све већа употреба рачунара утиче на проширење примене фотограметрије, тако да је она у сталном стању промена. У зависности од појаве различитих изума: фотографије, авиона, рачунара и електронике, можемо издвојити четири главне фазе у развоју фотограметрије.

23 М. Ђорђевић, „Значај digitalnog dokumentovanja u zaštiti graditeljskog nasleđa”, *Nauka+Praksa*, Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš, v. 12, 2009, 22

24 Р. Пејић et al, “3D virtual modelling of existing objects by terrestrial photogrammetric methods – case study of Barutana”, *Technical Gazette*, Vol.24 No.Supplement 1, 2017, 233

25 *Предавања из њредемѡа Нацрѡна теометрија III*, предавање 13, слајд 13, прир. С. Красић, Ниш, 2012. <http://rc5.gaf.ni.ac.rs/dec/viscom/system/index.php>

26 Н. М. Yilmaz et al, “Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage”, *Journal of Cultural Heritage*, 8, 2007, 429

27 Т. Schenk, *Introduction to Photogrammetry*, The Ohio State University, Columbus 106, 2005.

28 F. Remondino and S. Campana, *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*, 2014, 171.

Изумом фотографије *Daguerre-a* и *Nierse-a* 1839. године, започео је и развој фотограметрије. Прва фаза је била експериментална, са изузетним достигнућима у земаљској и балонској фотограметрији. Друга фаза (аналогна фотограметрија) започела је проналаском стереофотограметрије од стране *Pulfrich-a* 1901. године. Седам година касније, *Orel* је изградио први стереоплотер. Техника снимања из ваздуха је развијена између Првог и Другог светског рата. Трећа фаза (аналитичка фотограметрија) започела је након појаве рачунара. Један од првих фотограметриста који је имао приступ рачунару био је *Schmid*, који је користећи матричну алгебру, педесетих година развио основе фотограметрије. Први програм прилагођавања блокова крајем шездесетих развио је *Brown*. Као резултат, перформансе тачности ваздушне триангулације побољшале су се десет пута. Четврта фаза је дигитална фотограметрија, у којој се уместо ваздушних фотографија користе дигиталне слике.<sup>29</sup>

Фотограметрија проналази своја основна поља примене у картографији и мапирању, прецизном 3Д документовању културне баштине, реверзном инжењерингу, праћењу и анализи деформација структура, анализама људских кретања, индустријским мерењима, урбанистичком планирању, форензици, навигацији, телекомуникацији, итд.<sup>30</sup>

Фотограметрија се сматра једном од најбољих техника за обраду сликовних података, јер је брза и једноставна, а може да пружи тачне, метричке и детаљне 3Д информације.<sup>31</sup> Моделовање на основу фотографије има велики значај на подручјима у којима су улагања у очување, заштиту и снимање објеката грађевинског наслеђа ниска и пропадање објеката често.<sup>32</sup> Примена фотограметрије пожељна је у случају изгубљених предмета, споменика или делимично урушених објеката, јер не захтева директан контакт са објектом и локацијом.

За обраду фотографија данас постоје разна софтверска решења.<sup>33</sup> Један од рачунарских програма који нуди моделовање фотограметријом је „*SketchUp*“. Предности овог програма су многобројне. Једноставан је и лак за употребу, не захтева високу стручност, доступна је бесплатна верзија, прецизан је и реалистичан.<sup>34</sup> Добијени модели се могу користити у архитектонској, грађевинској, машинској индустрији и индустрији филма и игара. „*SketchUp*“ има могућност извоза модела и цртежа у различитим форматима, што омогућава даљу обраду и у другим програмима.<sup>35</sup>

---

29 T. Schenk, *Introduction to Photogrammetry*, The Ohio State University, Columbus 106, 2005.

30 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1104–1138

31 F. Remondino, "Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning", *Remote Sensing*, 3, 2011, 1111

32 V. Stojaković, *Generisanje prostora na osnovu perspektivnih slika i primena u oblasti graditeljskog nasleđa* (doktorska disertacija), Novi Sad, 2011, 55

33 С. Томић и С. Панцић, „Фотограметријско скенирање културно-историјских споменика“, на: *XII међународној конференцији Савремена теорија и пракса у грађевинској науци*, Универзитет у Бањој Луци, Бања Лука, 2016, 341

34 S. Pal Singh et al, "Image based 3D city modeling: Comparative study", in: *ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 – 25 June 2014*, ed. F. Remondino and F. Menna, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL–5, 2014, 542

35 S. Pal Singh et al, "Image Based 3D Modeling of Campus (Department of Civil Engineering, IIT Roorkee, Uttarakhand, India) by Using SketchUp", *International Journal of Advanced Civil Engineering and Architecture Research*, Volume 2, Issue 1, 2013, 70



Тродимензионално моделовање је процес који започиње прикупљањем података о датом објекту, а завршава се виртуелним моделом приказаним на рачунару. Дигитални 3Д модели имају широку примену у навигацији, идентификацији објеката, визуализацији и анимацији. Последњих година, моделовање је постало основни и веома важан корак за дигитално архивирање културне баштине. Осим очувања у случају оштећења или губитка, овај вид документације може развити виртуелни туризам, може представљати образовне ресурсе и омогућити интеракцију корисника и објекта без ризика од оштећења. То захтева високу геометријску прецизност, фотореалистичне резултате, моделовање до детаља, као и аутоматизацију, ниску цену, преносивост и флексибилност. Дигитални модели су данас присутни свуда, њихова употреба постаје веома популарна путем интернета, и могу се приказати на јефтиним рачунарима. Иако стварање 3Д модела може изгледати једноставно, израда прецизног и фото-реалистичног модела сложеног објекта и даље захтева знатан напор.

3Д модел треба визуализовати у сврху комуникације са посматрачем и презентације. Визуелизација 3Д модела често је једини производ који долази у контакт са спољним светом. Виртуелна реконструкција смањује дистанцу између садашњости и прошлости. Стога је за дигиталну реконструкцију прошлости често потребна реалистична и тачна визуелизација.<sup>36</sup>

### СТУДИЈА СЛУЧАЈА ОБЈЕКТА „БЕЛА МАЧКА“ У ПИРОТУ

Староварошка архитектура је готово потпуно нестала из свих градова Србије. Проблем њеног очувања лежи пре свега у недовољном истраживању и вредновању оваквих објеката као културног наслеђа. У граду Пироту ови објекти су константно били на удару различитих урбанистичких и градитељских подухвата. У XIX веку, на овим просторима спровођени су први регулациони планови. Након тога, крајем XIX и почетком XX века, извршени су велики градитељски подухвати, а по завршетку Другог светског рата долази до потпуне трансформације градског језгра. Тако је велики број историјски значајних објеката неповратно нестало. Ови проблеми истичу значај просторно-планске и урбанистичке документације.<sup>37</sup>

Градитељско наслеђе је суочено и са опасношћу од пропадања услед градитељских интервенција на самим објектима или у њиховој непосредној околини. Недовољна свест јавности о њиховом значају резултује запуштањем, неодржавањем и пропадањем.

У периоду од 2004. до 2008. године извршена је ревалоризација културног наслеђа Пирота. Године 2004. започет је Пројекат ревитализације Пиротске тврђаве и њеног непосредног окружења, чији је носилац Завод за заштиту споменика културе Ниш. Велики део предложених мера уграђен је у План детаљне регулације „Кале“ 2007. године. У наредним годинама уследили су конзерваторско-рестаураторски радови на Пиротској тврђави. За Комплекс староварошке архитектуре у подграђу Пиротске тврђаве урађен је идејни урбанистички пројекат.<sup>38</sup>

36 F. Remondino and S. Campana, *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*, 2014, 72

37 Е. Васић Петровић, „Средњовековна тврђава и староварошка архитектура у оквирима савременог Пирота”, на: *Регионалној конференцији о интелектуалној заштити, Бања Лука*, Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа Републике Српске, 2010, 312

38 Е. Васић Петровић, „Презентација Пиротске тврђаве модерним технологијама и формирање изложбених поставки у Горњем граду”, *Пиротски зборник*, 45, 2020, 205

Објекти староварошке архитектуре у Пироту играју важну улогу у свом окружењу, претварајући његову стамбену архитектуру у симбол идентитета и доказ о начину живота у прошлости.<sup>39</sup> Такви објекти који су преживели до данашњих дана и уживају статус споменика културе су Кућа Христића, Комплекс Бела Мачка и Кућа Стојана Божиловића Белог.

Заштита архитектонских објеката је сложен процес због тога што су ови објекти често и даље у употреби.<sup>40</sup> Циљ реконструкције и евентуалне ревитализације објекта „Бела Мачка“ јесте његово очување као споменика од великог значаја за староварошку архитектуру Србије и укључивање у савремен живот давањем нове намене која би га оживела кроз туризам. Његовим преуређењем у музеј ћилима, град Пирот би био на добром путу повратка свог значаја.

Стамбени објекат „Бела Мачка“ налази се у центру Пирота и убрја се међу 512 регистрованих непокретних културних добара у Србији. Године 1967. проглашен је културним добром, а од 23. 12. 1982. године носи статус споменика културе од великог значаја. Једна од најстаријих кућа старог Пирота, коју је зуб времена давно начео, данас је скоро потпуно руинирана, оставивши костур као оличење староварошке архитектуре занатског и трговачког Пирота (сл. 1а). Због неспоразума са потомцима власника, права заштита објекта никада није реализована.

Објекат је изграђен 1859. године, и назив је добио по надимку претка данашњег власника. Назив се односи на 3 објекта у улици Душана Танкосића број 9, а приписан је најистакнутијем објекту. На време подизања објекта указује година урезана на квадратној опеци у поду једне просторије. Година 1848. могла би да се односи на једну од друге две зграде у дворишту.

Главна зграда – конак се састоји од подрума који је плитко укопан и спратног дела који је испуштен тако да формира накнадно преграђен и затворен трем са три стране подрума. На спрату је средишња просторија у којој је зидано огњиште и угаони чардак накнадно затворен стакленим окнима, преко којег је остварена веза са приземљем. Централна спратна просторија дели гостинску собу и собу са иконлуком са једне стране од три просторије са друге стране, међу којима је највећа са посебним улазом из чардака. Као и у другим стамбеним кућама у том периоду, детаљи ентеријера су дрвени, богато украшени резбарењем и другим методама. Према причама, објекат је изграђен за имућног српског трговца, ради обезбеђивања смештаја турских бегова који су путовали кроз Пирот, што је доказ његовог репрезентативног карактера и улоге конака као гостинске куће.<sup>41</sup>

Средином XIX века, „Бела Мачка“ је била једна од мањег броја модерних зграда. Осим главног објекта, у дворишту су постојале и помоћне зграде, што је реткост, с обзиром на то да су за такву кућу биле неопходне посебне дозволе. Унутрашњост је повезана дрвеним степеницама. Од просторија су присутне и скришница – за сакривање од очију обичног света, затим просторија за жене окренута ка дворишту, да не виде шта се дешава у чаршији, коначиште, штале за коње, плитко укопани подруми за вино и ракију.

39 J. M. Fuentes, „Methodological bases for documenting and reusing vernacular farm architecture”, *Journal of Cultural Heritage*, 11, 2010, 120

40 M. Đorđević, „Značaj digitalnog dokumentovanja u zaštiti graditeljskog nasleđa”, *Nauka+Praksa*, Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš, v. 12, 2009, 22

41 Доступно на: <http://spomenickulture.mi.sanu.ac.rs/spomenik.php?id=786> [приступљено 20.04.2021. године]



Сл. 1а



Сл. 1б



Сл. 2



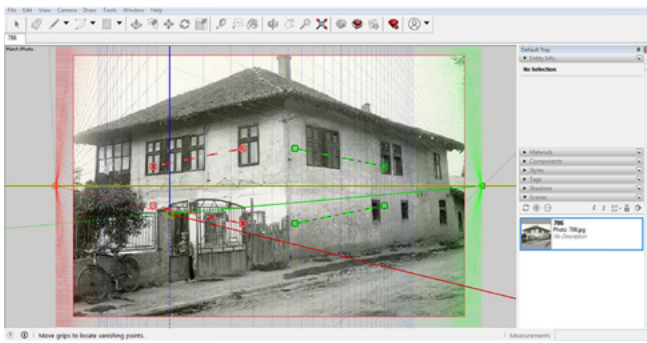
### КРЕИРАЊЕ ЗД МОДЕЛА И ПРЕЗЕНТАЦИЈА

Циљ примене фотограметрије је добијање тродимензионалног модела историјског објекта „Бела Мачка” без физичког присуства локацији и добијање тачних мера за израду техничке документације. За израду ЗД модела коришћена је једна стара фотографија која обухвата северну и источну фасаду (сл. 1б). То је једина фотографија на којој је објекат приказан у првобитном стању. Од осталог броја фотографија из каснијег периода, где је објекат углавном урушен, изабрана је једна која обухвата друге две фасаде (снимак из дијагонално супротног угла) објекта на којој се могу одредити остале димензије. Дужина спољног северног зида (16м) узета је као референца за остале димензије (сл 2).

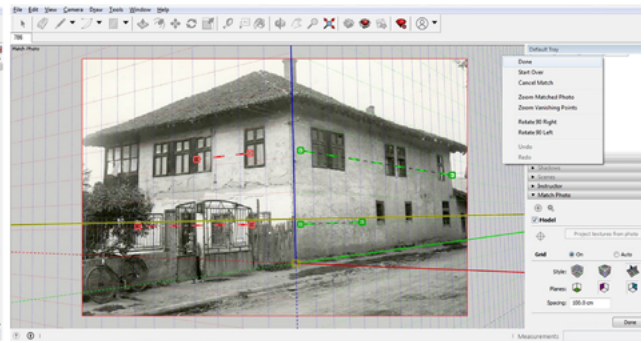
За поступак фотограметрије коришћен је програм “SketchUp”. Након отварања програма, опцијом *File-Import* изабрана је фотографија и означено је поље *Use as New Matched Photo*. Након тога, на импортованој фотографији означени су недогледи  $N_a$ ,  $N_b$  и  $N_c$  за правце  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Линије су означене различитим бојама: црвеном бојом правац  $a$ , зеленом бојом правац  $b$  и плавом правац  $c$  (сл. 3а). Кликом на тачке и њиховим померањем, недогледи и линије се могу преместити и прилагодити. Након подешавања ортогоналних правца  $a$ ,  $b$  и  $c$  десним кликом миша и изабиром *Done*, може се започети цртање делова објекта (сл. 3б).

Прво су нацртане вертикалне фасадне равни зидова  $ac$  и  $bc$  правца помоћу недогледа правца  $a$  и  $b$ . Затим је одређен положај прозора и врата на вертикалним равнима (сл. 4). Прозори су детаљно нацртани са оквиром, поделом и стакленим површинама. На левој страни источне фасаде налази се део затвореног трема израђен од дрвета, који је нацртан.

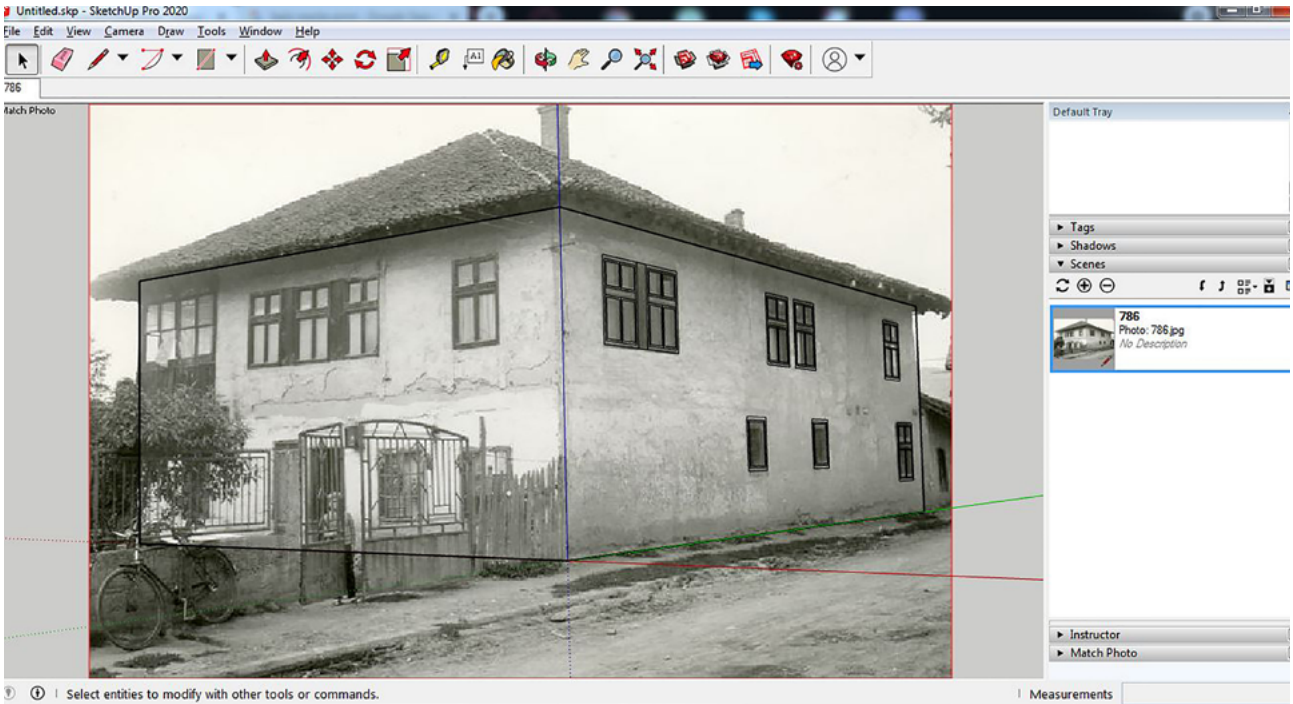
Са старе фотографије моделован је објекат са северне и источне стране. Да би се добио модел објекта са друге стране (друге две фасаде), коришћена је фото-



Сл. 3а



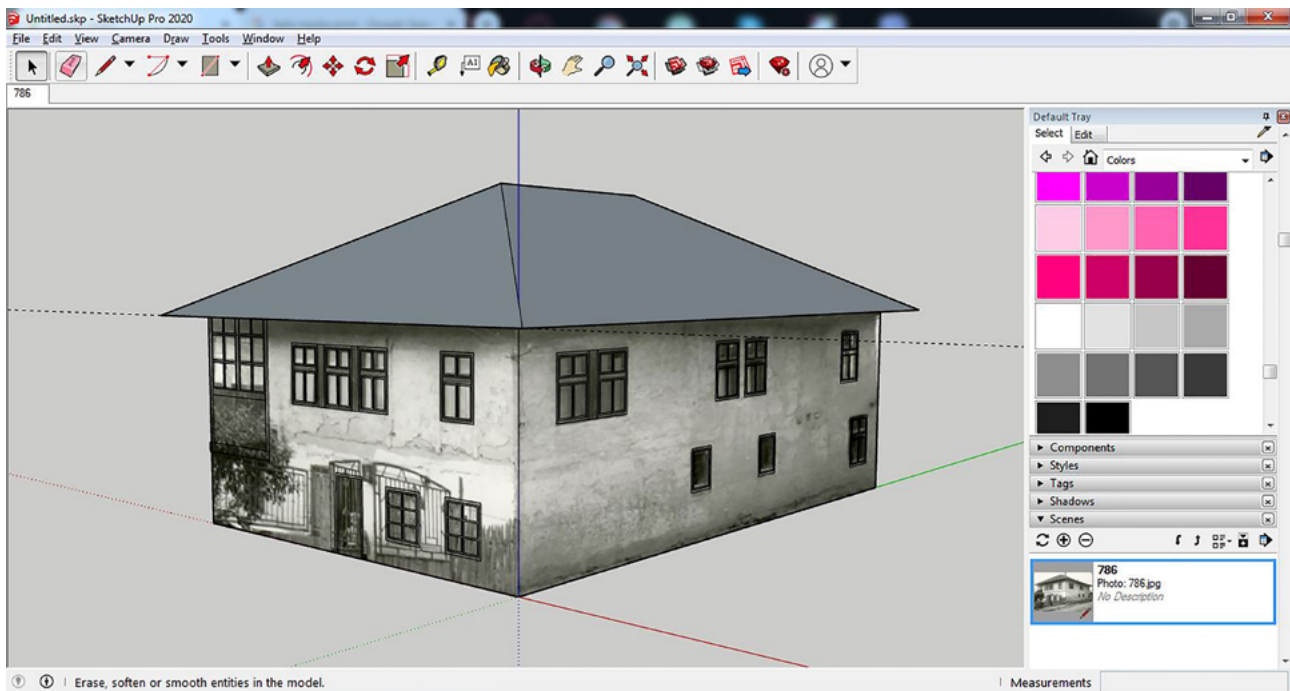
Сл. 3б



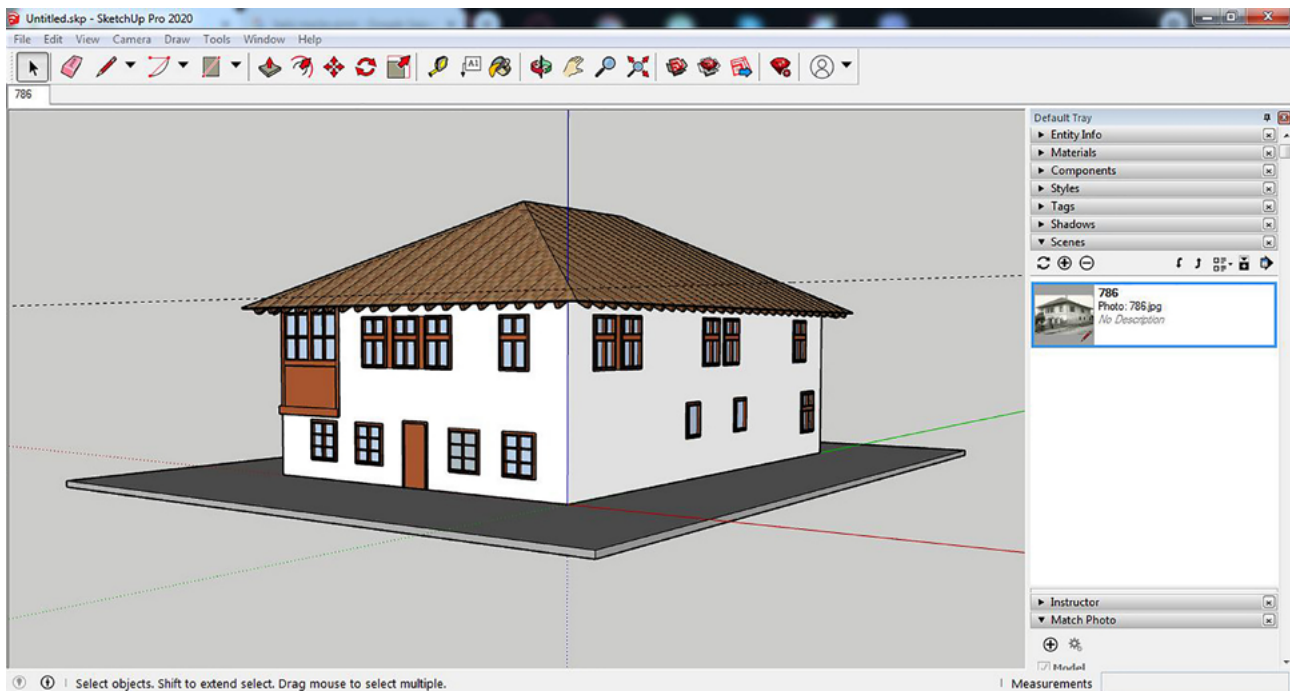
Сл. 4

графија новијег датума, на којој су видљива оштећења на објекту, али је могуће добити потребне димензије. Поновљен је исти поступак и нацртане су јужна и западна фасада. Затим су моделовани кровна конструкције и покривач (сл. 5). Појединачним елементима су додељени различити материјали из библиотеке материјала, чиме је објекат припремљен за даљу обраду (сл. 6). Сачувана датотека .skp заузима само 1,5 MB, што омогућава лако дељење модела на мрежи и представљање свим мрежним корисницима. Модел је постављен у карактеристичне погледе који су увезени као ".dwg" у програм "AutoCAD" где је могуће измерити све димензије и добити дводимензионалне цртеже фасада и основе објекта. Дводимензионални цртежи са димензијама и 3Д модел објекта представљају техничку документацију, на основу које је могуће извршити реконструкцију зграде „Бела Мачка” (сл. 7).

У сврху визуелне презентације коришћен је програм "3ds Max". ".skp" фајл је увезен у програм. Елементи различите материјализације се посматрају као групе којима се једноставно додељују нови материјали који ће бити коришћени за рендер. На објекту доминирају беле површине-зидови, дрво као материјал за прозоре и кровну конструкцију и цреп као кровни покривач. Објекат је постављен на правоугаоној подлози. Материјали су додељени из *Corona Material Library*



Сл. 5



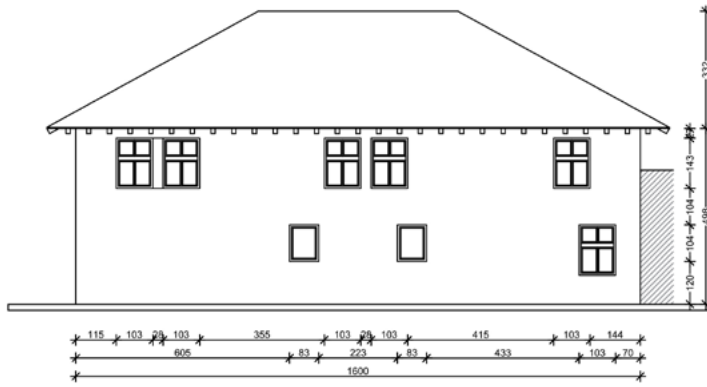
Сл. 6

и прилагођени 3Д моделу. Након подешавања резолуције и других параметра фотографије, направљени су перспективни снимци објекта. Коначни резултат читавог процеса је фотореалистични 3Д модел стамбеног објекта (сл. 8).

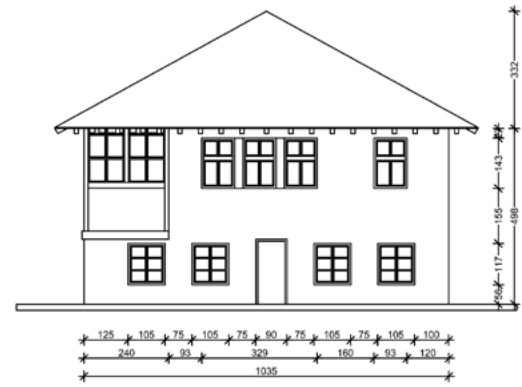
## ЗАКЉУЧАК

Историјски објекти, споменици и локалитети захтевају одређену заштиту и одржавање, како би били сачувани за будуће генерације. Последњих година забележен је пораст свести о значају ових врста објеката за социјални, културни и туристички развој, као и важности њиховог очувања и документовања.

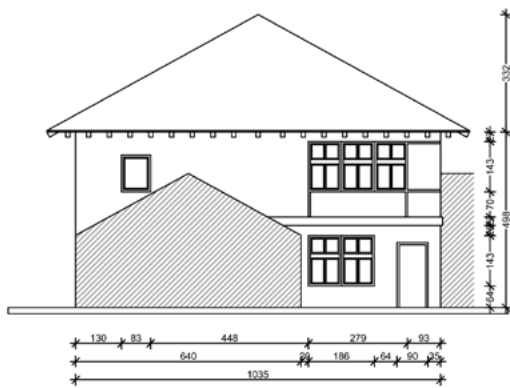
Северна фасада



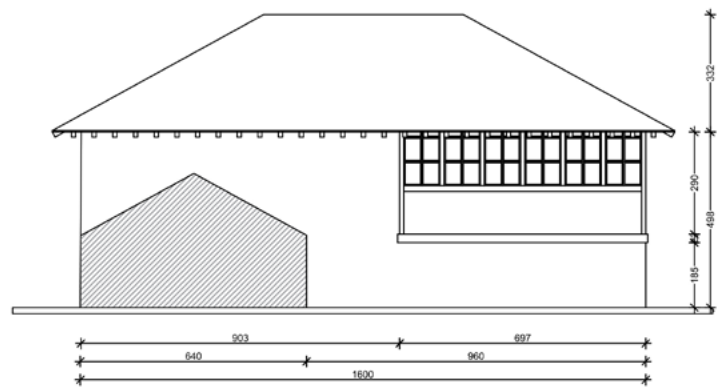
Источна фасада



Западна фасада



Јужна фасада



Сл. 7



Сл. 8

У циљу заштите културних вредности предузимају се одређене мере и захвати, од самог одржавања, ревитализације, реконструкције, до виртуелизације. За то је пресудно снимање података и израда техничке документације. Понекад је то једини траг који остаје иза оваквих објеката. Зграде које су потпуно или делимично уништене, могу се истражити само помоћу документације. Правилна израда и управљање овим подацима од кључног су значаја за очување и преношење градитељског наслеђа будућим генерацијама. При томе треба водити рачуна о осетљивости саме документације. Развој дигиталних технологија је са собом донео олакшања у прикупљању и обради података.

Захваљујући развоју савремених технологија, ефикасан и квалитетан начин заштите и презентације културног наслеђа је израда дигиталних модела. Једна од метода израде дигиталног модела је метода фотограметрије, која користи дводимензионалне фотографије.

Приступ 3Д документацији заснован на слици је увек у динамичном развоју, са све већом применом у различитим областима. Развој савремених метода прикупљања и стварања дигиталних података омогућава лакшу израду архитектонске документације. Као резултат, документација заснована на фотографијама и фотограметрији постала је стандард у рестаурацији и реконструкцији градитељског наслеђа.

У овој студији наглашен је значај израде дигиталне документације и улога фотограметрије у очувању културне баштине. Фотограметрија има предност у односу на традиционалне методе у пројектима рестаурације јер се опасне и недоступне зграде могу тачно измерити фотограметријским методама, лако и сигурно.

Као финални производ у овом раду израђен је тродимензионални модел стамбеног објекта „Бела Мачка” у центру Пирота који је важни представник староварошке архитектуре тог краја. Процес фотограметрије урађен је у програму “SketchUp”. Добијени модел је материјализован применом програма “3ds Max”. Резултат је фотореалистични приказ објекта.

3Д модел може послужити као дигитални приказ објекта који је погодан за презентацију и визуализацију у циљу промовисања Пирота у смислу туризма. Са друге стране, представља важан и веродостојан дигитални ресурс који омогућава прецизна мерења на моделу за потребе рестаурације и реконструкције.

Примери оваквих објеката постоје широм Србије. За очување и промоцију културне баштине и развој туризма, веома је важно препознати их и сачувати од заборавља.

## ИЛУСТРАЦИЈЕ

- 1а. Изглед објекта „Бела Мачка” данас (извор: <https://www.plusonline.rs/wp-content/uploads/2020/04/23/Bela%20ma%C4%8Dka%20plusonline.jpg>)  
Today's appearance of the “White Cat” building (source: <https://www.plusonline.rs/wp-content/uploads/2020/04/23/Bela%20ma%C4%8Dka%20plusonline.jpg>)
- 1б. Стара фотографија објекта (извор: <http://spomenickulture.mi.sanu.ac.rs/spomenik.php?id=786>)  
Old photograph of the building (source: <http://spomenickulture.mi.sanu.ac.rs/spomenik.php?id=786>)
2. Позната димензија означена на слици објекта и на ситуационом плану (извор: [geosrbija.rs](https://www.geosrbija.rs))  
Known dimension marked on the image of the object and on the site plan (source: [geosrbija.rs](https://www.geosrbija.rs))
- 3а. Импортована фотографија у “SketchUp” – у са означеним осама и неодољивима (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Imported photo into “SketchUp” with marked axes and vanishing points (source: author team N. Kocić et al.)

- 3б. Фотографија у “SketchUp” – у са прилагођеним положајима линија и тачака (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Photo in “SketchUp” with adapted positions of lines and points (source: author team N. Kocić et al.)
4. Фотографија са исцртаним зидовима и отворима (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Photograph with drawn walls and openings (source: author team N. Kocić et al.)
5. Изглед 3Д модела са кровним равнима (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Appearance of 3D models with roof planes (source: author team N. Kocić et al.)
6. 3Д модел са додељеним материјалима у “SketchUp” – у (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
3D model with assigned materials in “SketchUp” (source: author team N. Kocić et al.)
7. Ортогонални изгледи објекта са димензијама (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Orthogonal views of an object with dimensions (source: author team N. Kocić et al.)
8. Коначни изглед 3Д модела након рендера у “3ds Max” – у (извор: ауторски тим Н. Коцић и др.)  
Rendered model of the building in “3ds Max” (source: author team N. Kocić et al.)

## ЛИТЕРАТУРА

- Васић Петровић**, Елена. „Средњовековна тврђава и староварошка архитектура у оквиру савременог Пирота”, на: *Регионалној конференцији о интелектуалној заштити, Бања Лука*, Републички завод за заштиту културно-историјског и природног наслеђа Републике Српске, 2010, 310–318
- Васић Петровић**, Елена. „Презентација Пиротске тврђаве модерним технологијама и формирање изложбених поставки у Горњем граду”, *Пиротски зборник*, 45, 2020, 203–223
- Ђорђевић**, Milica. „Значај digitalnog dokumentovanja u zaštiti graditeljskog nasleđa”, *Nauka+Praksa*, Institut za građevinarstvo i arhitekturu Niš, v. 12, 2009, 22–25
- Krasić**, Sonja and Pejić, Petar. “Comparative Analysis of Terrestrial Semi-automatic and Automatic Photogrammetry in 3D Modelling Process”, *Nexus Network Journal*, vol. 16, 2014, 273–283
- Красић**, Соња. *Предавања из предмета Нацртна геометрија III*, прир. С. Красић, Грађевинско-архитектонски факултет Ниш, Ниш, 2012. <http://rc5.gaf.ni.ac.rs/dec/viscom/system/index.php>
- Marasović**, Tomislav. *Zaštita graditeljskog nasleđa*, Zagreb-Split, 1983.
- Marasović**, Tomislav. *Aktivni pristup graditeljskom nasleđu*, Split, 1985.
- Момчиловић-Петронијевић**, Ana et al. “Documentation of historical objects as an aspect of architectural education”, in: *Conference Proceedings 6th International conference contemporary achievements in Civil Engineering, Subotica, 20th April 2018*, eds. M. Belešević et al., Faculty of Civil Engineering Subotica, Subotica, 2018, 505–514
- Ненадовић**, Слободан. *Заштита трагичељској наслеђа*, Архитектонски факултет у Београду, Београд, 1980.
- Pal Singh**, Surendra et al. “Image Based 3D Modeling of Campus (Department of Civil Engineering, IIT Roorkee, Uttarakhand, India) by Using SketchUp”, *International Journal of Advanced Civil Engineering and Architecture Research*, Volume 2, Issue 1, 2013, 65–71
- Pal Singh**, Surendra et al. “Image based 3D city modeling: Comparative study”, in: *ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 – 25 June 2014*, ed. F. Remondino and F. Menna, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5, 2014, 537–546
- Pančić** Kombol, Tonka. „Kulturno nasleđe i turizam”, *Radovi Zavoda za znanstveni rad HAZU Varaždin*, 16–17, 2006, 211–226
- Pejić**, Petar et al. “3D virtual modelling of existing objects by terrestrial photogrammetric methods – case study of Barutana”, *Technical Gazette*, Vol.24 No. Supplement 1, 2017, 233–239
- Remondino**, Fabio. “Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning”, *Remote Sensing* 3, no. 6, 2011, 1104–1138
- Remondino**, Fabio and Campana, Stefano. *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*, 2014.
- Stojaković**, Vesna. *Generisanje prostora na osnovu perspektivnih slika i primena u oblasti graditeljskog nasleđa* (doktorska disertacija), Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 2011.
- Schenk**, T. *Introduction to Photogrammetry*, The Ohio State University, Columbus 106, 2005.
- Tobiasz**, Aleksandra et al. “Review of Methods for Documentation, Management, and Sustainability of Cultural Heritage. Case Study: Museum of King Jan III’s Palace at Wilanów”, *Sustainability* 11, no.24, 2019, 7046, 1–42
- Томић**, Славољуб и С. Панчић, Слободан. „Фотограмметријско скенирање културно-историјских споменика”, на: *XII међународној конференцији Савремена теорија и пракса у трагичељству*, Универзитет у Бањој Луци, Бања Лука, 2016, 337–344



**Fuentes**, José María. "Methodological bases for documenting and reusing vernacular farm architecture", *Journal of Cultural Heritage*, 11, 2010, 119–129

**Yilmaz**, H. Murat et al. "Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage", *Journal of Cultural Heritage* 8, 2007, 428–433

Nastasija D. KOCIĆ, Ana J. MOMČILOVIĆ PETRONIJEVIĆ, Sonja M. KRASIĆ, Jovana G. STANKOVIĆ  
**RECONSTRUCTION OF THE HOUSE "WHITE CAT" IN PIROT USING PHOTOGRAMMETRY**

In this paper, whose primary purpose is to emphasize the importance of preserving cultural heritage in Serbia, presented result of the research is a three-dimensional model of the residential building "White Cat" in the center of Pirot. The photogrammetry method was used to obtain the dimensions of the object. In that process, one old photograph was used, and several new ones, which show the current appearance of a partially devastated building. The photogrammetry method was done in the software "SketchUp", and the obtained model was materialized using the software "3ds Max". The model can be used for presentation and visualization in order to promote tourism, but also as an important and credible digital resource that allows accurate measurements on the model for the needs of restoration and reconstruction. A large number of buildings of cultural, historical, architectural or other significance are deteriorating and disappearing due to inadequate protection and maintenance. Today, the application of technology in various ways can revive the former spirit of buildings, historical places, cities. One of the methods by which a 3D model can be obtained is photogrammetry. It is the process by which data from spatial structures are obtained, using data from two-dimensional photographs. In this way, models of buildings that are completely or partially demolished can be obtained. Virtual 3D reconstruction is the best form of recovery of lost spatial data. It gives us an insight into the former appearance of buildings, monuments and archeological sites, and in that way documents them and keeps them from oblivion.

**Keywords:** photogrammetry, reconstruction, cultural heritage, Pirot