

**ВИСОКА ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКА ШКОЛА
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА У БЕОГРАДУ**

*Мастер струковне студије
Студијски програм „Геодезија-Геоматика“*



Владимир Вученов

**АНАЛИЗА НОРМАТИВНОГ УРЕЂЕЊА ПРИМЕНЕ
БЕСПИЛОТНИХ АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈСКИХ
СИСТЕМА СА ПРЕДЛОЗИМА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ**

- МАСТЕР РАД -

Ментор из школе

Др Славољуб Томић, дипл. инж. геод.

Ментор из привреде

Југослав Бељин, дипл. инж. геод.

Београд, 2019.

Радна биографија

Име и презиме: Владимир Вученов

Датум и место рођења: 12.12.1982. Задар, Југославија

Адреса становања: Стевана Опачића 26/15 Београд

Телефони: +381 11 35 15 589

+381 64 26 62 494

Е mail адреса: vvucenov@sbb.rs

Звање: Специјалиста струковни инжењер геодезије

Средње образовање:

Школа: Прва техничка школа, Крагујевац

Период: 1997-2001. године

Смер: Електротехничар рачунара

Високо образовање:

Школа: Висока грађевинско-геодетска школа струковних студија у Београд

Период: 2004-2007. године

Степен студија: Основне струковне студије, 180 ЕСПБ, просек 8.96

Завршни рад: Дипломски рад на тему: Примена ГПС технологије за геодетско снимање телекомуникационих водова, ментор: проф. др. Славољуб Томић, дипл.инж.геод.

Период: 2009-2011. године

Степен студија: Специјалистичке струковне студије, 60 ЕСПБ, просек 8.00

Завршни рад: Специјалистички рад на тему: Основаност и значај уписа у катастар непокретности, ментор проф. др. Иван Никчевић, дипл. правник

Период: 2017-2019. године

Степен студија: Мастер струковне студије, 120 ЕСПБ, у току

Стручни испити и лиценце

- Државни стручни испит, 2009. Министарство државне управе и локалне самоуправе;
- Геодетска лиценца другог реда, 2011. Републички геодетски завод;
- Геодетска лиценца првог реда, 2014. Републички геодетски завод;
- Оператер беспилотних ваздухоплова, 2016. Директорат цивилног ваздухопловства;

Професионално искуство:

- Предузеће за консалтинг, трговину и услуге „Еврогеоматика“ д.о.о. Београд – 10.5 година;
- Војногеографски институт, Београд – 6 месеци;



Изјава о академској честитости

Студент: Владимир Вученов

Број индекса: M21/17

Школа: Висока грађевинско-геодетска школа струковних студија у Београду

Студије: Мастер струковне студије

Студијски програм: геодезија – геоматика

Аутор мастер рада под називом:

Анализа нормативног уређења примене бесиловних аерофотограметријских система са предлозима за унапређење

Изјављујем:

1. да је рад искључиво резултат мог сопственог истраживачког рада;
2. да сам рад и мишљења других аутора које сам користио у овом раду назначио или цитирао у складу са Упутством;
3. да су сви радови и мишљења других аутора наведени у списку литературе / референци који су саставни део овог рада и писани у складу са Упутством;
4. да сам добио све дозволе за коришћење ауторског дела које се у потпуности / целисти уносе у предати рад и да сам то јасно навео;
5. да сам свестан да је плагијат коришћење туђих радова у било ком облику (као цитата, парафраза, слика, табела, дијаграма, дизајна, планова, фотографија, филма, музике, формула, веб сајтова, компјутерских програма и слично) без навођења аутора или представљање туђих ауторских дела као мојих, кажњиво по закону (Закон о ауторским и сродним правима, Службени гласник Републике Србије број 104/2009, 99/2011, 119/2012, 29/2016 – одлука УС), као и другим законима и одговарајућим актима;
6. да сам свестан да плагијат укључује и представљање, употребу и дистрибуирање рада предавача или других студената као сопствених;
7. да сам свестан последица које код доказаног плагијата могу проузроковати на предати мастер рад и мој статус;
8. да је електронска верзија мастер рада идентична штампаном примерку и пристајем на његово објављивање под прописаним условима

У Београду, 2019. године

Потпис студента:

Владимир Вученов, M21/17

САДРЖАЈ:

1. УВОД.....	5
1.1. Предмет рада.....	5
1.2. Концепција рада.....	6
1.3. Циљ рада.....	6
2. ФОТОГРАМЕТРИЈА.....	7
2.1. Дефиниција фотограметрије.....	7
2.2. Примена фотограметрије.....	7
2.3. Развој фотограметрије.....	8
2.4. Подела фотограметрије.....	10
2.5. Сензори у фотограметрији.....	12
2.5.1. Камере за блископредметно фотограметријско снимање.....	12
2.5.2. Камере за аерофотограметријско снимање.....	13
2.6. Процедуре и поступци при аерофотограметријском снимању.....	15
3. БЕСПИЛОТНИ АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈСКИ СИСТЕМИ.....	17
3.1. Беспилотни ваздухопловни системи.....	17
3.2. Развој беспилотних ваздухопловних система.....	18
3.3. Подела беспилотних ваздухопловних система.....	19
3.4. Примена беспилотних ваздухопловних система у фотограметрији...21	
3.5. Предности и ограничења примене беспилотних система у фотограметрији.....	22
4. НОРМАТИВНО УРЕЂЕЊЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ.....	24
4.1. Закон о извозу и увозу робе двоструке намене.....	24
4.2. Ваздухопловни прописи.....	25
4.3. Геодетски прописи.....	29
5. НОРМАТИВНО УРЕЂЕЊЕ У СВЕТУ.....	33
5.1. Нормативно уређење у Европској Унији.....	33
5.2. Класе беспилотних ваздухопловних система.....	33
5.3. Категорије примене беспилотних ваздухопловних система.....	37
6. ПРЕДЛОЗИ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ НОРМАТИВНОГ УРЕЂЕЊА.....	40
7. ЗАКЉУЧАК.....	42
ЛИТЕРАТУРА.....	43

1. УВОД

1.1. Предмет рада

Беспилотни ваздухоплови су деценијама били резервисани за војну употребу и нису били занимљиви широј јавности. Међутим, у последњих неколико година се технологија пробила на комерцијално и рекреативно тржиште и доживела „дум“ без преседана. Сваког дана на тржишту су се појављивали нови модели са новим технологијама, новим могућностима и новим применама. Развој ове технологије је био толико брз и велик да су се државе широм света нашле потпуно неспремне. У новинама су се појављивале приче како су дронови достављали дрогу и оружје у затворе тако што би једноставно долетали до прозора хелије. А државни органи су све то беспомоћно посматрали.

Ипак, ово није први случај у историји да напредак технологије условљава изнуђено доношење нормативног уређења. Напротив, таква ситуација представља правило пре него изузетак.

С обзиром на то да је масовна употреба беспилотних ваздухоплова још увек у повоју, ово је време када се дешавају први кораци у нормативном уређењу ове технологије и покушава увођење реда у ову област. Неке земље су успеле да учине прве кораке ка том циљу, неке још нису. Данашње нормативно уређење у неким другим областима није постало свеобухватно одмах. То је процес заснован на учењу на грешкама, који се временом развија и постаје бољи. Под тим светлом треба посматрати и ове прве кораке у увођењу нормативног уређења у једну нову област.

И данас се откривају нови начини примене беспилотних ваздухоплова. Савремена фотограметрија је препознала огроман потенцијал ове технологије пре више од 30 година. Али, у последњих пет година ове две дисциплине су развиле нове технологије и методе. Сада су лако доступни готови беспилотни ваздухопловни системи са разним врстама сензора задовољавајућег квалитета и ниске цене. Савремена фотограметрија је са своје стране прионула на развој метода, математичких модела и софтверских решења која би максимално искористила нову технологију. Тако смо дошли до тога да је данас могуће давати се озбиљном фотограметријом са центиметарском прецизношћу и тачношћу користећи аматерске камере мобилних телефона.

Овај рад се бави тематиком нормативног уређења у веома специфичној примени беспилотних ваздухопловних система - у аерофотограметријском снимању. Захваљујући све приступачнијем хардверу и све напреднијем софтверу ова област се све више отвара према ширем кругу полупрофесионалних и аматерских корисника. Ипак, и даље то није довољно велика област, и резултат је да није адекватно препозната у почетним напорима нормативног уређивања. Последица тога је велики раскорак између техничких могућности које пружа технологија беспилотних аерофотограметријских система и ограничења у примени постављених нормативним уређењем.

Овај рад се бави том проблематиком анализирајући актуелно нормативно уређење ове области у Србији и свету са освртом на проблеме и недостатке и предлажући решења како унапредити прописе у овој области.

1.2. Концепција рада

Овај рад се састоји из два дела. С обзиром на тематику која је у великом делу општа а мањим делом стручно геодетска, први део рада је технички. У њему се у најкраћим цртама обрађује фотограметрија као наука и примена беспилотних ваздухопловних система у фотограметрији како би неко ко није геодетски стручњак, а заинтересован је за проблематику, добио основне информације и могао да се са разумевањем бави тематиком.

Други део рада се бави нормативним уређењем и предлозима и решењима за унапређење. Активно нормативно уређење је подељено на два дела: уређење у Републици Србији и уређење у свету и окружењу. Такав је био план у почетку писања овог рада. У међувремену је Европска комисија усвојила две уредбе које би требало свеобухватно да регулишу област производње, дистрибуције и примене беспилотних ваздухопловних система. Србија ће као земља кандидат за чланство у Европској унији временом усагласити своје нормативно уређење са правним тековинама Европске уније, па је било сувишно упознати се са решењима неких других земаља.

1.3. Циљ рада

Овај рад ће дати предлоге за унапређење нормативног уређења примене беспилотних ваздухопловних система тако да се омогући пун потенцијал примене беспилотних аерофотограметријских система у фотограметрији. Ипак, основни циљ овог рада је да се препознају и дефинишу проблеми у постојећем нормативном уређењу и започне дискусија на ову тему, а не да аутор који је геодета по професији одређује прописе у области у којима није стручан.

2. ФОТОГРАМЕТРИЈА

2.1. Дефиниција фотограметрије

Реч фотограметрија настала је од три грчке речи: фос (φως) са значењем светло, грама (γραμμά) - нешто написано, нешто нацртано и метреин (μετρέιν) у значењу мерити.

Не постоји општеприхваћена дефиниција фотограметрије. На основу самог назива може се закључити да се ради о мерењу на основу светлости. Најприхватљивија дефиниција је да је фотограметрија наука која се бави прибављањем поузданих информација о својствима физичких објеката и површи без непосредног контакта са предметом мерења и интерпретацијом добијених података.

Прибављање информација о мереним објектима се врши сензорима који региструју електромагнетно зрачење, најчешће у виду фотографије, али се могу користити и друге врсте сензора као што је ласер.

Физички објекти и површи које се мере без непосредног контакта могу бити планете и друга небеска тела, површина Земље, индустријске компоненте, грађевине и људско тело.

Добијени подаци могу се користити да се измери тачан положај, облик, величина мереног објекта, као и да се измере дужине, углови, запремине и друге физичке особине о предмету мерења. Такође, могуће је вршити интерпретацију добијених резултата мерења, односно анализирати квалитативне особине предмета мерења.

2.2. Примена фотограметрије

Најранија, али и данас најшира примена фотограметрије, јесте израда топографских карата. Фотограметрија је неупоредиво најефикаснија метода геодетског премера подручја велике површине. Војногеографски институт Војске Србије користи фотограметријске методе снимања за израду свих врста топографских карата. Фотограметријске методе снимања се користе у инжењерској геодезији за израду топографских карата крупније размере као подлоге за пројектовање.

Развојем технологије долази се и до нових примена фотограметрије. Велику примену данас фотограметрија има у изради ортофотоа и дигиталних модела висина. Ортофото и дигитални модел висина се користе у географским информационим системима. Републички геодетски завод израдио је геоинформациони систем „ГеоСрбија“ и периодично врши фотограметријско снимање и израду ортофотоа територије Републике Србије. У инжењерској геодезији дигитални модели висина користе се за израду профила терена.

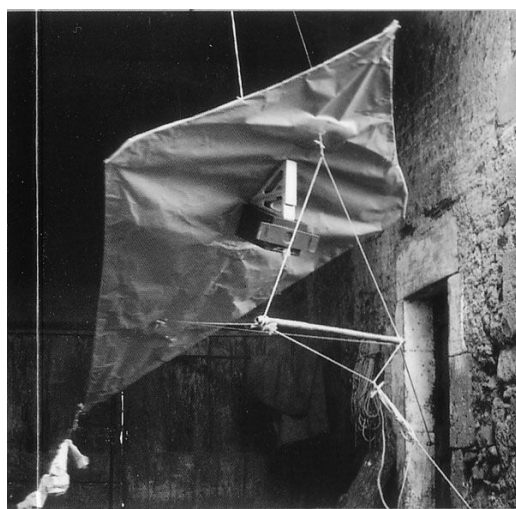
Фотограметрија има велику примену и у великом броју научних грана и делатности као што су машинство, урбанизам, пољопривреда, екологија, астрономија, архитектура, археологија, саобраћај, медицина, итд.

2.3. Развој фотограметрије

Развој фотограметрије зависио је од технолошког развоја друштва и можемо га поделити у четири фазе.

Прва фаза везана је за настанак фотографије. Прву фотографију израдио је Француз Нисефор Нијепс 1827. године. На основу његовог рада Француз Луј Дагер 1839. године усавршава процес добијања фотографије. Већ годину дана након тога Француз Франсо Араго поставља теоријске основе примене фотограметрије у топографском премеру.

Прва практична примена фотограметрије у топографском премеру датира из 1849. године када је Еме Лоседа, пуковник француске војске, користио змајеве и балоне да добије фотографије терена. Пуковник Лоседа остао је познат као „отац фотограметрије“.



Слика 1: Змај са камером, 1888. године

Друга фаза развоја фотограметрије везана је за браћу Рајт и проналазак авиона 1903. године. 1913. године је први пут коришћен авион за фотограметријско снимање тако што је копилот вршио фотографисање држећи камеру преко ивице авиона. Током Првог светског рата масовно су коришћени авиони за добијање фотографија терена на основу којих су израђиване топографске карте бојишта.



Слика 2: Аерофотограметријско снимање, 1916. године

У периоду између два светска рата развијене су математичке основе које се користе у фотограметрији и данас. Због непостојања одговарајуће технологије рачунања су била веома обимна и спора, па се друга фаза развоја фотограметрије назива и аналогна фотограметрија.

Трећа фаза развоја фотограметрије везана је за проналазак рачунара педесетих година прошлог века. Уз помоћ рачунара могуће је много држе рачунање компликованих математичких модела потребних у фотограметрији. Са аналогне фотограметрије прелази се на аналитичку фотограметрију.

Паралелно са развојем рачунара развијали су се фотограметријски инструменти, сензори и технике.



Слика 3: Wild A7 стереореституциона радна станица, Wild Heerbrugg 1952. године

Проналаском дигиталне фотографије крајем двадесетог и почетком двадесет првог века започиње четврта фаза развоја фотограметрије. Са аналитичке прелази се на дигиталну фотограметрију.



Слика 4: Дигитална фотограметријска станица, GPSi aerial survey and mapping

2.4. Подела фотограметрије

Класична подела фотограметрије према положају сензора је на терестичку и аерофотограметрију. Терестичка фотограметрија је грана фотограметрије где се приликом снимања сензори налазе на површини земље (у руци, на штативу, на посебним носачима, могу да висе са објеката). Аерофотограметрија је грана фотограметрије где се сензор налази у ваздухоплову и снимање се врши из ваздуха.

Развојем савремених технологија, између осталог и беспилотних ваздухоплова, класична подела је постала превазиђена.

У савременој фотограметријској науци подела се врши према раздаљини између предмета снимања и сензора којим вршимо мерење и тачности добијених резултата. На овај начин фотограметрију можемо поделити на:

- индустријску фотограметрију,
- инжењерску фотограметрију,
- аерофотограметрију и
- даљинску детекцију.

Индустријска фотограметрија се бави снимањем на раздаљинама од неколико милиметара до неколико метара са микрометарском тачношћу. Користи се у медицини, машинској индустрији итд.



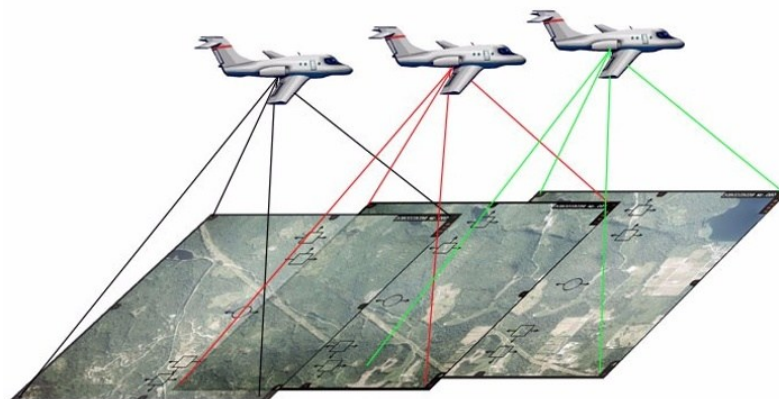
Слика 5: VIUscan 3D laser scanner

Инжењерска фотограметрија бави се снимањем на раздаљинама од неколико десетина метара до неколико стотина метара са тачношћу од неколико центиметара до неколико милиметара. Може бити терестичка или се снимање може изводити беспилотним ваздухопловима. Назива се и блископредметна фотограметрија. Користи се у грађевинарству, архитектури, геодезији итд.



Слика 6: Тересџичко фойџоџрамеџриџско снимање

Аерофотограмметрија се бави снимањем из посадних ваздухоплова на раздаљинама (висинама лета) од неколико хиљада метара са тачношћу од неколико десетина центиметара. Користи се у геодезији за израду ортофотоа, дигиталних модела терена, топографских карата итд.



Слика 7: Аерофойџоџрамеџриџско снимање

Даљинска детекција подразумева снимање сензорима који се налазе на сателитима на висинама од неколико десетина хиљада метара са метарском тачношћу. Углавном се користи за утврђивање квалитативних особина сниманог подручја Земљине површи.



Слика 8: Даљинска деџекција

2.5. Сензори у фотограметрији

Фотограметрија се дави прибављањем информација о предмету мерења без физичког контакта са предметом мерења. Прибављање информација се врши сензорима који региструју електромагнетно зрачење. Сензори се деле на активне и пасивне.

Активни сензори се састоје од предајника и пријемника. Предајник емитује енергију односно сигнал. Када сигнал наиђе на препреку (физички објекат или површина Земље) део зрачења сигнала се рефлектује и региструје у пријемнику. Мерењем времена од емитовања до пријема сигнала добија се раздаљина између сензора и предмета мерења. Пример активног сензора је радар. Предности примене радара у фотограметрији је могућност да пробије маглу или облак. Ограничење примене радара је слабија могућност анализирања квалитативних особина предмета мерења.

Пасивни сензори имају само пријемну компоненту, односно региструју постојеће електромагнетно зрачење. Најраспрострањенији пасивни сензор који се користи у фотограметрији је фотографска камера. Фотографске камере региструју светлост. Према начину регистровања светлости фотографске камере се деле на аналогне и дигиталне.

Аналогне камере користе филм за регистровање електромагнетног зрачења. Дигиталне камере користе чип са површинским оптичким сензорима који региструју електромагнетно зрачење и претварају га у дигитални сигнал.

2.5.1. Камере за блископредметно фотограметријско снимање

У савременој блископредметној фотограметрији дигиталне камере су стандард. У дигиталној блископредметној фотограметрији користе се мерне дигиталне камере и аматерске дигиталне камере.

Мерне дигиталне камере имају познате елементе унутрашње оријентације камере. Елементи унутрашње оријентације камере су жижна даљина, централна тачка снимка и дисторзија објектива. Ови елементи се за сваку мерну камеру одређују у лабораторијским условима у фабрици приликом производње камере.



Слика 9: Професионална мерна камера, Rollei D7 Metric

Код аматерских дигиталних камера елементи унутрашње оријентације камере нису познати, али се могу накнадно одредити поступком калибрације камере, због чега је и могућа њихова примена у фотограметрији.



Слика 10: Аматерска дигитална камера, Nikon Coolpix S3700

На тржишту постоји велики број дигиталних аматерских и професионалних камера. Избор најбоље камере у блископредметном фотограметријском снимању зависи од захтеваних резултата снимања. Избор камере зависи од цене камере и техничких карактеристика камере: резолуције, живне даљине, начина фокусирања, брзине снимања, експозиције, формата записа, типа и величине меморије.

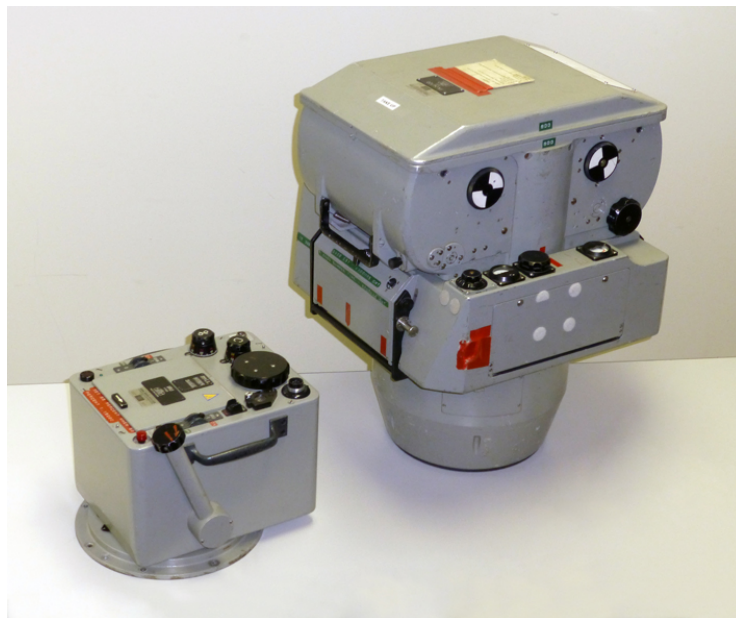
2.5.2. Камере за аерофотограметријско снимање

Камере за аерофотограметријско снимање имају исте основне карактеристике као стандардне камере, али су много веће, теже, аутоматизоване, и посебно конструисане за коришћење у ваздухопловима. Камере се користе на висинама од неколико километара у веома тешком окружењу које подразумева нагле промене температуре и јаке вибрације током рада. Упркос томе, камере за аерофотограметријско снимање морају обезбедити квалитетне резултате снимања.



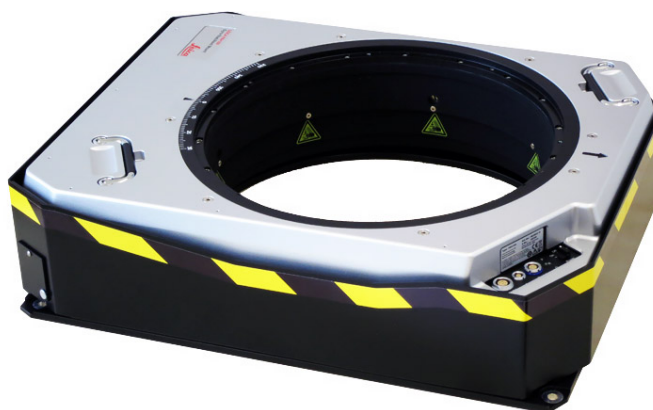
Слика 11: Дигитална аерофотограметријска камера, Leica ADS100

До почетка 21. века за аерофотограметријско снимање су се искључиво користиле аналогне камере. У 2001. години настала је прва дигитална аерофотограметријска камера, али су још дуго након тога аналогне камере остале у употреби. Због високе цене набавке, али и велике поузданости у експлоатацији ове камере имају радни век који се мери у деценијама.



Слика 12: Аналогна аерофотограметријска камера, Zeiss RMK

Камере за аерофотограметријско снимање раде на истом принципу као и обичне камере, али због специфичног начина употребе имају различита конструктивна решења. Због велике удаљености од предмета снимања објективи су много већи него код осталих камера. Брзина снимања мора да буде много већа, а експозиција много краћа. Ове камере морају да имају посебна постоља која неутралишу вибрације авиона и компензују брзину лета авиона приликом снимања. Све ово резултира веома високом ценом.



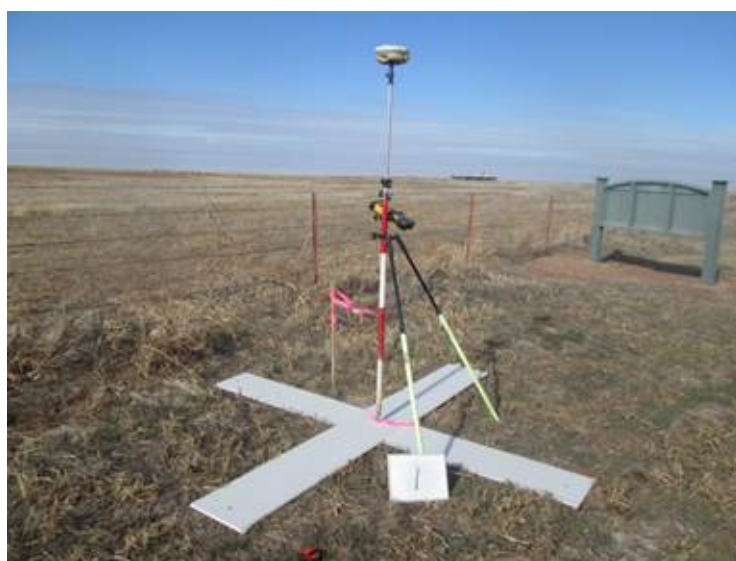
Слика 13: Постоље за аерофотограметријску камеру, Leica PAV100

2.6. Процедуре и поступци при аерофотограмметријском снимању

Аерофотограмметријско снимање се врши на основу пројекта. Пројекат дефинише за које потребе се изводи и шта је тражени резултат аерофотограмметријског снимања. На основу тога дефинише се врста сензора, размера снимања односно резолуција, уздужни и попречни преклоп и други параметри снимања. Пројекат мора детаљно обухватити све фазе реализације аерофотограмметријског снимања.

На почетку реализације пројекта аерофотограмметријског снимања потребно је извршити прикупљање података о подручју предвиђеном за снимање. Подаци о подручју снимања обухватају географски положај, укупну површину, надморску висину, карактеристичан рељеф (да ли је у питању равничарски, брдовити или планински предео, или комбинација), климу и друге битне информације. По потреби врши се и рекогносцирање терена.

Након тога потребно је извршити припрему терена за аерофотограмметријско снимање. Припрема терена подразумева сигнализацију оријентационих тачака. Сигнализања оријентационих тачака врши се посебним белегама чији облик, боја и величина зависе од размере снимања и сензора који се користи. При избору места тачака за оријентацију мора се обратити пажња да се положај тачке на снимку и терену може лако и сигурно одредити, као и да се тачка налази на таквом месту које на снимку не може бити заклоњено неким високим објектом.



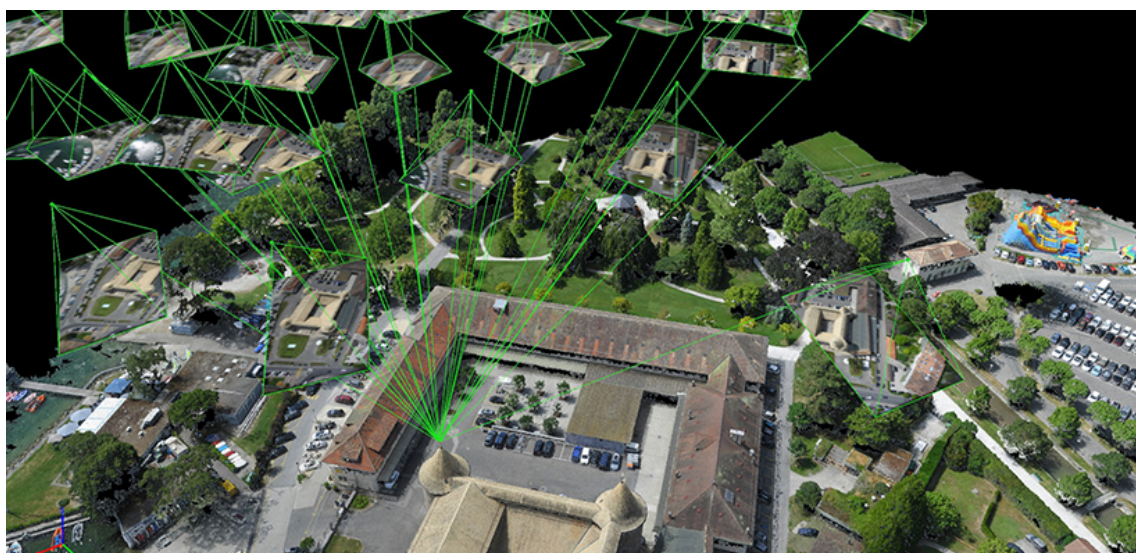
Слика 14: Сигнализања и означавање оријентационе тачке

За потребе аерофотограмметријског снимања потребно је израдити план лета. План лета се састоји из аналитичког и графичког дела. Аналитички део садржи информације о размери снимања, размери картирања, камери, висини лета над тереном, апсолутној висини лета, брзини лета, површини захваћеној једним снимком, уздужном и попречном преклопу и осталим битним елементима лета. Након тога израђује се графички део плана лета који се састоји од прегледне карте подручја снимања на којој се уцртавају линије лета. Линије лета се контуришу на основу дефинисаних аналитичких података.

Пре аерофотограметријског снимања потребно је од надлежних ваздухопловних органа, а по потреби и од војних ограна прибавити неопходне дозволе за летове и извршити алокацију ваздушног простора. Пре самог лета потребно је да овлашћено и обучено особље изврши контролу ваздухоплова и сензора.

Само аерофотограметријско снимање траје релативно кратко у односу на остале фазе пројекта, јер је једним летом могуће покрити велику површину. Ради добијања што квалитетнијих резултата, аерофотограметријско снимање је потребно вршити у рано пролеће или касну јесен. Ово су доба године када је време релативно сунчано, нема снега и, што је најбитније, нема зеленила. Крошње дрвећа су без лишћа, што омогућава да се на снимцима види тло, односно површина Земље.

Након завршеног снимања, врши се контрола снимака и након тога поступак аеротриангулације. Аеротриангулација је поступак изравнања којим се снимци доводе у тачан положај у простору у тренутку када су начињени.



Слика 15: Аеротриангулација

3. БЕСПИЛОТНИ АЕРОФОТОГРАМЕТРИЈСКИ СИСТЕМИ

3.1. Беспилотни ваздухопловни системи

У енглеском језику UAV (Unmanned Aerial Vehicle) је општеприхваћени назив за ваздухоплове који немају пилота у самој летелици. Холанђанин Питер Ван Блиндбург, један од пионира у развоју и комерцијалној примени ових летелица, дефинисао је 1999. године UAV као беспосадне, моторизоване ваздухоплове за вишекратну употребу. У српском језику је званичан назив „беспилотни ваздухоплов“. Овај назив није најтачнији. Прецизније би било рећи „беспосадни“ уместо „беспилотни“, јер ове летелице имају пилота – руковаоца, који управља летелицом са друге локације. Беспилотни ваздухоплови могу бити управљани даљински, способни за полуаутоматски или потпуно аутоматски лет или имати комбинацију ове три могућности.

Беспилотни ваздухопловни систем, на енглеском UAS (Unmanned Aerial System) чине следеће компоненте: беспилотни ваздухоплов, управљачка станица на тлу и веза за размену података између управљачке станице и ваздухоплова.

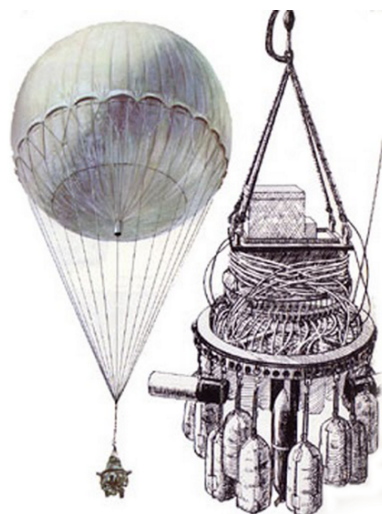


Слика 16: Беспилотни ваздухопловни систем

Беспилотни ваздухоплов је детаљније обрађен у наредним поглављима. Управљачка станица на тлу, на енглеском GCS (Ground Control Station) је мозак система. Преко управљачке станице се врши управљање и контрола беспилотног ваздухоплова, директно или преко унапред задатог плана лета. Веза за размену података, на енглеском Data Link служи да успостави комуникацију између управљачке станице и беспилотног ваздухоплова. Преко ове везе се врши управљање летелицом у лету. Могуће је учитати план лета у летелицу пре лета, слати податке о телеметрији летелице управљачкој станици током лета, као и слати резултате снимања у реалном времену током лета или након завршетка лета. Веза се оставрује преко радио везе.

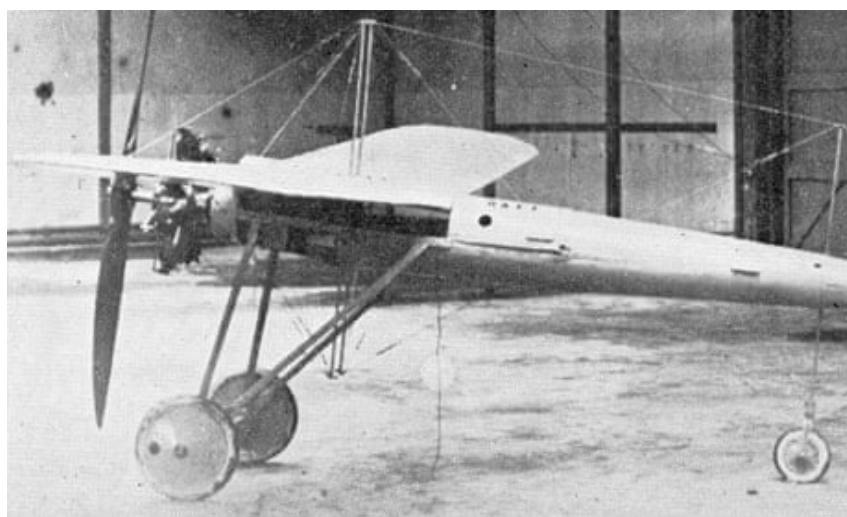
3.2. Развој беспилотних ваздухопловних система

Првих 170 година развоја беспилотних ваздухоплова везано је за војну употребу. Почевши од 1839. године када су балони са експлозивом први пут коришћени у рату беспилотни ваздухоплови су развијани и коришћени од стране оружаних снага.



Слика17: Балони са експлозивом коришћени у нападуга Аустрије на Венецију 1839. године

Само 13 година након првог лета браће Рајт конструисан је први авион којим се преко радио везе управљало на даљину Развио га је професор Арчибалд Лоу 1916. године. Развојем ваздухопловне индустрије развијали су се и беспилотни ваздухоплови и начини њихове примене. Коришћени су за извиђање, шпијунирање, као мете за обуку гађања, као пројектили, као носачи пројектила итд.



Слика 18: Први авион на даљинско управљање преко радио везе

Године 2006. почиње прва примена беспилотних ваздухоплова у комерцијалне сврхе, али их тада још увек користе само државне агенције или велике коорпорације. У 2013. години власник и директор компаније „Амазон“ Џеф Безос најављује да разматра употребу беспилотних ваздухоплова за доставу пошљици. У то време креће нагла и велика експанзија приступачних беспилотних ваздухоплова за комерцијалну и рекреативну примену која се наставља до данас.

3.3. Подела беспилотних ваздухопловних система

Основна подела беспилотних ваздухоплова се врши на основу тога да ли су лакши од ваздуха или тежи од ваздуха и на основу тога да ли имају сопствени погон или погон на ветар.

Тако беспилотни балони представљају ваздухоплове лакше од ветра без сопственог погона, а беспилотни цепелини су ваздухоплови лакши од ваздуха на сопствени погон.

Беспилотни ваздухоплови тежи од ваздуха деле се на ваздухоплове са флексибилним (меким) крилима, тврдим крилима и ротирајућим крилима. Они такође могу имати сопствени погон или погон на ветар.

Змајеви припадају ваздухопловима флексибилних крила без сопственог погона, а беспилотни параглајдери су ваздухоплови флексибилних крила са сопственим погоном. Беспилотне једрилице су ваздухоплови са чврстим крилима без сопственог погона. Историјски гледано ови ваздухоплови су некада били доминантни, али данас су потиснути и много ређе се користе у комерцијалне сврхе.

Беспилотни ваздухоплови са чврстим крилима на сопствени погон могу имати елисе које покреће електромотор или мотор са унутрашњим сагоревањем или могу имати млазни погон. Ови ваздухоплови имају обликована крила која генеришу узгон када ваздухоплов довољном брзином креће напред.



Слика 19: Беспилотни ваздухоплов са чврстим крилима, Geoscan 201

Беспилотни ваздухоплови са ротирајућим крилима по правилу имају сопствени погон. Називају се коптери. Коптери имају могућност вертикалног полетања и слетања и могућност лебдења у месту. Коптери могу имати један, два, четири или више ротора које покреће погонска осовина. Беспилотни коптери са једним ротором имају један главни погонски ротор и на репу један мањи ротор постављен бочно који има улогу да контролише ротирање ваздухоплова услед дејства обртне силе главног ротора. Беспилотни коптери са два ротора имају два погонска ротора један изнад другог на једној погонској осовини који се окрећу у супротним смеровима.

Предност коптера са два ротора јесте већа ефикасност односно 30% већа снага од коптера са једном ротором и мотором исте снаге. Ово омогућава већу висину лета и већу носивост коптерима са два ротора. Мана беспилотних коптера са два ротора је компликована механичка конструкција која омогућава се два ротора на истој погонској осовини окрећу у супротном смеру. Коптери са једним и два ротора се називају хеликоптери.



Слика 20: Коптери са једним (лево) и два (десно) ротора

Мултикоптери имају четири или више (шест, осам, дванаест) ротора на исто толико погонских осовина. Мултикоптери са четири ротора омогућавају малу величину ваздухоплова, па су поред комерцијане примене идеални и за рекреативну употребу. Главни недостатак мултикоптера са четири ротора је немогућност одржавања лета у случају отказа једног ротора. Због тога ваздухопловне власти широм света већ планирају да забране ову врсту ваздухоплова у скоријој будућности. Већи број ротора значи већу поузданост, већу носивост, јачу отпорност на ветар, веће маневарске способности, већу максималну висину лета, али и већу цену.



Слика 21: Мултикоптери са четири (лево), шест (у средини) и осам (десно) ротора

Беспилотни ваздухоплови се према тежини приликом полетања (са теретом) деле на микро (до 100 грама), мале (до 150 килограма) и велике (преко 150 килограма)

Подела беспилотних ваздухоплова према тежини и према летним могућностима се углавном користи у правној регулативи, па се ваздухоплови деле на класе у зависности од тежине приликом полетања, брзине лета, максималне висине лета, максималног долета итд.

3.4. Примена беспилотних ваздухопловних система у фотограметрији

Беспилотни аерофотограметријски систем је даљински контролисана, полуаутоматска или аутоматска ваздухопловна платформа опремљена фотограметријским сензором (камера, мултиспектрална камера, термална камера, лидар, или комбинација два или више сензора).

Беспилотни аерофотограметријски системи бришу границу између блископредметне фотограметрије и аерофотограметрије.

Разлика између беспилотног ваздухопловног система и беспилотног аерофотограметријског система је у сензору који носи беспилотни ваздухоплов. Ефикасна примена беспилотних аерофотограметријских система у фотограметрији зависи од постизања што идеалнијег односа између беспилотног ваздухоплова као платформе и сензора који носи.

Квалитетнији фотограметријски сензори имају већу тежину од аматерских сензора те су потребни већи и јачи, а самим тим и скупљи беспилотни ваздухоплови који би их носили. Данас постоје беспилотни ваздухоплови носивости преко 100 килограма и довољно велики да могу да понесу професионалну аерофотограметријску камеру која се користи у посадним ваздухопловима, али трошкови надавке и коришћења таквог беспилотног ваздухоплова још увек превазилазе трошкове коришћења класичне аерофотограметријске платформе. Филозофија иза беспилотних аерофотограметријских система гласи: исти или бољи квалитет резултата снимања уз много мањи трошак. Да би се ова филозофија максимално применила потребно је пронаћи што оптималнији однос могућности и цене како беспилотног ваздухоплова тако и фотограметријског сензора.

Све већи и држи развој беспилотних ваздухоплова подстакао је и развој све мањих и лакших професионалних фотограметријских сензора уз задржавање квалитета снимања. Тако је компанија „Sony“ развила дигиталну камеру DSC-RX1, најмању камеру на свету са сензором пуне величине. Ова камера има тежину од само 500 грама. На пољу термалних камера компанија „Flir“ последњих неколико година постиже одличне резултате у смањењу тежине и габарита професионалних дигиталних термалних камера.



Слика 22: Sony DSC-RX1 камера

Последњи преостали изазов да би беспилотни аерофотограметријски системи могли у свему да парирају класичним аерофотограметријским системима представљају Lidar (Light Identification Detection And Ranging) сензори, то јест, ласерски скенери. Наиме, и ако се развијају сензори смањене масе и габарита, и постоје беспилотни ваздухоплови способни да их понесу, однос цене и квалитета добијених резултата није достигао однос како би били конкуренти постојећим сензорима на посадним ваздухопловима. Али, достизање тог оптималног односа је само питање времена.

3.5. Предности и ограничења примене беспилотних система у фотограметрији

Основна предност беспилотних ваздухопловних система у односу на посадне ваздухоплове јесте могућност употребе у опасним ситуацијама, као што су природне катастрофе (вулкани, поплаве итд.), немири и ратно окружење, без ризика по животе руковалаца. Због своје контрукције и величине могу се користити у неприступачним пределима. Због мале висине лета могу се користити испод облака или испод забрањене зоне лета.

Велика предност беспилотних аерофотограметријских система су много мањи трошкови набавке и оперативне употребе који могу бити и неколико стотина пута мањи од трошкова класичних аерофотограметријских система. Такође, обука и плата руковаоца беспилотног ваздухоплова представљају много мањи трошак од обуке и плате професионалног пилота. Потребна логистика и трошкови појединачног лета су умногоме на страни беспилотних ваздухопловних система.

Савремени беспилотни аерофотограметријски системи имају могућност обраде података у реалном времену. Величина снимака је много мања у односу на професионалне аерофотограметријске камере, па је могућ пренос података током лета са ваздухоплова на управљачку станицу преко радио везе.

Беспилотни аерофотограметријски системи могу да се користе као допуна класичном аерофотограметријском снимању, односно као замена за допунска терестичка мерења класичним геодетским методама.

Коптери имају могућност вертикалног полетања и слетања и лебдења у месту, што има велику примену у инжењерској фотограметрији у изради детаљних и прецизних 3Д модела. У блископредметној фотограметрији је могуће комбиновати снимање из ваздуха са терестичким фотограметријским снимањем користећи идентичне сензоре ради добијања снимака истог квалитета, што олакшава даљу обраду.

Основно ограничење беспилотних аерофотограметријских система јесте носивост која је условљена масом, димензијама и снагом мотора беспилотног ваздухоплова. Због тога се у беспилотним аерофотограметријским системима углавном користе аматерске дигиталне камере или сензори јер су много лакши од професионалних сензора. Ово утиче на квалитет снимака. Такође, потребан је много већи број снимака да би се покрило исто подручје у односу на класичне аерофотограметријске системе.

Због смањења укупне тежине беспилотни аерофотограметријски системи користе лакше, али мање прецизне уређаје за навигацију и оријентацију, па је самим тим прецизност добијених података смањена.

Битно ограничење представља и недовољна правна регулатива примене беспилотних ваздухоплова. Беспилотни ваздухоплови углавном нису обавезни да користе уређаје за аутоматску идентификацију или уређаје за аутоматско избегавање судара у ваздуху као што је то случај код посадних ваздухоплова.

Да би ефикасност дошла до изражаја, оптимална висина лета беспилотних аерофотограметријских ваздухоплова износи неколико стотина метара. Висине преко 300 метара су резервисане за летове посадних ваздухоплова, што употребу беспилотних ваздухоплова на овим висинама чини немогућом или веома опасном у зависности од правне регулативе односно мањка исте.

Аутономија у ваздуху је много мања код беспилотних ваздухоплова у односу на посадне ваздухоплове. Аутономија у ваздуху зависи од врсте погона беспилотног ваздухоплова. Беспилотни ваздухоплови могу имати електромотор, у ком случају већи капацитет батерије повећава и тежину батерије па самим тим и ваздухоплова, смањује носивост, односно смањује аутономију у ваздуху. Беспилотни ваздухоплови са погоном на моторе са унутрашњим сагоревањем у старту морају да се носе са великом тежином самог мотора, плус тежином горива, што опет повећава укупну тежину, смањује носивост, односно смањује аутономију у ваздуху.

Још једно ограничење представља и максимални долет беспилотног ваздухоплова. Долет беспилотног ваздухоплова може бити већи од домета радио везе са управљачком станицом. У том случају се може наставити лет беспилотног ваздухоплова без радио везе са управљачком станицом у аутоматском режиму, што представља велики ризик, или се долет беспилотног ваздухоплова мора смањити да би био у границама домета радио везе.

4. НОРМАТИВНО УРЕЂЕЊЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Неколико закона и других правних прописа који обухватају различите области покривају примену беспилотних ваздухопловних система у правном оквиру Републике Србије. Ово поглавље обрађује тренутно стање нормативног уређења у Републици Србији уз посебан осврт на недостатке појединих прописа.

4.1. Закон о извозу и увозу робе двоструке намене

Закон о извозу и увозу робе двоструке намене („Службени гласник РС“ број 95/2013) у члану 3 став 1 дефинише робу двоструке намене као робу, укључујући и софтвер и технологију, која се може користити како у цивилне, тако и у војне сврхе, роба која може бити употребљена у неексплозивне сврхе и роба која се на било који начин може искористити у циљу ширења или производње оружја за масовно уништавање. Исти члан у ставу 11 дефинише „Националну контролну листу робе двоструке намене“ као листу којом се утврђује класификација или кодификација робе двоструке намене за чији је извоз или увоз неопходно прибавити дозволу надлежног органа. Члан 5 овог закона каже да Влада Републике Србије на предлог министарства надлежног за послове спољне трговине утврђује листу која је усклађена са релевантним листом Европске уније.

Национална контролна листа робе двоструке намене („Службени гласник РС“, број 20/2013) у робу двоструке намене сврстава и „беспилотне летелице“ (БЛ), односно сваки ваздухоплов који је способан да започне лет и одржава контролисани лет и навигацију без присуства људи у кабини.

Закон дефинише да дозволу за увоз робе двоструке намене издаје министарство надлежно за послове спољне трговине, а то је Министарство трговине, туризма и телекомуникација. Захтев за издавање дозволе за увоз робе двоструке намене подноси се Министарству на прописаном обрасцу. Одлучујући по захтеву за издавање дозволе Министарство мора да достави тај захтев на сагласност Министарству одбране, Министарству спољних послова и Министарству унутрашњих послова, као и органу државне управе надлежном за послове националне безбедности. Закон прописује да је Министарство трговине, туризма и телекомуникација дужно да изда дозволу у року од 10 дана од дана добијања свих претходно набројаних сагласности.

Овакав поступак издавања дозволе за увоз робе двоструке намене је лош. Дефинисани рок у коме је Министарство трговине, туризма и телекомуникација дужно да изда дозволу за увоз робе двоструке намене тече од тренутка добијања сагласности од минимално четири различита државна органа. При томе, није дефинисан рок у коме ови државни органи морају да спроведу поступак провере података и издавања сагласности. То у пракси значи да је рок за издавање дозволе непознат, односно неограничен.

Идентичну процедуру прибављања дозволе за увоз робе двоструке намене мора да прође неко ко у иностранству или преко интернета купује аматерски беспилотни

ваздухоплов за рекреативне сврхе који кошта десетак долара и тежи 20 грама, и геодетска организација која увози професионални беспилотни ваздухоплов која кошта неколико десетина хиљада евра. Разлика је у томе што беспилотне ваздухоплове који се користе у рекреативне сврхе углавном увозе дистрибутери који се баве увозом и који процедуру добијања дозволе спроводе за веће количине робе, која се након тога легално може продавати у Републици Србији.

Са друге стране, беспилотни аерофотограметријски системи су ускеспецијализована роба и на домаћем тржишту не постоји велики избор ове опреме. Тренутно постоје само два предузећа у Србији која се баве дистрибуцијом професионалних беспилотних аерофотограметријских система. Геодетска организација која жели да има већи избор при нападци оваквог система биће проморана да га купи у иностранству. Самим тим, мораће и да прође процедуру добијања дозволе за увоз робе двоструке намене због једнократног увоза једног производа. Због непотпуног дефинисања рокова за добијање сагласности од стране Министарства, геодетска организација дужи временски период има заробљен капитал и немогућност уговарања послова.

4.2. Ваздухопловни прописи

Коришћење беспилотних ваздухоплова у Србији регулисано је Правилником о беспилотним ваздухопловима (Службени гласник РС, број 108/2015) који је донео Директорат цивилног ваздухопловства 11. децембра 2015. године. Овај правилник је донет јер је било неопходно да се регулише све већа присутност беспилотних ваздухоплова у Србији. У време доношења Правилника на домаћем тржишту је постојала велика понуда разних беспилотних ваздухоплова, и по неким проценама неколико хиљада их је 2015. године већ летело у Србији.

Због хитности у решавању горућег проблема, Директорат цивилног ваздухопловства приликом израде правилника пропустила да адекватно обухвати све потенцијалне врсте беспилотних ваздухоплова. Правилник о беспилотним ваздухопловима у члану 3 дефинише категорије беспилотних ваздухоплова. У следећој табели су приказане 4 категорије беспилотних ваздухоплова према њиховим карактеристикама дефинисаним Правилником и на крају карактеристике професионалног беспилотног аерофотограметријског система на примеру беспилотне летелице Geoscan 201.

	Категорија 1	Категорија 2	Категорија 3	Категорија 4	Geoscan 201
Оперативна маса:	< 0.5 kg	од 0.5 до 5 kg	од 5 до 20 kg	од 20 до 150 kg	6.5 kg
Максимална висина лета:	до 50 m	до 150 m	до 500 m	Без ограничења	до 3000 m
Максимална брзина лета:	до 30 m/s	до 30 m/s	до 55 m/s	Без ограничења	до 30 m/s
Максимални долет:	до 100 m	до 2500 m	до 2500 m	Без ограничења	до 300 km

Табела 1: Прејед категорија беспилотних ваздухоплова из Правилника о беспилотним ваздухопловима Директората цивилног ваздухопловства

Правилник дефинише да ако одређени беспилотни ваздухоплов у погледу оперативне масе или неке од перформанси (висина лета, брзина лета или домет) припада различитим категоријама беспилотних ваздухоплова, сматра се да припада вишој категорији. Ово значи да просечан професионални беспилотни аерофотограметријски систем мора да се региструје као беспилотни ваздухоплов категорије 4, и ако је његова тежина 3 пута мања од најмање прописане тежине беспилотног ваздухоплова категорије 4. Таође, његова максимална брзина одговара категорији 2.

Члан 8 Правилника о беспилотним ваздухопловима каже да беспилотни ваздухоплов све време мора да буде у видном пољу лица које њиме управља, а максимална дозвољена хоризонтална удаљеност ваздухоплова од лица које њиме управља је 500 метара. Максимална дозвољена висина лета је 100 метара изнад тла, изузев ако Директорат цивилног ваздухопловства одобри да се лет може обавити на већој висини. Члан 9 Правилника забрањује коришћење беспилотног ваздухоплова чији је лет у потпуности контролисан од стране рачунара који се налази у ваздухоплову.

Још један ваздухопловни пропис, Уредба о класама ваздушног простора Републике Србије и условима за њихово коришћење („Службени гласник РС“, број 106/2013) предвиђа, између осталог, да је ваздушни простор на висини од 300 метара изнад тла доња граница ваздушног простора предвиђеног за лет ваздухоплова са људском посадом који лете по правилима визуелног летења. Ово значи да Директорат цивилног ваздухопловства не може да одобри лет беспилотног ваздухоплова на висинама већим од 300 метара изнад тла.

Беспилотни аерофотограметријски системи су претежно конструисани у конфигурацији „летеће крило“ и при аерофотограметријском снимању примењују исте методе и процедуре као класични аерофотограметријски системи. С обзиром на величину ваздухоплова, брзину лета и немогућност лебдења у месту, лет ових беспилотних ваздухоплова на висинама мањим од 100 метара изнад тла може бити веома опасан. Већина произвођача ових система препоручује коришћење на висинама преко 100 метара изнад тла. Ово значи да је за сваки појединачни лет ових система потребно тражити и добити посебну дозволу Директората цивилног ваздухопловства.

Оперативна висина лета за беспилотне аерофотограметријске системе је ограничена на висине од 100 до 300 метара изнад земље. Ово за последицу има да је добијени GSD (Ground Sample Distance), односно површина коју један пиксел покрива на терену, у зависности од камере коју користи, од 1.8 до 4.5 центиматара. Ово су феноменални резултати који се тешко могу постићи класичном аерофотограметријом.

Али ови прописи стварају проблем у примени те технологије за топографски премер великих површина у стандардним размерама. Лет на висини мањој од 300 метара изнад тла даје једноставно превише добар резултат. Нема потребе за овако великом резолуцијом снимака. Вредност GSD-а од 10 центиматара задовољава снимања за размеру 1:1000. Да би се постигла ова вредност, висна лета треба да буде око 500 метара изнад тла. Самим тим, сваким снимком се покрива већа површина на терену и смањује потребно време лета. Али, према постојећим прописима у Србији то није могуће и забрањен је лет беспилотних ваздухоплова на висинама преко 300 метара изнад тла.

Стога, потребно је више времена да се лет обави и резултати снимања су много бољи од потребних. Због велике хардверске захтевности при обради и приказивању овако квалитетних растерских података на великим површинама радишта, потребно је пре обраде „покварити“ резолуцију снимака да би се добио идеални однос квалитета података и величине потребне меморије.

Још већи проблем представља обавеза лета у видном пољу, односно максимална удаљеност летелице од лица које њоме управља од 500 метара. Ово значи да сваки лет мора да буде ограничен полигоном димензија приближно 700 пута 700 метара и да особа која управља летелицом буде у центру тог полигона. Површина овог полигона износи 0.5 km². Професионални беспилотни аерофотограметријски системи могу једним летом покривати површину од 7 до 22 km². Максимално време у ваздуху ових система је до 2.5 сата. Уместо да се за један дан обаве 2 до 3 лета, по важећим прописима потребно је реализовати велики број кратких летова и при томе се губи огромно време на процедуре које се морају обавити пре и после сваког лета.

Још један проблем је забрана аутономног лета, односно лета током којег беспилотни ваздухоплов у потпуности контролише рачунар у летелици (аутопилот). Да би се аерофотограметријском методом могао добити квалитетан 3Д податак, односно да би се прецизно утврдила висина сваке тачке на снимку, потребно је постићи одређени уздужни преклоп сваког снимка унутар једног реда лета. Такође, потребно је постићи и одређени попречни преклоп између снимака два суседна реда лета. Да би се добио уједначен квалитет снимака, висина лета мора да буде што константнија. Професионални беспилотни аерофотограметријски системи поседују софтвере који на основу задатог подручја снимања и жељених резултата снимања аутоматски израчунавају параметре лета (висину лета, редове лета, брзину лета итд). Управљачка станица на тлу шаље ове податке рачунару у летелици који врши аутоматско управљање летелицом. Аутопилот има могућност да неколико пута у секунди врши корекције у параметрима лета да би се обезбедило што константнији и правилнији лет. На овај начин се осигурава квалитет резултата снимања. Ако би руковалац морао ручно управљати летелицом, то би умногоме погоршало квалитет добијених резултата снимања.

Разлика беспилотних аерофотограметријских система у односу на класичне аерофотограметријске системе где се користе ваздухоплови са посадом је у томе што је ваздухоплов од неколико тона тежине много лакше контролисати од стране пилота и што је висина лета у том случају неколико километара изнад тла и одступања авиона у висини лета од неколико метара су процентуално много мања него у случају беспилотног ваздухоплова који лети на висинама од неколико стотина метара.

Правилник о беспилотним ваздухопловима у члану 16 дефинише да је 10 дана пре сваког лета неопходно поднети захтев за издавање одобрења за лет Директорату цивилног ваздухопловства. У захтеву се мора дефинисати висина лета, као и координате подручја у коме се лет обавља. Директорат издаје одобрење са тачно дефинисаном дозвољеном висином лета и координатама подручја лета. Одобрење се издаје за период од неколико месеци током којих је могуће извршити један или више летова на дефинисаном подручју под дефинисаним условима.

На основу Уредбе о поступку за издавање одобрења за снимање из ваздуха територије СРЈ и за издавање картографских и других публикација („Службени лист СРЈ“, број 54/1994) неопходно је добити одобрење Војске за снимања из ваздуха. Потребно је поднети захтев за одобрење Војсци Србије који садржи податке о организацији која врши снимање из ваздуха, податке о подручју које се снима, податке за које потребе и чије потребе се врши снимање, податке о врсти снимања, размери снимања, времену снимања итд.

Са добијеним одобрењима Директората цивилног ваздухопловства и Војске Србије, на основу члана 6 Правилника о беспилотним ваздухопловима подноси се, за сваки појединачни лет, захтев за алокацију ваздушног простора јединици за цивилно-војну координацију у оквиру Контроле летења Србије и Црне Горе (СМАТСА) најкасније пет радних дана пре намераваног лета беспилотним ваздухопловом.

Проблем са захтевом за алокацију ваздушног простора је рок подношења захтева. Пет радних дана пре лета, када је најкасније могуће поднети захтев за одређени лет, представља дуг период. За тих седам дана (укључујући викенд) временски услови могу битно да се промене у односу на временске прогнозе које постоје у време подношења захтева. Други проблем представља став Контроле летења да је за сваки појединачни лет потребно поднети посебан захтев.

На следећем примеру могуће је извршити поређење примене професионалног беспилотног аерофотограметријског система за израду топографске карте подручја површине 200 km² у размери 1:1000.

Техничке могућности система омогућавају да се потребан резултат добије летовима на висини од 500 до 600 метара изнад тла. Са сваким летом у трајању од 2 часа покрива се површина од око 25 km². Са два лета дневно могуће је извршити аерофотограметријско снимање за 4 дана са укупно 8 летова. За ове потребе потребно је јединици за цивилно-војну координацију у оквиру Контроле летења Србије и Црне Горе (СМАТСА) поднети унапред укупно 8 захтева за алокацију ваздушног простора.

Нормативна ограничења условљавају висину лета до 300 метара изнад тла и обавезан лет у видном пољу. На овај начин сваким летом могуће је покрити површину од 0.5 km². У зависности од конкретног система и процедура које је потребно испоштовати пре и после сваког лета може се узети да је за реализацију сваког лета и премештај на следећу локацију потребан један час. Са максимално 6 летова дневно, могуће је извршити аерофотограметријско снимање за 67 дана са укупно 402 лета. За ове потребе потребно је јединици за цивилно-војну координацију у оквиру Контроле летења Србије и Црне Горе (СМАТСА) поднети унапред укупно 402 захтева за алокацију ваздушног простора. Ова рачуница подразумева идеалне услове и да не искрсне ништа непредвиђено, што је на толики број летова мало вероватно.

На овом примеру се најбоље види непрепознавање беспилотних аерофотограметријских система у нормативном уређењу односно ваздухопловним прописима Репубилке Србије.

4.3. Геодетски прописи

Основна законска регулатива која регулише област геодезије у Републици Србији је Закон о државном премеру и катастру („Службени гласник РС“ бр. 72/2009, 18/2010, 65/2013, 15/2015, 96/2015, 47/2017, 113/2017, 27/2018 и 41/2018).

У члану 2 дефинисани су поједини изрази који имају следеће значење (издвојени су само појмови битни за технологију беспилотних аерофотограмтријских система):

- Геодетски инструменти – мерила којима се обављају геодетски радови прописани овим законом и користе се за мерење дужина, угла, времена и убрзања силе земљине теже
- Даљинска детекција – метод прикупљања информација путем система који нису у директном физичком контакту са испитиваном појавом или објектом
- Дигитални модел терена – тродимензионални приказ математички дефинисаног модела рељефа Републике Србије
- Дигитални ортофото – дигитална слика територије Републике Србије у ортогоналној пројекцији, добијена из дигиталног аерофотограмтријског снимка, сателитског снимка или снимка добијеног осталим методама снимања из даљинске детекције

Занимљиво је приметити да и ако Закон препознаје неке појмове везане за фотограмтријско снимање, под геодетским инструментима се не подразумевају професионалне аерофотограмтријске камере које користе класични аерофотограмтријски системи са посадом, нити дигиталне камере које користе беспилотни аерофотограмтријски системи.

Члан 3 закона дефинише државни премер као стручне послове у областима:

- Катастарског премера
- Комасационог премера
- Премера водова
- Топографског премера
- Премера државне границе

У члану 17 Закона дефинисани су услови за извођење геодетских радова од стране геодетске организације. Став 8 Закона каже да за снимање из ваздушног простора територије Републике Србије за потребе државног премера геодетска организација мора имати најмање пет запослених лица геодетске струке, од којих најмање два са геодетском лиценцом првог реда и поседовати овлашћење Републичког геодетског завода за снимање из ваздушног простора, које се издаје решењем у року од 15 дана од дана подношења захтева. Из овог члана се види да Закон препознаје институцију снимања из ваздушног простора и регулише ко и под којим условима може да изводи ту врсту снимања.

Члан 40 Закона дефинише катастарски премер као геодетско мерење и прикупљање података о непокретностима и имаоцима права на непокретностима. Геодетско мерење се врши геодетским методама за хоризонтално и вертикално позиционирање непокретности у државном координатном систему.

Члан 53 дефинише комасациони премер као геодетске радове који се изводе у поступку уређења земљишне територије комасацијом. Геодетски радови на комасационом премеру изводе се у складу са одредбама овог закона које се односе на катастарски премер и закона којим се уређује пољопривредно земљиште.

Члан 54 дефинише премер водова, надземних и подземних, као геодетско мерење и прикупљање података о водовима.

Члан 55 дефинише топографски премер као мерење топографских објеката и терена прописаном класом тачности, прикупљање података о њиховим квалитативним и квантитативним особинама и података о географским и другим именима.

И на крају, члан 56 дефинише премер државне границе као означавање граничних тачака, геодетско мерење граничних тачака и прикупљање података о државној граници.

На основу ових чланова се види да је Закон о државном премеру и катастру генерално доста уопштен. У закону се помиње примена метода за хоризонтално и вертикално позиционирање детаља, али нигде се не дефинишу које су то методе.

Постоје три релевантна правилника која дефинишу област државног премера, а битни су за проблематику примене технологије беспилотних ваздухоплова:

- Правилник о примени технологије глобалног навигационог сателитског система у областима државног премера и катастра („Службени гласник РС“ др. 72/2017)
- Правилник о катастарском премеру и катастру непокретности („Службени гласник РС“ др. 7/2016) и
- Правилник о топографском премеру и топографско-картографским производима („Службени гласник РС“ др. 7/2015)

Правилник о примени технологије глобалног навигационог сателитског система у областима државног премера и катастра се у свим својим члановима односи искључиво на терестично снимање ГНСС пријемницима. У правилнику се нигде не помиње примена технологије ГНСС у областима државног премера методама аерофотограметријског снимања, како са ваздухопловима са посадом, тако и са беспилотним системима.

Правилник о катастарском премеру и катастру непокретности у члану 21 каже да се у поступку катастарског премера могу применити поларна, фотограметријска, метода глобалног навигационог сателитског система, метода ласерског скенирања, као и њихове комбинације. У члану 39 Правилника дефинишу се геодетски инструменти и прибор који се користи у катастарском премеру као:

- ГНСС инструменти
- Инструменти за мерење дужина, углова и висинских разлика
- Мерне пантљике
- Фотограметријски инструменти
- Ласерско – скенерски инструменти

Дакле, Правилник, за разлику од Закона, препознаје фотограметријске инструменте као геодетске инструменте који се користе у катастарском премеру.

Правилник о топографском премеру и топографско – картографским производима у члану 4 став 2 дефинише да је основна метода геодетског мерења топографских објеката и терена аерофотограметријска метода. Зато је највећи део овог правилника посвећен детаљном дефинисању начина примене аерофотограметријског снимања. Правилник је посвећен искључиво топографском премеру и није дефинисано да ли се правила коришћења ове методе геодетског снимања могу применити и у осталим врстама државног премера који помињу фотограметријску методу.

Овај правилник се дави свим фазама и аспектима аерофотограметријског снимања, али ће нагласак бити само на оним деловима који се могу применити на технологију беспилотних аерофотограметријских система.

Члан 11 правилника дефинише да главни пројекат премера аерофотограметријском методом садржи:

- Карактеристике авиона
- Врсту аерофотограметријске камере са наведеним основним карактеристикама
- Карактеристике GPS/INS система
- Карактеристике филма (уколико се снимање обавља аналогном камером)
- Величину подужног и попречног преклопа снимака
- План лета
- План одређивања оријентационих и контролних тачака
- План фотосигналисања оријентационих тачака
- Прорачун параметара оријентације снимака са претходном оценом тачности
- Контроле квалитета
- Техничке нормативе
- Начин организације и формат података и начин именовања фајлова

Члан 12 дефинише да технички извештај о извршеним радовима из главног пројекта нарочито садржи:

- Извештај о калибрацији камере
- Извештај о калибрацији GPS/INS система
- Извештај о реализацији припремних радова
- Извештај о извршеној провери опреме и временских услова пре почетка снимања
- Извештај о реализацији аерофотограметријског снимања
- Извештај о прелиминарној контроли података GPS/INS система и прикупљених снимака
- Извештај о обради прикупљених података
- Извештај о извршеним контролама квалитета реализованог аерофотограметријског снимања
- Извештај о одређивању оријентационих и контролних тачака
- Извештај о извршеној триангулацији

Битне елементе аерофотограметријског снимања чине одређивање и фотосигналисање оријентационих и контролних тачака. Члан 26 Правилника каже да се план одређивања оријентационих и контролних тачака израђује у зависности од карактеристика подручја обухваћеног снимањем, плана лета и карактеристика производа који се израђује на основу снимања.

Коришћењем професионалних беспилотних аерофотограметријских система са базном ГНСС станицом губи се потреба за оријентационим тачкама. Члан 27 Правилника дефинише да број контролних тачака мора бити минимално 20% укупног броја оријентационих тачака. Овде се долази до парадокса да је за примену ове технологије потребан број оријентационих тачака 0, а потребан број контролних тачака 20% од 0, односно 0. У реалности контролне тачке јесу потребне, како би се израчунала средња квадратна грешка положајних координата и висина.

Члан 66 Правилника се такође дави тематиком оријентационих тачака и дефинише да се на подручју које је снимљено током једног дана мора налазити најмање једна оријентациона тачка. Овај члан губи смисао ако се узме у обзир да је применом беспилотних аерофотограметријских система током једног дана могуће обавити неколико независних летова. Ови летови могу покривати неповезана подручја и једна оријентациона тачка губи смисао.

5. НОРМАТИВНО УРЕЂЕЊЕ У СВЕТУ

Беспилотни ваздухоплови који се користе у комерцијалне и рекреативне сврхе представљају концепт који је у последње време доживео огромну експанзију. Беспилотни ваздухоплови су постали доступни великом броју купаца и њихов број и могућности примене расту из године у годину невероватном брзином. Регулисање ове области, с обзиром на нагли раст популарности и доступности технологије, каснило је од почетка и као резултат тога у већем делу света нормативно уређење или још не постоји или је донето на брзину, те је због тога непотпуно и недовољно.

5.1. Нормативно уређење у Европској Унији

Европска комисија је 11. јуна 2019. године усвојила две уредбе: Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 и Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 чији је циљ регулисање производње, дистрибуције и употребе беспилотних ваздухоплова и беспилотних ваздухопловних система у Европској унији. Ове две уредбе ступиле су на снагу у року од 20 дана од њиховог доношења, али примена ће започети тек од 1. јула 2020. године како би чланице Европске уније и оператери беспилотних ваздухоплова имали времена да се прилагоде.

Извршни директор Европске агенције за безбедност ваздушног саобраћаја EASA (European Union Aviation Safety Agency) Патрик Кај изјавио је да је Европа први регион у свету који има опсежну регулативу која обезбеђује сигурну, безбедну и одрживу употребу беспилотних ваздухоплова, како за комерцијалне тако и за рекреативне сврхе. Ова правила подстаћи ће нова улагања, иновације и раст у овом обећавајућем сектору.

Пре доношења ових уредби свака држава чланица била је надлежна за регулисање употребе лаких беспилотних ваздухоплова тежине до 150 килограма, док су само ваздухоплови тежине преко 150 килограма спадали под надлежност Европске агенције за безбедност ваздушног саобраћаја. Сада и беспилотни ваздухоплови тежине до 150 килограма подпадају под надлежност EASA.

5.2. Класе беспилотних ваздухопловних система

Беспилотни ваздухопловни системи класе **C0** морају да испуњавају следеће услове:

- Највећа дозвољена маса ваздухоплова при полетању укључујући и товар мора да буде мања од 250 грама. Највећа брзина у хоризонталном лету износи 19 метара у секунди. Највећа могућа висина лета изнад тачке полетања ограничена је на 120 метара.
- Руководалац може на основу упутстава произвођача безбедно управљати ваздухопловом у свим предвиђеним радним условима, чак и у случају отказа једног или више система. Беспилотни ваздухоплови морају бити пројектовани и конструисани тако да се евентуалне повреде људи током рада сведу на минимум.

Ако ваздухоплов има ротирајућа крила, она морају бити контруисана тако да се ограниче повреде које ротори могу нанети.

- Беспилотни ваздухоплови морају да имају електрични погон, а номинални напон не сме да прелази 24 волта једносмерне струје или еквивалентан напон наизменичне струје.

- Беспилотни ваздухоплови морају да имају упутство за употребу које садржи карактеристике беспилотног ваздухоплова, јасна упутства за рад, радна ограничења, одговарајући опис ризика употребе.

Беспилотни ваздухопловни системи класе **C1** морају да испуњавају следеће услове:

- У случају удarca у људску главу при терминалној брзини енергија која се преноси мора да буде мања од 80 џула. Највећа дозвољена маса ваздухоплова при полетању укључујући и товар мора да буде мања од 900 грама. Највећа брзина у хоризонталном лету износи 19 метара у секунди. Највећа могућа висина лета изнад тачке полетања ограничена је на 120 метара.

- Руковалац може на основу упутстава произвођача безбедно управљати ваздухопловом у свим предвиђеним радним условима, чак и у случају отказа једног или више система. Ваздухоплови морају бити довољне механичке чврстине да током употребе могу издржати све силе којима су подвргнути, а да при томе не дође до лома или деформације која би могла угрозити сигуран лет.

- Беспилотни ваздухоплови морају бити пројектовани и конструисани тако да се евентуалне повреде људи током рада сведу на минимум. Ако ваздухоплов има ротирајућа крила, она морају бити контруисана тако да се ограниче повреде које ротори могу нанети.

- Ако се веза са управљачком станицом изгуби, беспилотни ваздухоплов мора бити у стању да или поново успостави везу или безбедно прекине лет.

- Беспилотни ваздухоплови морају да имају електрични погон, а номинални напон не сме да прелази 24 волта једносмерне струје или еквивалентан напон наизменичне струје.

- Беспилотни ваздухоплови морају да имају јединствени серијски број и могућност да буду даљински идентификовани тако што у реалном времену током целог лета преко отвореног протокола за пренос података емитују следеће податке:

- евиденцијски број оператера беспилотног ваздухопловног система
- јединствени серијски број беспилотног ваздухоплова
- географски положај беспилотног ваздухоплова и његову висину изнад тла
- правац путање и брзину беспилотног ваздухоплова у односу на тло
- географски положај руковаоца или полетне тачке.

- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати геоинформациони систем који може да прима и шаље информације о ограничењима ваздушног простора и који руковоаца беспилотним ваздухопловом упозорава на могуће кршење ограничења.
- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати могућност да руковоаца беспилотним ваздухопловом упозоре да је батерија у ваздухоплову или батерија у управљачкој станици при крају тако да је могуће безбедно приземљити ваздухоплов.
- Беспилотни ваздухоплови морају бити опремљени светлима да би се ваздухопловом лакше управљало и да би особа на тлу могла препознати да је у питању беспилотни, а не посадни ваздухоплов.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају упутство за употребу које садржи карактеристике беспилотног ваздухоплова, јасна упутства за рад, радна ограничења, одговарајући опис ризика употребе.

Беспилотни ваздухопловни системи класе **C2** морају да испуњавају следеће услове:

- Највећа дозволена маса ваздухоплова са товаром мора бити мања од 4 килограма, а највећа дозволена висина лета изнад тачке полетања ограничена је на 120 метара.
- Руковалац беспилотним ваздухопловом мора проћи обуку за управљање беспилотним ваздухопловима.
- Беспилотни ваздухоплови морају бити пројектовани и конструисани тако да се евентуалне повреде људи током рада сведу на минимум. Ако ваздухоплов има ротирајућа крила, она морају бити контруисана тако да се ограниче повреде које ротори могу нанети.
- Ако се веза са управљачком станицом изгуби, беспилотни ваздухоплов мора бити у стању да или поново успостави везу или безбедно прекине лет. Веза са управљачком станицом мора бити заштићена од неовлашћеног приступа контролама.
- Ако је у питању беспилотни ваздухоплов са ротирајућим крилима, ваздухоплов мора поседовати спороходни начин рада који ограничава брзину лета на максимално 3 метра у секунди који активира руковалац.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају електрични погон, а номинални напон не сме да прелази 48 волти једносмерне струје или еквивалентан напон наизменичне струје.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају јединствени серијски број и могућност да буду даљински идентификовани тако што у реалном времену током целог лета преко отвореног протокола за пренос података емитују следеће податке:
 - евиденцијски број оператера беспилотног ваздухопловног система
 - јединствени серијски број беспилотног ваздухоплова
 - географски положај беспилотног ваздухоплова и његову висину изнад тла

- правац путање и брзину беспилотног ваздухоплова у односу на тло
- географски положај руковаоца или полетне тачке.
- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати геоинформациони систем који може да прима и шаље информације о ограничењима ваздушног простора и који руковаоца беспилотним ваздухопловом упозорава на могуће кршење ограничења.
- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати могућност да руковаоца беспилотним ваздухопловом упозоре да је батерија у ваздухоплову или батерија у управљачкој станици при крају тако да је могуће безбедно приземљити ваздухоплов.
- Беспилотни ваздухоплови морају бити опремљени светлима да би се ваздухопловом лакше управљало и да би особа на тлу могла препознати да је у питању беспилотни, а не посадни ваздухоплов.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају упутство за употребу које садржи карактеристике беспилотног ваздухоплова, јасна упутства за рад, радна ограничења, одговарајући опис ризика употребе.

Беспилотни ваздухопловни системи класе **С3** морају да испуњавају следеће услове:

- Највећа дозвољена маса при полетању мора бити мања од 25 килограма укључујући товар и све димензије ваздухоплова морају бити мање од 3 метра, а највећа дозвољена висина лета изнад тачке полетања ограничена је на 120 метара.
- Руковалац беспилотним ваздухопловом мора проћи обуку за управљање беспилотним ваздухопловима.
- Ако се веза са управљачком станицом изгуби, беспилотни ваздухоплов мора бити у стању да или поново успостави везу или безбедно прекине лет. Веза са управљачком станицом мора бити заштићена од неовлашћеног приступа контролама.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају електрични погон, а номинални напон не сме да прелази 48 волти једносмерне струје или еквивалентан напон наизменичне струје.
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају јединствени серијски број и могућност да буду даљински идентификовани тако што у реалном времену током целог лета преко отвореног протокола за пренос података емитују следеће податке:
 - евиденцијски број оператера беспилотног ваздухопловног система
 - јединствени серијски број беспилотног ваздухоплова
 - географски положај беспилотног ваздухоплова и његову висину изнад тла
 - правац путање и брзину беспилотног ваздухоплова у односу на тло
 - географски положај руковаоца или полетне тачке.

- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати геоинформациони систем који може да прима и шаље информације о ограничењима ваздушног простора и који руковоаца беспилотним ваздухопловом упозорава на могуће кршење ограничења.
- Беспилотни ваздухоплови морају поседовати могућност да руковоаца беспилотним ваздухопловом упозоре да је батерија у ваздухоплову или батерија у управљачкој станици при крају, тако да је могуће безбедно приземљити ваздухоплов.
- Беспилотни ваздухоплови морају бити опремљени светлима да би се ваздухопловом лакше управљало и да би особа на тлу могла препознати да је у питању беспилотни, а не посадни ваздухоплов.
- морају да имају упутство за употребу које садржи карактеристике беспилотног ваздухоплова, јасна упутства за рад, радна ограничења, одговарајући опис ризика употребе.

Беспилотни ваздухопловни системи класе **C4** морају да испуњавају следеће услове:

- Највећа дозвољена маса при полетању мора бити мања од 25 килограма укључујући товар.
- Руковалац може на основу упутстава произвођача безбедно управљати ваздухопловом у свим предвиђеним радним условима, чак и у случају отказа једног или више система.
- Не подржава начин са аутоматским управљањем
- Беспилотни ваздухоплови морају да имају упутство за употребу које садржи карактеристике беспилотног ваздухоплова, јасна упутства за рад, радна ограничења, одговарајући опис ризика употребе.

5.3. Категорије примене беспилотних ваздухопловних система

Категорије примене беспилотних ваздухопловних система су отворена, специфична и сертификована категорија.

У **отвореној категорији** беспилотни ваздухопловни системи се могу употребљавати ако испуњавају следеће услове:

- Да беспилотни ваздухопловни систем припада једној од дефинисаних класа.
- Да је највећа дозвољена маса беспилотног ваздухоплова при полетању мања од 25 килограма.
- Да руковалац одржава беспилотни ваздухоплов на сигурној удаљености од људи, не лети изнад веће групе људи, непрекидно одржава визуелни контакт са ваздухопловом којим управља (осим ако руковоацу помаже посматрач беспилотног ваздухоплова).

- Да ваздухоплов не лети више од 120 метара изнад најближе тачке на тлу, осим ако не прелеће вештачки објекат. Ако се беспилотни ваздухоплов приближи на хоризонталну удаљеност од 50 метара вештачком објекту висине веће од 105 метара, а корисник објекта затражи да се лети на већој висини, лет се може обавити највише на висини 15 метара изнад објекта.

- Док лети, беспилотни ваздухоплов не сме превозити опасну робу нити се из њега испуштати било какав материјал.

Отворена категорија се дели на три подкатегорије: A1, A2 и A3.

Примена беспилотних ваздухоплова у **подкатегорији A1** мора бити у складу са следећим условима:

- Беспилотни ваздухоплови класе C1 чији је систем даљинске идентификације и геоинформациони систем током лета ажуран и активан, не сме прелетати већу групу људи нити случајне пролазнике. Ако их није могуће избећи, руковалац беспилотног ваздухоплова води рачуна да прелет траје што краће.

- Беспилотни ваздухоплови класе C0 смеју прелетати случајне пролазнике, али не смеју прелетати већу групу људи.

- Летове мора да изводи руковалац који је упознат са упутством за употребу произвођача беспилотног ваздухопловног система. За ваздухоплове класе C1 руковалац мора да има положен теоријски испит из познавања ваздухопловних прописа.

Примена беспилотних ваздухоплова у **подкатегорији A2** мора бити у складу са следећим условима:

- Беспилотни ваздухоплов не сме да прелеће случајне пролазнике нити да им се приближава на мање од 30 метара хоризонтално. Дозвољен је лет на раздаљини од максимално 5 метара од особа повезаних са летом ако је активан спороходни начин рада.

- Летове мора да изводи руковалац који је упознат са упутством за употребу произвођача беспилотног ваздухопловног система, коме је надлежна институција издала потврду о оспособљености за управљање беспилотним ваздухопловима. Потврда се издаје ако је руковалац положио теоријски испит из познавања ваздухопловних прописа, завршио самостално практично оспособљавање за примену у подкатегорији A3 и положио додатни испит којим се оцењује знање руковаоца о техничким и оперативним могућностима ублажавања ризика на тлу.

- Летови се изводе ваздухопловима класе C3 чији је систем даљинске идентификације и геоинформациони систем током лета ажуран и активан.

Примена беспилотних ваздухоплова у **подкатегорији A3** мора бити у складу са следећим условима:

- Летове је неопходно изводити на месту на којем руковалац разумно може очекивати да се беспилотним ваздухопловом ни у једном тренутку неће угрозити случајни пролазници.

- Летове је неопходно изводити на хоризонталној удаљености од најмање 150 метара од стамбених, пословних, индустријских или рекреативних подручја.
- Летове изводи руковалац који мора да има положен теоријски испит из познавања ваздухопловних прописа.
- летови се изводе ваздухопловима класе C2 или C3 чији је систем даљинске идентификације и геоинформациони систем током лета ажуран и активан.

Ако било који од услова за примену беспилотних ваздухоплова у отвореној категорији није испуњен, оператер беспилотног ваздухопловног система од надлежног органа државе у којој је регистрован мора тражити одобрење за рад у **посебној категорији**. Пре подношења захтева за одобрење оператер мора спровести процену ризика коју прилаже уз захтев.

Надлежни орган оцењује процену ризика и мере за ублажавање ризика које је оператер предложио. Надлежни орган издаје одобрење ако процени да су у примени добро процењени ризици операције и да су мере за уплажавање ризика довољне за сигурну примену беспилотног ваздухопловног система. У одобрењу наводи да ли се исто односи на једну временски и просторно утврђену примену или више њих. Ако надлежни орган закључи да примена беспилотних ваздухоплова није безбедна, одбија издати одобрење и о разлозима обавештава подносиоца захтева.

Примена беспилотних ваздухопловних система у **сертификованој категорији** могућа је само ако су испуњени следећи услови:

- Да је беспилотни ваздухопловни систем сертификован за лет изнад веће групе људи, превоз људи или превоз опасне робе.
- Ако је у питању лет који се изводи изнад веће групе људи, ако је у питању лет који укључује превоз људи или ако је у питању лет који укључује превоз опасне робе.

Осим тога, примена беспилотних ваздухоплова потпада под сертификовану категорију и ако надлежни орган на основу процене ризика сматра да се ризик примене не може довољно ублажити ако се беспилотни ваздухопловни систем и његов оператер не сертифицију.

6. ПРЕДЛОЗИ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ НОРМАТИВНОГ УРЕЂЕЊА

Први проблем идентификован у овом раду односи се на Закон о извозу и увозу робе двоструке намене. Овај закон регулише много ширу област и нереално је очекивати да се један закон тог обима прилагођава ускоспецијализованој области као што су беспилотни ваздухопловни системи.

Оно што може да се уради, а што би много олакшало процедуру набавке беспилотних ваздухопловних система, јесте да се дефинишу рокови за давање сагласности које треба издају Министарство одбране, Министарство спољних послова, Министарство унутрашњих послова и орган државне управе надлежан за послове националне безбедности. На овај начин би се увела сигурност, јер организација која планира да увезе беспилотни аерофотограметријски систем може да рачуна на рокове за завршетак потребне процедуре увоза и од ког тренутка располаже опремом.

Веома је битна чињеница да је Европска комисија усвојила сет правила који регулише област беспилотних ваздухоплова. Ова правила покривају комплетан дијапазон беспилотних ваздухопловних система, од играчака до области превоза људи. Далекосежност ове нормативне регулативе се огледа у томе да је предвиђена примена беспилотних ваздухопловних система у транспорту људи, иако ова примена још увек не постоји.

Република Србија као држава кандидат за чланство у Европској унији на тај начин добија регулаторни оквир на који треба да се ослони у сопственом нормативном уређењу. Прилагођавањем домаћих ваздухопловних прописа, првенствено Правилника о беспилотним ваздухопловима, европским правним тековинама већина идентификованих проблема у ваздухопловним прописима била би решена.

Тренутно највећа ограничења у домаћим ваздухопловним прописима, обавеза лета у видном пољу, максимална дозвољена висина лета и забрана аутоматског лета била би превазиђена тренутком усаглашавања домаћих прописа са европским. Сертификацијом беспилотног ваздухопловног система, израдом процене ризика и одговарајућом обуком руковаца беспилотним ваздухопловним системом створили би се услови за искоришћавање пуног техничког потенцијала беспилотних аерофотограметријских система. Такође, број потребних захтева за алокацију ваздушног простора драстично би се смањио.

Занимљиво је да једну тему која у нашој регулативи не постоји, а није предвиђена ни европском регулативом, јесте практична обука и испит за добијање дозволе за руковаоца беспилотним ваздухопловним системима.

На овај проблем у Србији већ дуже време указује и Национални кластер беспилотних летелица и блиских сектора. Национални кластер је добровољно, невладино и непрофитно удружење основано са циљем остваривања одрживог развоја и коришћења беспилотних ваздухоплова у Србији.

Домаћа регулатива прописује да је за добијање дозволе за управљање беспилотним ваздухопловима потребно положити теоријски испит из познавања ваздухопловних прописа у просторијама Директората цивилног ваздухопловства. Зачуђује то што најновија европска регулатива која препознаје транспорт људи беспилотним ваздухопловима не препознаје потребу званичног практичног испита у управљању или барем контролисању беспилотног ваздухоплова. Ово представља потенцијално веома опасан превид.

Национални кластер предлаже увођење лиценцираних инструктора за обуку у управљању и контролисању беспилотних ваздухоплова. Предлаже и дефинисање полигона за обуку који би обухватили један ограничен део ваздушног простора. Ови полигони би били намењени искључиво за летове беспилотних ваздухоплова и поседовали трајну алокацију ваздушног простора без потребе за добијањем дозвола за летове. На полигонима би инструктори спроводили теоријску и практичну обуку кандидата за руковооце беспилотним ваздухопловима. Након завршене обуке кандидати би полагали теоријски испит, а након положеног теоријског испита и практични испит. На овај начин би Директорат цивилног ваздухопловства са пуним поверењем стајао иза сваке издате дозволе за руковооца беспилотних ваздухоплова.

Што се тиче геодетске регулативе, ту ни сада нема озбиљнијих препрека у примени технологије беспилотних ваздухопловних система у геодетском премеру. Највећи проблем који је потребно превазићи, а заједнички је и за класичне аерофотограметријске системе и за беспилотне аерофотограметријске системе, јесу оријентационе тачке. Напретком технологије сви ваздухоплови који се користе у фотограметрији опремљени су GNSS и IMU системима. На тај начин могуће је за сваки снимак утврдити тачан положај и оријентацију у простору, и на основу тих информација извршити аеротриангулацију без потребе за дуготрајним процесом сигнализације оријентационих тачака.

Да би се овај проблем решио и геодетска регулатива осавременила, потребно је сакупити довољно информација са конкретних аерофотограметријских пројеката и доказати да се на савременим фотограметријским снимањем без употребе оријентационих тачака добијају подаци потребне тачности. Републички геодетски завод као кровна институција сигурно неће оклевати да измени постојећу регулативу и усклади је техничким могућностима аерофотограметријских система.

7. ЗАКЉУЧАК

Као што је речено у уводном делу, основни задатак овог рада јесте препознавање проблема у примени беспилотних ваздухопловних система у фотограметрији у Србији. Неизбежна последица наглог развоја технологије беспилотних ваздухоплова је недовољно нормативно уређење. Проблем је што се технологија развија све брже и тренутно постоји раскорак са нормативним уређењем које касни за могућностима нове технологије. Чак и ако би се на основу досадашњих искустава унапредило нормативно уређење, технологија беспилотних ваздухоплова ће се све брже развијати и тај раскорак ће постајати све већи.

Сви обрађени проблеми у овом раду идентификовани су на основу искустава аутора. Аутор је имао прилику да учествује у надавци беспилотног аерофотограметријског система „Geoscan 201“ из Русије и да прође кроз све фазе и проблеме од тренутка одабира система до првог лета у Србији.

Следећи корак би свакако морао бити отварање расправе на нивоу стручне јавности како би се дошло до начина да се домаће нормативно уређење прилагоди новим технологијама. Првенствено је потребно ближе упознати Директорат цивилног ваздухопловства, Републички геодетски завод и остале релевантне институције са концептом беспилотних аерофотограметријских система, могућностима и применом. Потребно је да се схвати значај ове технологије да се при будућем унапређењу нормативног уређења не би случајно и из недовољног познавања и даље ограничавао пун потенцијал ове технологије.

Предложена унапређења нормативног уређења у овом раду су здраворазумска размишљања аутора који је геодета по професији, свестан чињенице да можда сувише једнострано посматра читаву проблематику. Наравно да је безбедност ваздухопловног саобраћаја веома озбиљна тема.

Један од главних препрека у унапређењу нормативног уређења примене технологије беспилотних ваздухоплова јесте неповерење ваздухопловних стручњака. Неко ко се годинама веома предано обучавао за пилота и прошао веома захтевну обуку нема поверење у некога ко се „игра пилота“ безбедно са земље управљајући беспилотним ваздухопловом са недовољном обуком и недовољним схватањем ризика. Из тог разлога је произашла и велика одбојност према имену руковаца беспилотним ваздухопловима. Истрајно се не дозвољава употреба речи „пилот“ јер се сматра да то унижава звање пилота.

Због тога и јесте много битно правилно извршити класификацију беспилотних ваздухопловних система, и обезбедити адекватну обуку. На тај начин неко ко хоће да се „игра пилота“ јефтиним беспилотним ваздухопловима за рекреативне сврхе може имати не толико захтевну обуку, али мора имати и много већа ограничења при употреби беспилотног ваздухопловног система. Са друге стране, обука за руковаоца беспилотним ваздухопловним системима за професионалну употребу, била она транспорт људи или аерофотограметријско снимање, мора много више да се приближи обуци за пилоте. Јер само на тај начин може да се премости неповерење и да се омогући пун потенцијал беспилотних ваздухопловних система.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Wolf, Paul; Dewit, Bon; Wilkinson, Benjamin – Elements of photogrammetry with application in GIS; 2014.
2. Schenk, T - Introduction to photogrammetry, Department of civil and environmental engineering and geodetic science, The Ohio state university; 2005.
3. Einsenbeiss, H - UAV photogrammetry, doctoral thesis, Swiss Federal Institute of Technology in Zurich; 2009.
4. Commission delegate regulation (EU) 2019/945
5. Commission implementing regulation (EU) 2019/947
6. Закон о извозу и увозу робе двоструке намене („Службени гласник РС“ број 95/2013)
7. Правилник о беспилотним ваздухопловима („Службени гласник РС“, број 108/2015)
8. Уредба о класама ваздушног простора Републике Србије и условима за њихово коришћење („Службени гласник РС“, број 106/2013)
9. Уредба о поступку за издавање одобрења за снимање из ваздуха територије СРЈ и за издавање картографских и других публикација („Службени лист СРЈ“, број 54/1994)
10. Закон о државном премеру и катастру („Службени гласник РС“ др. 72/2009, 18/2010, 65/2013, 15/2015, 96/2015, 47/2017, 113/2017, 27/2018 и 41/2018)
11. Правилник о примени технологије глобалног навигационог сателитског система у областима државног премера и катастра („Службени гласник РС“ др. 72/2017)
12. Правилник о катастарском премеру и катастру непокретности („Службени гласник РС“ др. 7/2016) и
13. Правилник о топографском премеру и топографско-картографским производима („Службени гласник РС“ др. 7/2015)

СПИСАК СЛИКА:

Слика 1: Змај са камером, 1888. године	8
Слика 2: Аерофотограметријско снимање, 1916. године	8
Слика 3: Слика 3: Wild A7 стереорестуциона радна станица, Wild Heerbrugg 1952. године	9
Слика 4: Дигитална фотограметријска станица, GPSi aerial survey and mapping	9
Слика 5: VIUscan 3D laser scanner	10
Слика 6: Терестичко фотограметријско снимање	11
Слика 7: Аерофотограметријско снимање	11
Слика 8: Даљинска детекција	11
Слика 9: Професионална мерна камера, Rollei D7 Metric	12
Слика 10: Аматерска дигитална камера, Nikon Coolpix S3700	13
Слика 11: Дигитална аерофотограметријска камера, Leica ADS100	13
Слика 12: Аналогна аерофотограметријска камера, Zeiss RMK	14
Слика 13: Постоље за аерофотограметријску камеру, Leica PAV100	14
Слика 14: Сигналисање и опажање оријентационе тачке	15
Слика 15: Аеротриангулација	16
Слика 16: Беспилотни ваздухопловни систем	17
Слика 17: Балони са експлозивом коришћени у нападу Аустрије на Венецију 1839. године	18
Слика 18: Први авион на даљинско управљање преко радио везе	18
Слика 19: Беспилотни ваздухоплов са чврстим крилима, Geoscan 201	19
Слика 20: Коптери са једним (лево) и два (десно) ротора	20
Слика 21: Мултикоптери са четири (лево), шест (у средини) и осам (десно) ротора	20
Слика 22: Sony DSC-RX1 камера	21

СПИСАК ТАБЕЛА:

Табела 1: Преглед категорија беспилотних ваздухоплова из Правилника о беспилотним ваздухопловима Директората цивилног ваздухопловства	25
---	----