

**Друга меморијална научна конференција  
„Предраг Марић“**

# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**Ненад Стекић  
Младен Милошевић (ур.)**



# ЗБОРНИК РАДОВА

Друга меморијална научна конференција  
„Предраг Марић“

Др Ненад Стекић  
Проф. др Младен Милошевић (ур.)

Београд,  
децембар 2023.

**Зборник радова<sup>1</sup> са друге меморијалне  
научне конференције „Предраг Марић“  
20. март 2023.**

---

**Издавач**

Универзитет у Београду – Факултет безбедности

**За издавача**

Проф. др Владимир Н. Цветковић

**Уредници**

Др Ненад Стекић

Проф. др Младен Милошевић

**Техничко уређивање**

Јана Марковић

**Дизајн корице**

Ненад Стекић

**Тираж**

100

**ISBN 978-86-80144-63-4**

**Штампа**

Академска мисао

Приморска 21, Београд

**ОДРИЦАЊЕ ОД ОДГОВОРНОСТИ**

*Мишљења представљена у овој публикацији не представљају  
званичне ставове организација у којима су њени аутори запослени,  
нији представљају ставове уредника нији издавача овој Зборника.*

---

<sup>1</sup> Конференција и израда овог Зборника су реализовани у оквиру пројекта који финансира Фонд за науку Републике Србије у оквиру Програма "ИДЕЈЕ" - Management of New Security Risks - Research and Simulation Development, NEWSIMR&D, #7749151.

## **Програмски одбор Конференције**

- **Проф. др Владан Ђокић**, ректор Универзитета у Београду и редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду, председник
- **Проф. др Ратко Ристић**, проректор Универзитета у Београду и редовни професор Шумарског факултета Универзитета у Београду
- **Проф. др Владимир Н. Цветковић**, декан и редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду
- **Проф. др Владан Кузмановић**, декан и редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду
- **Проф. др Горан М. Роглић**, декан и редовни професор Хемијског факултета Универзитета у Београду
- **Проф. др Јасмина Гачић**, редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду
- **Проф. др Младен Милошевић**, редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду
- **Проф. др Ненад Путник**, редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду
- **Проф. др Петар Станојевић**, редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду
- **Др Ненад Стекић**, научни сарадник Института за међународну политику и привреду

## **Организациони одбор**

- **Проф. др Младен Милошевић**, редовни професор Факултета безбедности Универзитета у Београду, председник
- **Бобан Стевановић**, дипломирани инжењер, заменик начелника Сектора за ванредне ситуације Министарства унутрашњих послова Републике Србије
- **Мср Данило Потпарић**, докторанд Филолошког факултета Универзитета у Београду, шеф Кабинета Ректора Универзитет
- **Мср Никола Савић**, докторанд Факултета политичких наука Универзитета у Београду, стручни саветник и координатор пројеката Универзитета у Београду

# САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР.....	1
<b><u>НОРМАТИВНИ ОДГОВОР НА САВРЕМЕНЕ БЕЗБЕДНОСНЕ РИЗИКЕ И ВАНРЕДНЕ СИТУАЦИЈЕ</u></b>	
<b>САВРЕМЕНИ ИЗАЗОВИ ВАНРЕДНОГ СТАЊА И УСТАВНИ СУД СРБИЈЕ</b> ВЛАДАН ПЕТРОВ.....	4
<b>КОРУПЦИЈА КАО КОНСТАНТНИ БЕЗБЕДНОСНИ РИЗИК</b> БОЖИДАР БАНОВИЋ .....	18
<b>„ПРОФЕСИОНАЛИ НЕХАТ“ – КРИВИЧНОПРАВНИ ОДГОВОР НА ПРОФЕСИОНАЛНЕ РИЗИКЕ</b> ЈОВАНА БАНОВИЋ .....	33
<b>БЕЗБЕДНОСНА ФУНКЦИЈА КРИВИЧНОГ ПРАВА И ПРЕВЕНТИВНА ПАРАДИГМА У САВРЕМЕНОМ ДИСКУРСУ-КРИТИЧКИ ПРИСТУП</b> ИВАНА П. БОДРОЖИЋ .....	46
<b>ПОЈЕДИНИ АСПЕКТИ ЗАКОНСКЕ НОВЕЛЕ О ТУЖИЛАШТВИМА ПОСЕБНЕ НАДЛЕЖНОСТИ</b> АЛЕКСАНДРА ИЛИЋ.....	60
<b>ПОЛОЖАЈ ВРХОВНОГ ЗАПОВЕДНИКА ОРУЖАНИХ СНАГА У КОНТЕКСТУ САВРЕМЕНИХ БЕЗБЕДНОСНИХ РИЗИКА – УПОРЕДНИ ПРЕГЛЕД</b> ВЛАДИМИР МИКИЋ .....	73
<b>КРИПТО-ВАЛУТЕ И АНОНИМНОСТ, МИТ ИЛИ РЕАЛНОСТ</b> ЗВОНИМИР ИВАНОВИЋ.....	85
<b>HARMONIZATION OF LEGISLATIVE EFFORTS FOR PROTECTION OF CRITICAL CANDIDATE COUNTRIES</b> MARJAN GJUROVSKI, VESNA POPOSKA, GJORGI ALCHESKI .....	108
<b>КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ И БЕЗБЕДНОСНИ РИЗИЦИ - ИЗМЕЂУ ПРОЦЕНА И (НЕКОХЕРЕНТНОГ) НОРМАТИВНОГ ОДРЕЂЕЊА</b> ДРАГОЉУБ ТОДИЋ .....	118
<b>ВОЈНИ ОДГОВОР НА ВАНРЕДНЕ СИТУАЦИЈЕ</b> ЗОРАН ЈЕФТИЋ, МИРОСЛАВ МЛАДЕНОВИЋ .....	132

## **МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУПИ И АЛАТИ У АНАЛИЗИ РИЗИКА ОД КАТАСТРОФА**

<b>СОФТВЕРСКИ СИСТЕМ ЗА УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ЗАСНОВАН НА ВЕШТАЧКОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ</b> ПЕТАР СТАНОЈЕВИЋ, МИРЈАНА МИСИТА, ГОРАН ЂУРИЋ.....	144
<b>ЗАШТИТА КРИТИЧНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ У НОВОМ ГЕОПОЛИТИЧКОМ ОКРУЖЕЊУ</b> ЗОРАН ДРАГИШИЋ .....	154
<b>ПРОБЛЕМИ ПРОЦЕНЕ РИЗИКА У ЗАШТИТИ КРИТИЧНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ</b> ГОРАН МАТИЋ, ИВАНА РЕБРАЧА .....	169
<b>ОРГАНИЗАЦИОНИ МОДЕЛИ ИНСТИТУЦИЈА ЗА УПРАВЉАЊЕ ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА У ДРЖАВАМА БИВШЕ СОЦИЈАЛИСТИЧКЕ ФЕДЕРАТИВНЕ РЕПУБЛИКЕ ЈУГОСЛАВИЈЕ</b> МИЛОШ МИЛЕНКОВИЋ, НИКОЛА МИТРОВИЋ, ДАЛИБОР КЕКИЋ.....	184
<b>ПРИКАЗИ КРИЗА И КАТАСТРОФА У ИНФОРМАТИВНИМ МЕДИЈИМА</b> ЖЕЛИМИР КЕШЕТОВИЋ, КРИСТИНА РАДОЈЕВИЋ.....	196
<b>КОНЦЕПТ „5 КАПИТАЛА“ – ОКВИР ЗА АНАЛИЗУ ОТПОРНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНИХ СИСТЕМА</b> ЗОРАН КЕКОВИЋ.....	209
<b>ДОМЕТИ ПРИМЕНЕ ОНЛАЈН БЕЗБЕДНОСНИХ АЛАТА У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА</b> СЛАЂАНА ЂУРИЋ.....	231
<b><u>ОДГОВОР ЛОКАЛНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ НА ИЗАЗОВЕ ВАНРЕДНИХ СИТУАЦИЈА</u></b>	
<b>ПРИМЕНА ОПШТЕ МОРФОЛОШКЕ АНАЛИЗЕ У СИСТЕМУ ОБНОВЕ И ПОМОЋИ НА НИВОУ ЛОКАЛНИХ ЗАЈЕДНИЦА</b> ИВИЦА ЂОРЂЕВИЋ, ОЗРЕН ЏИГУРСКИ.....	244
<b>ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ПРУЖАЊА ПСИХОЛОШКЕ ПРВЕ ПОМОЋИ У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА</b> АНИТА КЛИКОВАЦ.....	262
<b>ЕДУКАЦИЈА И ОСПОСОБЉАВАЊЕ СЛУЖБЕНИКА ОБЕЗБЕЂЕЊА У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА – СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ</b> ГОРАН Ј. МАНДИЋ.....	274
<b>ГРАДСКА ВЛАСТ КАО ПРОВАЈДЕР УРБАНЕ БЕЗБЕДНОСТИ: МЕРЕ ЗАШТИТЕ ОД ЕЛЕМЕНТАРНИХ НЕПОГОДА У ГРАДУ БЕОГРАДУ</b> АНА ПАРАУШИЋ, МИЛАН ЛИПОВАЦ .....	282

<b>ЗНАЧАЈ И УЛОГА КОМАНДАНАТА ОПШТИНСКИХ И ГРАДСКИХ ШТАБОВА ЗА ВАНРЕДНЕ СИТУАЦИЈЕ У СМАЊЕЊУ РИЗИКА ОД КАТАСТРОФА И УПРАВЉАЊУ ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА</b>	
ИГОР ЈОВАНОВИЋ .....	291
<b>УЛОГА СЛУЖБЕНИКА ОБЕЗБЕЂЕЊА У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА</b>	
ЈАНА МАРКОВИЋ .....	299
<b>КОРИШЋЕЊЕ UAV ФОТОГРАМЕТРИЈЕ И ЛАСЕРСКОГ СКЕНИРАЊА ИЗ ВАЗДУХА (LIDAR) ПРИЛИКОМ ПРАЂЕЊА АКТИВНОСТИ КЛИЗИШТА НА УМЦИ</b>	
АНАСТАСИЈА МАРТИНЕНКО, ДРАГАНА МАРКОВИЋ, НЕНАД БРОДИЋ .....	311
<b><u>СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА</u></b>	
<b>РЕАДМИСИЈА ИРЕГУЛАРНИХ МИГРАНАТА - ОЧЕКИВАЊА И РЕАЛНОСТ</b>	
ВЛАДИМИР Н. ЦВЕТКОВИЋ, ДЕЈАН ПЕТРОВИЋ .....	324
<b>ЛОГИСТИЧКИ И ВОЈНИ ИЗАЗОВИ У УСЛОВИМА ПАНДЕМИЈЕ – СТУДИЈА СЛУЧАЈА COVID-19</b>	
ДЕЈАН ВУЛЕТИЋ .....	340
<b>ДА ЛИ ЈЕ ОТПОР ПРЕМА ВАКЦИНАЦИЈИ ПИТАЊЕ НАЦИОНАЛНЕ БЕЗБЕДНОСТИ?</b>	
ВАЊА РОКВИЋ .....	352
<b>КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ КАО МУЛТИПЛИКАТОР ЕЛЕМЕНТАРНИХ НЕПОГОДА</b>	
МИЛОШ ТОМИЋ, ДЕЈАНА ЈОВАНОВИЋ ПОПОВИЋ, ЈАСМИНА ГАЧИЋ .....	367
<b>БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ РЕЛАЦИОНЕ ВЕЗЕ ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКИХ КАТАСТРОФА СА КОНЦЕПТОМ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА И ЕКОЛОШКОМ ОДРЖИВОШЋУ</b>	
МИЛОШ ТОШОВИЋ .....	380
<b>САЈБЕР ОСТРАКИЗАМ – ПОЈАМ, КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПОСЛЕДИЦЕ</b>	
НЕНАД ПУТНИК .....	394
<b>ТАЈНЕ ЛАБОРАТОРИЈЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ СИНТЕТИЧКИХ ДРОГА КАО БЕЗБЕДНОСНИ ИЗАЗОВ ЗА ПОЛИЦИЈУ</b>	
БОЖИДАР ОТАШЕВИЋ .....	402
<b>ЦИЉАНИ ФИШИНГ И МАШИНСКО УЧЕЊЕ</b>	
АНА КОВАЧЕВИЋ, МАРИЈА ЕРИЋ .....	418
<b>БЕЗБЕДНОСТ ДЕЦЕ И „AMBER ALERT“: ПЕРСПЕКТИВА ИНТЕГРАЦИЈЕ СИСТЕМА У РАД ПОЛИЦИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ</b>	
ЛАЗАР СТОЈАНОВИЋ .....	431

<b>АДАПТАЦИЈА ЈАВНОГ ОТВОРЕНОГ ПРОСТОРА У РОМАНИЈСКОЈ УЛИЦИ НА ТЕРИТОРИЈИ ГРАДА НИША НА ПОПЛАВЕ И СУШЕ ПРИМЕНОМ ПРИНЦИПА ЕКОЛОШКОГ ДИЗАЈНА</b>	
НЕМАЊА ЈОВАНОВИЋ .....	441
<b>ПРАВИЛА УЕФА О БЕЗБЕДНОСТИ НА ФУДБАЛСКИМ УТАКМИЦАМА</b>	
МИЛОШ СТАНИЋ, МИРОСЛАВ ЂОРЂЕВИЋ .....	469
<b>ИНДИКАТОРИ ЕНЕРГЕТСКЕ БЕЗБЕДНОСТИ И ЕНЕРГЕТСКОГ СИРОМАШТВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ</b>	
МИЛИЦА САВИЋ, ЗОРАНА ПЕТОЈЕВИЋ, НЕНАД ИВАНИШЕВИЋ .....	486
<b>УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ ПРИЛИКОМ НЕКОНТРОЛИСАНОГ ОСЛОБАЂАЊА СМЕШЕ ГАСОВИТИХ УГЉОВОДНИКА (UN 1965) У ПРОЦЕСУ МАНИПУЛАЦИЈЕ</b>	
МОМЧИЛО МАТИЈАШЕВИЋ, ЈОВИЦА БОЈИНОВИЋ.....	500
<b>ОСНИВАЊЕ И ПОЧЕТАК РАДА ПОЖАРНЕ ЧЕТЕ БЕОГРАДСКЕ ОПШТИНЕ</b>	
МОМЧИЛО ПАВЛОВИЋ .....	512





## Предговор

Проучавање ванредних ситуација, њихово правно регулисање, као и одговор органа власти на државном и локалном нивоу представљају изузетно значајан аспект функционисања савременог друштва. Сталне промене у околини, технолошки развој и геополитички фактори често изазивају непредвидиве догађаје који остављају несагледиве последице по безбедност заједнице, имовине и природне средине. Национална меморијална конференција „Предраг Марић“ представља израз настојања да се на научном и стручном нивоу понуде адекватна решења за креативне стратешке одговоре на изазове проистекле умножавањем испољавања ванредних ситуација и катастрофа у Републици Србији у последње време.

Редовна годишња Конференција је посвећена успоми на прерано преминулог генерала полиције Предрага Марића, дугогодишњег помоћника министра унутрашњих послова, начелника Сектора за ванредне ситуације, предавача Универзитета у Београду - Факултета безбедности, пионира и идејног творца система смањења ризика од катастрофа у Републици Србији. Догађај су, 20. марта 2023. године, заједнички организовали Универзитет у Београду, Факултет безбедности Универзитета у Београду, Институт за међународну политику и привреду и Министарство унутрашњих послова Републике Србије.

Учесници Конференције су кроз 7 тематских панела представили резултате научних истраживања и иновативне предлоге за обраду актуелних и надолazeћих безбедносних изазова, ризика и претњи попут транспорта и складиштења опасних материја, епидемија заразних болести, тероризма, масовних миграција, организованог криминалитета, затим елементарних непогода, претњи у сајбер простору, као и безбедности информација, урбане безбедности, те геопросторних аспеката управљања ризиком од катастрофа.

Овај Зборник саопштења произашао је из истраживачког пројекта *NEWSIMR&D - Management of New Security Risks – Research and Simulation Development*, ког у оквиру програма „ИДЕЈЕ“ финансира Фонд за науку Републике Србије. Пројекат је посвећен анализи ванредних ситуација и пружању нормативних одговора на савремене безбедносне ризике. Циљ пројекта је оснивање Националног симулационог центра у оквиру ког ће се вршити софтверско симулирање свих врста безбедносних ризика, као и израда стратегија за ефикасно управљање кризама. Својим обухватом и мултидисциплинарним приступом, пројекат доприноси развоју стратегија и софтверских симулација за ефикасно управљање безбедносним ризицима у савременом друштву.

Зборник се састоји од 37 радова организованих у четири тематске целине, свака посвећена специфичном аспекту теме конференције. Прва целина, "Нормативни одговор на савремене безбедносне ризике и ванредне ситуације", анализира правне и нормативне оквире у циљу одговора на изазове модерних ризика. Ова целина обухвата широк спектар тема, укључујући концепт

ванредног стања и улогу Уставног суда Србије, проблеме корупције као константног безбедносног ризика, кривичноправни одговор на професионалне ризике, безбедносну функцију кривичног права и превентивну парадигму.

Друга целина, "Методолошки приступи и алати у анализи ризика од катастрофа", фокусира се на истраживачке методе и алате који су кључни за разумевање и процену ризика од катастрофа. Аутори истражују иновативне софтверске системе за управљање ризиком засноване на вештачкој интелигенцији, заштиту критичне инфраструктуре у новим геополитичким окружењима, проблеме процене ризика у заштити критичне инфраструктуре Републике Србије и организационе моделе институција за управљање ванредним ситуацијама.

Трећа целина, "Одговор локалне заједнице на изазове ванредних ситуација", истражује улогу локалних заједница у суочавању са ванредним ситуацијама, пружајући увид у стратегије и механизме њиховог одговора. Теме ове целине обухватају примену опште морфолошке анализе у систему обнове и помоћи на нивоу локалних заједница, основне принципе психолошке прве помоћи у ванредним ситуацијама, едукацију и оспособљавање службеника обезбеђења, градску власт као провајдер урбане безбедности и улогу команданата општинских и градских штабова за ванредне ситуације.

Последња целина, "Студије случаја", представља конкретне примере из праксе, нудећи дубље разумевање конкретних ситуација и пружајући основу за даље истраживање. Теме укључују реадмисију ирегуларних миграната, логистичке и војне изазове у условима пандемије (COVID-19), однос према вакцинацији и националну безбедност, климатске промене, кибер остракизам, безбедносне аспекте релационе везе техничко-технолошких катастрофа и концепт одрживог развоја, као и проблеме у примени фотограметрије коришћењем беспилотних летелица и LIDAR-а у пракси.

Верујемо да текстови изложени у наставку, представљају плодотворан допринос у пружању актуелних одговора на изазове са којима се суочавамо, као и да ће меморијална конференција посвећена Предрагу Марићу наставити да окупља еминентне стручњаке из различитих области уједињених у овом заједничком напору. Стога се надамо да ће Зборник уједно представљати и важан корак ка бољем разумевању и управљању ванредним ситуацијама и ризицима. Захваљујемо се свим учесницима конференције "Предраг Марић" на њиховом доприносу и раду који ће, надамо се, инспирисати даље истраживање и унапређење безбедности у нашем друштву.

У Београду,  
децембар 2023.

Уредници  
Др Ненад Стекић  
Проф. др Младен Милошевић

## КОРИШЋЕЊЕ UAV ФОТОГРАМЕТРИЈЕ И ЛАСЕРСКОГ СКЕНИРАЊА ИЗ ВАЗДУХА (LiDAR) ПРИЛИКОМ ПРАЋЕЊА АКТИВНОСТИ КЛИЗИШТА НА УМЦИ

Анастасија МАРТИНЕНКО<sup>1</sup>  
Драгана МАРКОВИЋ<sup>2</sup>  
Ненад БРОДИЋ<sup>3</sup>

### Апстракт

Клизишта, као природне непогоде, егзистирају годинама, па у неком случајевима и више деценија. Због штетних последица које проузрокују, а како би се потенцијална опасност благовремено уочила и на време спречила, потребно је спроводити континуирани мониторинг активности клизишта. Овај рад приказује праћење активности клизишта Дубоко на Умци у периоду од годину дана (2018 – 2019). Коришћене су 2 технике прикупљања података – UAV фотограметрија и LiDAR ласерско скенирање из ваздуха. UAV системи беспилотних летелица омогућавају laku примену при снимању мањих подручја уз приступачнију цену од конвенционалних фотограметријских система. Веома су корисни у неприступачним пределима, на пример приликом пожара, поплава или других природних непогода. Са друге стране, LiDAR систем се показао као јако користан код снимања терена обраслог густом вегетацијом. Како би се показало коришћење обе технологије, а и примена различитих програма за обраду података, клизиште је подељено на 2 дела – горњи и доњи део клизишта. Подаци за 2019. годину, за оба дела клизишта, су прикупљени уз помоћ UAV фотограметрије, као и за 2018. годину горњег дела клизишта, док су подаци о доњем делу клизишта за 2018. прикупљени LiDAR-ом. Активност клизишта је посматрана на 2 начина: кроз праћење висинског померања терена и детекцију померања објеката (хоризонтално померање). Детекција померања терена извршена је на основу генерисаних дигиталних модела терена, док је хоризонтално померање посматрано кроз генерисане ортофотое. У завршном делу рада на основу теоријских поставки и експерименталне реализације изведени су закључци у погледу примењивости UAV система као алтернативне фотограметријске платформе за снимање и ласерског скенирања из ваздуха у циљу праћења кретања клизишта.

**Кључне речи:** UAV, фотограметрија, клизиште, Умка, LiDAR.

---

<sup>1</sup> Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Београд, amartinenko@grf.bg.ac.rs.

<sup>2</sup> Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Београд, dragana.markoviceva@gmail.com.

<sup>3</sup> Грађевински факултет, Универзитет у Београду, Београд, nbrodic@grf.bg.ac.rs.

## УВОД

Активности човека одувек су се везале за површ планете Земље, те су саме информације о истој одувек биле потреба и човек је настојао да осмисли најефикаснији начин за њихово прикупљање. Стални напредак и усавршавање технологија прикупљања података довело је до масовног прикупљања просторних података за кратак временски период у поређењу са класичним методама мерења. Подручја захваћена елементарним непогодама (поплаве, пожари, земљотреси, клизишта...) треба у кратком року евидентирати и сачинити записник о величини непогоде. У данашње време сведоци смо све већег развоја фотограметријских система који омогућавају прикупљање података из ваздуха.

*UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* системи се састоје из беспилотне летелице и командне платформе. Разлог окупљања пажње фотограметријске јавности овом технологијом лежи управо у све већим летачким могућностима и приступачнијим ценама од конвенционалних фотограметријских система. Могућност даљинског управљања са земље, и погодност за снимања мањих и неприступачних подручја довели су до све веће експанзије *UAV* фотограметрије. Са друге стране, *UAV* фотограметрија као и друге методе аутоматизоване дигиталне фотограметрије имају своје недостатке. Један од главних недостатака јесте непрецизност у пределима обрастим густом вегетацијом. Како би се ови недостаци надоместили користе се друге методе премера. Једна од метода за превазилажење ових препрека, свакако јесте ласерско скенирање из ваздуха. Обрада података ласерског скенирања резултира облаком тачака који се даље може генерисати у дигитални модел терена односно површи. Развој *LiDAR* система довео је до коришћења *RGB/NIR* камера које омогућавају генерисање квалитетних ортофото снимака.

Могућности коришћења ових метода приказана су у експерименталној реализацији снимања клизишта Дубоко код Умке. На основу података добијених овим методама извршена је детекција померања терена и објеката чиме је установљена активност клизишта у размаку од годину дана (2018-2019).

## ИНТЕРЕСНО ПОДРУЧЈЕ

Клизиште Умка је веома старо клизиште и његово формирање је везано за геолошку грађу терена и вековну еволуцију реке Саве. Налази се у близини Обреновца, у Србији, уз десну обалу река Саве и Дунава. Клизиште Умка је дубоко 10-26 m и простире се на површини од 1,8 km<sup>2</sup>. Просечна дубина клизишта је око 14 m, а просечан нагиб 9°. Горњи део клизишта је окружен стрмим делом висине 5-25 m, док низводно деоница клизишта нема изражени скок (Митровић и Јелисавац 2006).

Ово клизиште је активно од почетка 20. века, како говоре до сада познати подаци, али експанзију доживљава 70-их година прошлог века. На ово значајно утиче повећање броја становника у овом подручју. Изградњом нових објеката

активност клизишта се повећава (изградња објеката на самом клизишту поспешује антропогене услове развоја процеса клижења).



Слика 1: Клизиште Дубоко на Умци

Као што се може видети са слике, клизиште је подељено на 3 дела:

- Блок А – обухвата највећи део насеља и то са максималном дужином од 26 m;
- Блок Б – део насеља између магистрале и реке Саве који представља најактивнији део клизишта, и тако проузрокује велику штету на објектима;
- Блок Ц – представља најудаљеније бочно крило клизишта и обухвата најмању површину.

### МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Постоји неколико платформи које се користе за праћење појаве клизишта методом даљинске детекције, на којима се прикупљају подаци о померању клизишта. UAV фотограметрија је релативно нова метода даљинске детекције. UAV системи су постали популарни у решавању проблема у различитим областима, укључујући праћење клизишта. Паралелно са развојем технологије, UAV системи се последњих година користе у комбинацији са GPS-ом, IMU (*Inertial Measurement Units*) и камерама високе резолуције, а користе се у дигиталном мапирању и фотограметрији за научна истраживања.

Праћење клизишта коришћењем UAV система је интегрисани процес који укључује истраживање терена и методе аерокартирања. Сви мерни уређаји су интегрисани у UAV систем који лети на мањим висинама од сателита или авиона. Сви подаци о положају добијају се снимањем, осим одређивања и мерења контролних тачака. Геореференцирање слика се врши на основу оријентационих тачака (GCP) које се добијају са терена пре коришћења

софтверског програма *Agisoft Metashape*. Потребан је добар скуп података да би се аутоматски добили резултати високог квалитета и прецизности.

У подручју од интереса постављено је 65 оријентационих тачака и на терену су извршена *RTK-GNSS* опажања у облику скупа тачака равномерно распоређених у односу на четири *GNSS* базне станице постављене на стабилном терену (*S1*, *S2*, *S3* и *S4*). Разлог коришћења већег броја *GCP*-а је смањење систематских грешака у блоку снимања које се могу појавити приликом коришћења ове методологије. Грешке могу потицати из различитих извора, као што су слаб преклоп слика, замућеност слика, конфигурације лета, број и дистрибуција оријентационих тачака као и из разних модела камера које се користе у различитим *SfM* софтверима (Perra et al. 2019).

У оквиру снимања горњег дела клизишта из 2018. године, за подручје снимања направљено је више од две хиљаде преклапајућих слика како би се обухватило цело клизиште за стварање густог облака тачака. Прикупљени снимци за клизиште, након филтрирања и елиминисања снимака који су били замућени или настали приликом наглих заокрета летелице, остало је 1105 снимака који су коришћене за даљу обраду. Обезбеђено је преклапање снимака од 80-90% и око 60% попречног преклопа. Снимци су добијени са просторном резолуцијом од 2.2 cm. Извршено је седам летова ради покривања целог интересног подручја због ограничења времена лета летелице и максималне удаљености *UAV*-а која мора бити у складу са прописима о лету (максимално 500 m од места полетања и јасна видна линија без препрека). Летови су вршени током два сунчана дана са оптималним ветровима.

Како је један од циљева овог рада могућност приказа комбиновања података *UAV* фотограметрије са другим техникама, подаци о доњем делу клизишта за 2018. годину прикупљени су ласерским скенирањем из ваздуха. *LiDAR* подаци прикупљени су у оквиру пројекта снимања територије града Београда приликом чега су прикупљени и подаци о општини Чукарица и Обреновац, те самим тим и подаци о клизишту.

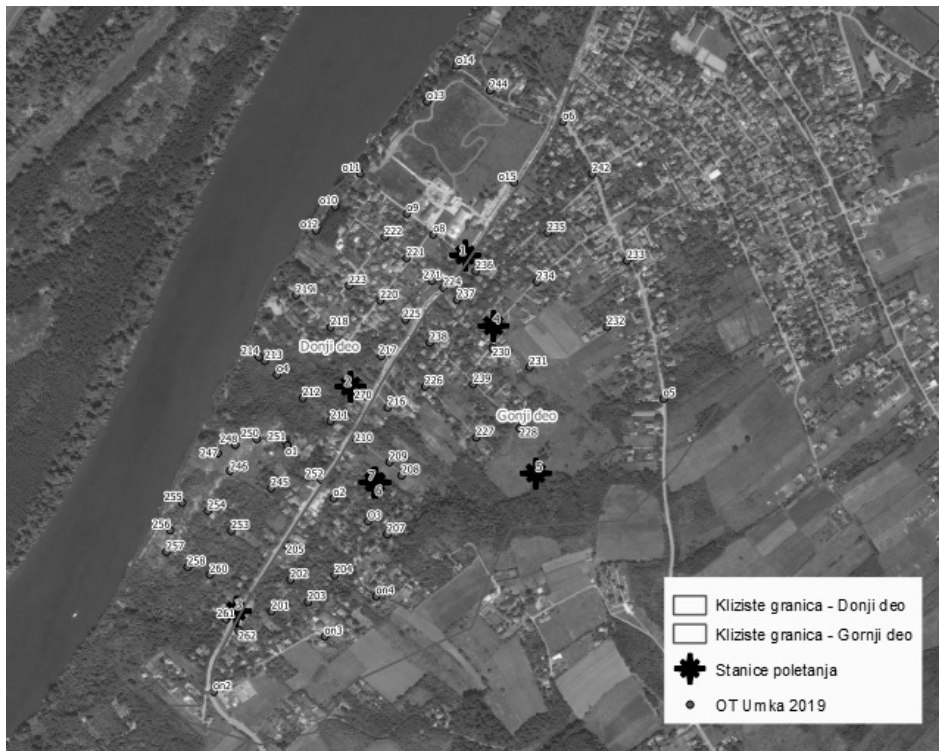
Реализација снимања оба дела клизишта извршена је у рано пролеће 2019. године (крај марта). Пре саме реализације извршени су теренски радови који подразумевају следеће:

- распоред и рекогносцирање места за постављање оријентационих тачака;
- фотосигналисање тачака (након дефинисања величине и облика) и одређивање координата *GPS* пријемницима;
- вођење записника описа положаја оријентационих тачака.

Током марта 2019. године применом *UAV* фотограметрије снимљено је подручје клизишта на Умци. Направљено је више од 2000 слика. Након ручног уклањања слика које су замађене или настале приликом оштрог заокрета летелице, остављено је 884 снимака за даљу обраду. Обезбеђено је преклапање од најмање 90%, а преклапање између редова од око 60%. Такође обезбеђена је висина летелице од 80 m изнад станице за полетање. Снимци су

КОРИШЋЕЊЕ UAV ФОТОГРАМЕТРИЈЕ И ЛАСЕРСКОГ СКЕНИРАЊА ИЗ ВАЗДУХА (LIDAR)  
ПРИЛИКОМ ПРАЋЕЊА АКТИВНОСТИ КЛИЗИШТА НА УМЦИ  
- Анастасија МАРТИНЕНКО; Драгана МАРКОВИЋ; Ненад БРОДИЋ -

добijени са просторном резолуцијом од 2.2 cm. Извршено је седам летова да би се покрило подручје блока А и Б (Слика 2). Како у оквиру блока Ц нема никаквих објеката, а терен је обухваћен густим растињем и крајње неприступачан, овај блок није ни снимљен.



Слика 2: Подручје клизишта Умка са означеним GCP-ом и илчкама йолеињања за сваку од мисија за 2019. йодину.

Контрола лета вршена је помоћу земаљске контролне станице. UAV систем омогућава аутоматско испуњавање задатих параметара лета, али се исто мора и проверавати. Летелица је одржавала висину лета од 80 m изнад терена обезбеђујући при томе просторну резолуцију од 2.2 cm. Као што се види на Слици 2 подручје је прекривено са 7 снималишта због ограничавајућег трајања лета као и законске регулативе која прописује да максимална удаљеност летелице може бити 500 m у видном пољу без препрека.

Оно што је битно напоменути, јесте да је пре саме реализације снимања потребно обезбедити испуњавање захтева прописаних законском регулативом о беспилотним летелицама („Правилник о беспилотним ваздухопловима“ („Службени гласник РС“, број 108-15)) и друга законска регулатива. За потребе детекције промене односно праћење мониторинга клизишта, генерисан је дигитални модел терена. На тај начин добија се увид у висинске разлике настале за годину дана – 2018. и 2019. године. Као што се види из шеме



приказане у уводу експерименталног дела рада, дигитални модел терена израђује се на основу густог облака тачака.

Мерење вертикалних и хоризонталних померања може нам помоћи да разумемо механизам клизишта. Вертикално померање терена се може посматрати формирањем ДМТ-а, а хоризонтално померање, односно померања објеката, може се пратити детекцијом објеката на ортофото снимцима.

## РЕЗУЛТАТИ

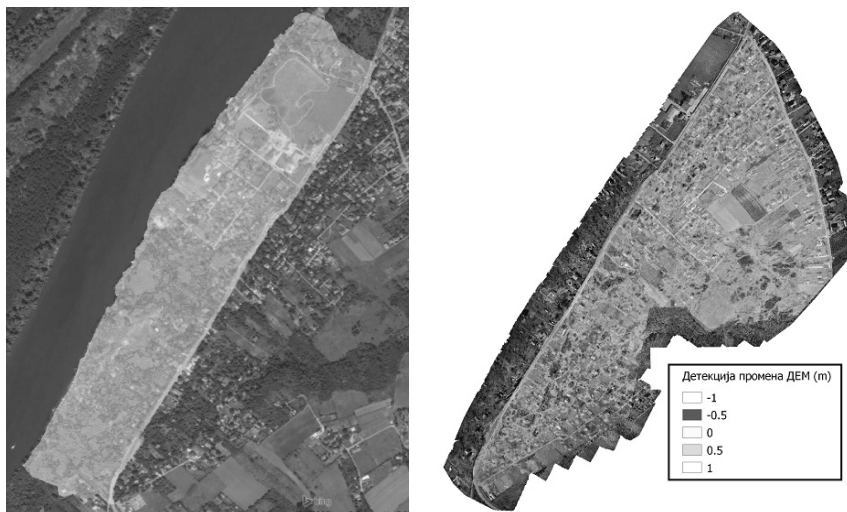
Активност клизишта може се посматра на 2 начина: кроз праћење висинског померања терена или детекцију померања објеката (хоризонтално померање). Детекција померања терена врши се на основу дигиталног модела терена израђеног за 2018. као и за 2019. годину.

Ове информације могу се добити посматрањем висинске разлике настале у периоду испитивања (2018-2019. године). На Слици 3 приказан је растер висинских разлика. Негативне вредности које су представљале денивелацију или ерозију терена обележене су различитим нијансама црвене боје, док су позитивне вредности које представљају издизање или акумулације представљене различитим нијансама зелене боје.

Из приложеног се види да се највећа померања терена дешавају у подручју густе вегетације. У овим деловима клизишта јавља се висинско одступање, до пар метара (максимално 2.6 m, минимални -4 m). Ово се дешава као последица усвајања висине вегетације за висину терена. Уколико је постојала висока вегетација на том подручју 2018. године, или рупе које су након тога интерполоване неприродно, те тачке могу бити класификоване као тачке терена. Из тог разлога ти предели не могу бити усвојени као адекватни за праћење активности клизишта кроз померање терена.

Детекцију померања терена треба врши у деловима подручја која су стабилна и нису обрасла густом вегетацијом. У таквим деловима максимално померање износи +50 cm, а минимално -50 cm. Са Сlike 3 може се уочити да већи део клизишта има поменуте вредности висинске разлике.

Померање клизишта је праћено коришћењем дигиталног модела терена (ДМТ). Одузимањем два ДМТ-а из различитих временских епоха (одузимање ДМТ 2018 и од ДМТ 2019) унутар ГИС окружења даје растер који представља промену рељефа у периоду од годину дана. Овај приступ је узео у обзир ДМТ грешку која се јавља током интерполације. На основу ове анализе добијен је опсег вредности од -1 m до 1 m.



Слика 3: Различите епохе ДМТ-а 2018. и 2019. године

Праћењем типичних делова клизишта могу се уочити промене настале током периода од годину дана те се тако уочавају промене настале у испитиваном периоду (2018 - 2019). Очекиване промене настале као последица активности клизишта износе од -1 m до 1 m. Највеће промене десиле су се у близини реке, као и у пределима густе вегетације.

Стога, посматрањем добијених резултата може се рећи да UAV фотограметрија, као и ласерско скенирање из ваздуха LiDAR, дају задовољавајуће резултате на праћењу активности клизишта.

Детекција померања објеката представља још један начин за праћење активности клизишта. Праћењем објеката уочава се хоризонтално кретање клизишта. Детекција померања објеката врши се на основу ортомозаика генерисаног из података за 2019. и 2018. годину. Ортомозаици су се показали као изузетно корисни у деловима где је терен видљив и где се текстура не понавља тако да метода поклапања слика (*Image Matching*) нормално функционише. Проблеми код детекције померања објеката се јављају код детекције ивице кровова објеката, или напрасног мењања висине. Хоризонтална померања клизишта могуће је уочити на основу упоредне анализе ортомозаика, фиксирањем неког објекта и мерењем вредности његовог просторног положаја тј. координата.

Детекција померања објеката извршена је на следећи начин:

На дигиталном ортофоту дигитализовано је 3 објекта на следећим локацијама:

1. у близини магистрале (Слика 4);
2. у близини реке (Слика 5);
3. у близини предела густе вегетације (Слика 6).

Измерена су растојања између тачака ивица објекта снимљеног 2019. године и објекта снимљеног 2018. године.

Дат је табеларни приказ добијених резултата померања (Табела 1). Користећи се овом методом детекције активности клизишта треба имати у виду следеће:

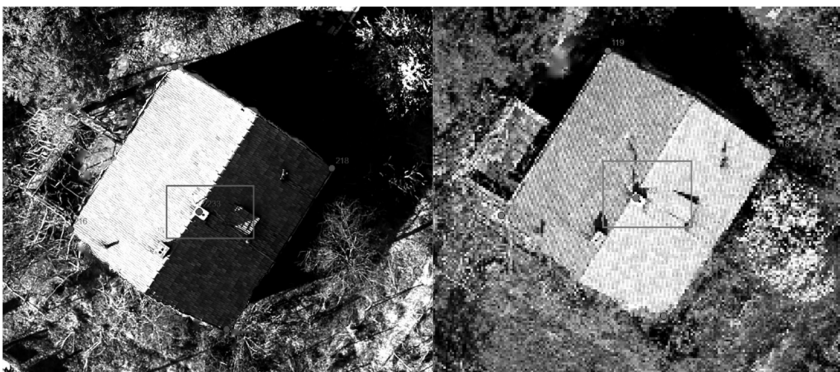
- Објект мора бити видљив и препознатљив на оба ортомозаика;
- Могу се уочити само хоризонтална померања;
- Прецизност мерења зависи од прецизности ортомозаика (Brodic et al. 2018).



*Слика 4: Детејекција померања објекта у близини магистрале*



*Слика 5: Детејекција померања објекта у близини реке*



*Слика 6: Детејекција померања објекта у близини јусне вегетације*

Растојање између тачака рачуна се помоћу QGis-овог алата *Distance Matrix*. Као резултат добија се .csv фајл са прегледним растојањима између сваке тачке. Табеларни преглед добијених растојања од детектованих тачака ивице објекта (тачке од интереса) снимљеног 2019. године до тачака ивице објекта снимљеног 2018. године дат је у табели испод:

Табела 1: Табеларни приказ дејектованих померања тачака на ивици објекта

Објекат	Тачка 2018	Тачка 2019	Растојање [m]
1	11	21	0.045
	12	22	0.062
	13	23	0.095
	14	24	0.094
	15	25	0.153
	16	26	0.146
	17	27	0.091
	18	28	0.046
	19	29	0.051
2	110	210	0.072
	111	211	0.024
	112	212	0.128
	113	213	0.101
	214	214	0.024
3	116	216	0.089
	117	217	0.097
	118	218	0.185
	119	219	0.078

Највеће растојање између детектованих тачака ивица објекта износи 18.5 cm на објекту у близини густе вегетације. Међутим, прецизност овог мерења не може се усвојити као 100% тачно управо зато што добијени резултати могу бити и последица различитог положаја камере у тренутку снимања истог објекта, као и проблема детекције ивице кровова. Из тог разлога на поменутиим објектима усвајају се фиксне тачке видљиве на објектима (Слике 4-6). Табеларни приказ добијених растојања између детектованих фиксних тачака на објектима дат је Табели 2:

Табела 2: Табеларни приказ дејектованих померања фиксних тачака на објектима

Објекат	Тачка 2018	Тачка 2019	Растојање [cm]
1	1111	2211	0.033
2	1122	2222	0.143
3	1133	2233	0.105

Највеће померање хоризонтално померање десило се на објекту у близини реке, док је најмање померање на објекту у близини магистрале, што је и очекивано. Други начин за уочавање промена које су настале као последица активности клизишта јесте праћење објеката који су се променили у испитиваном периоду. У овом делу клизишта постоји неколико објеката коју су променили своју структуру (напукао кров, порушен део зида, напукао зид, и томе слично) а којима се може приказати активност клизишта.

Са Слика 7 и 8 могу се уочити промене настале у виду пукотине на магистралном путу. Детектована промена није постојала током 2018. године, док је 2019. године пукотина изражена.

Добијени резултати померања објекта, могу се сматрати очекиваним. Стога употреба UAV технологије уз развој софтвера за обраду фотограметријских продуката и анализа са растрима, у даљим годинама може се само повећавати.



Слика 7: Дејекћивовани објектаи са њроменама – њуњ 2018. њодине и Слика 8: Пуњ 2019. њодине

## ДИСКУСИЈА

Проблеми са ДМТ-ом су се јављали у областима са пуно вегетације. Неке тачке ниске вегетације су класификоване као терен. Такође, није било могуће реконструисати тачке из облака у областима са густом вегетацијом, па су се приликом примене алгорита за филтрирање површина терена појавиле „рупе“ у подацима. У овом случају коришћена је метода интерполације за попуњавање рупа које су довеле до неприродне процене површина терена. Ортофото је добро генерисан на деловима где је терен био видљив и где није било понављања текстуре, а техника поређења слика је функционисала добро. Проблеми су настали на ивицама крова зграде и у близини других објеката где се висина нагло мења.

Тешко је пратити кретање објеката на основу дигиталног ортофотоа и ДМТ -а у року од годину дана, јер су на генерисаним ортофото снимцима кровови ивица кућа деформисани услед висинских скокова између терена и кровова.

## ЗАКЉУЧАК

UAV фотограметрија има неоспорну предност прикупљања података у ризичним ситуацијама у односу на друге методе. Праћење брзине клизишта геодетским методама траје дуго да би се описали помаци преко коначног броја тачака и обишли све постављене тачке.

У овом раду је приказано прикупљање података UAV системом са просторном резолуцијом од 2.2 cm, што омогућава веома тачне податке за даљу анализу и праћење кретања клизишта. ДМТ и ортофото са центиметарском резолуцијом омогућавају откривање малих промена како би се пратило кретање клизишта током времена. Предложена методологија показује прилично брзу аквизицију података са високом просторном резолуцијом.

Подаци UAV фотограметрије се врло лако комбинују са подацима добијеним коришћењем других техника те је стога кроз рад приказана и могућност коришћења LiDAR података који су се показали као јако корисни у подручјима густе вегетације те поређење израђених продуката добијених кроз 2 различите методе.

Методологија праћења активности клизишта, приказана у раду, може се понављати током времена, омогућавајући праћење и анализу клизишта на основу ДМТ-а и ортофото или одређивање кретања по висини и положају.

У оквиру процедуре примењене у раду, уочен је проблем да UAV фотограметрија не даје добре резултате на подручјима са густом вегетацијом. Препоручује се да се у овим ситуацијама снимање обави пре почетка листања вегетације.

## БИБЛИОГРАФИЈА

- Abolmasov, B. 2010. "Landslide types and processes in Serbia". Abstract Proceedings of 1st Workshop of the Project Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia, 22-24 November 2010 (pp 39–39). Dubrovnik, Croatia.
- Abolmasov, B., Milenković, S., Marjanović, M., Đurić, U., and Jelisavac, B. 2014. "A geotechnical model of the Umka landslide with reference to landslides in weathered Neogene marls in Serbia", *Landslides Journal of the International Consortium on Landslides* ISSN 1612-510X.
- Mihajlović, D. 2014. "Inženjerska fotogrametrija", pisana predavanja.
- Lucier, A., Jong, S. M., and Turner, D. 2014. "Mapping landslide displacements using structure from motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography", *Progress in Physical Geography*, 38: 97-116.
- Brodić, N., Cvijetinović, Ž., Božić, B., and Mihajlović, D. 2018. "UAS photogrammetry for monitoring active landslide (UMKA, Serbia)". 1st Westwen Balkan Conference (pp. 274-276). Tirana, Albania.
- Mitrović, P. and Jelisavac, B. 2006. "Sanacija klizišta „DUBOKA“", UDK: 624.131.573.004.67(497.11 "DUBOKA")=861
- Peppas, M. V., Mills, J. P., Moore, P., Miller, P. E., and Chambers, J. E. 2019. "Automated co-registration and calibration in SfM photogrammetry for landslide change detection". *Earth Surf. Process. Landforms*, 44: 287– 303.

- Pix4D Mapper. <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software/>.
- Pix4D Capture. 2018. <https://www.pix4d.com/blog/prepare-drone-flight-pix4dcapture>.
- Yaprak, S., Yildirim, O., Susam, T., Inyurt, S., and Oguz, I. 2018. "The Role of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Monitoring Rapidly Occurring Landslides", *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*.
- Sieberth, T., Wackrow, R., and Chandler, J. H. 2014. "Motion blur disturbs – the influence of motion-blurred images in photogrammetry", *Photogram Rec*, 29: 434-453.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., and Sarazzi, D. 2011. "UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives", *ISPRS, Volume XXXVIII-1/C22*.
- Nex, F., and Remondino, F. 2014 "UAV for 3D mapping applications": a review, *Applied Geomatics*, Springer.
- Eisenbeiß, H. 2009. "UAV Photogrammetry", Doctor dissertation, ETH ZURICH.

## **USING UAV PHOTOGRAMMETRY AND AERIAL LASER SCANNING (LiDAR) WHEN MONITORING LANDSLIDE ACTIVITY ON UMC**

### **Apstract**

Landslides as one of natural disasters, exist for years, and in some cases even decades. Given the harmful consequences they cause, and in purpose to detect and prevent the potential danger in a timely manner, it is necessary to carry out continuous monitoring of landslide activity. This paper shows the monitoring of the activity of the landslide Duboko in Umka for a period of one year (2018 - 2019). Two data collection techniques were used - UAV photogrammetry and aerial LiDAR laser scanning. UAV systems of unmanned aerial vehicles enable easy application in recording smaller areas at a more affordable price than conventional photogrammetry systems. They are very useful in inaccessible areas, for example during fires, floods or other natural disasters. On the other hand, the LiDAR system proved to be very useful when recording terrain overgrown with dense vegetation. In order to demonstrate the use of both technologies and the application of different programs for data processing, the landslide is divided into two parts - the upper and lower part of the landslide. Data for the year 2019, for both parts of the landslide, were collected with UAV photogrammetry, as well as for the year 2018 of the upper part of the landslide, while the data for the lower part of the landslide for 2018 were collected with LiDAR. Landslide activity was observed in two ways: through the monitoring of the height movement of the terrain and the detection of movement of objects (horizontal movement). Terrain displacement detection was performed on the basis of generated digital terrain models, while horizontal displacement was observed through generated orthophotos. In the final part of the paper, based on theoretical assumptions and experimental realization, conclusions were drawn regarding the applicability of the UAV system as an alternative photogrammetric platform for recording and laser scanning from the air in order to monitor the movement of landslides.

**Keywords:** UAV, photogrammetry, landslide, Umka, LiDAR.