

## UAV AKO EFEKTÍVNY NÁSTROJ PRE MONITORING OBJEKTOV KRITICKEJ INFRAŠTRUKTÚRY A MAPOVANIE PRÍRODNÝCH HROZIEB

Peter BLIŠŤAN - Monika BLIŠŤANOVÁ - Ľudovít KOVANIČ

## UAV AS AN EFFECTIVE TOOL FOR MONITORING OBJECTS OF CRITICAL INFRASTRUCTURE AND MAPPING OF NATURAL HAZARDS



### ABSTRAKT

Článok predstavuje príspevok k ochrane špecifického objektu s rozsiahlym perimetrom v zložitých terénnych podmienkach. V úvode je komplexne riešená problematika ochrany objektov a odôvodnené využitie UAV s kamerou ako možného technického prvku tejto ochrany. Nosná časť príspevku má formu konkrétnej prípadovej štúdie riešenej pre ochranu a monitoring vstupu nepovolaných osôb do nebezpečného bývalého banského priestoru. Je poukázané, že využitie UAV je, respektíve môže byť vysoko efektívne. V diskusii si je však poukázané aj na aktuálne legislatívne problémy využívania UAV vybavených kamerami pre komerčnú ale najmä pre nekomerčnú a teda aj vedecko-výskumnú činnosť v podmienkach SR.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** bezpilotný lietajúci systém, fotogrametria, mapovanie, digitálny model terénu, manažment rizík, posudzovanie rizík, kritická infraštruktúra

### ABSTRACT

The article represents a contribution to the protection of a specific object with a large perimeter in difficult terrain conditions. The introduction covers the complex issue of protection of objects as well as a justified usage of Unmanned Aerial vehicles (UAVs) with a camera as a potential technical element of the protection. The crucial part of the contribution is in the form of a concrete case study for the purposes of protection and monitoring of the entrance of unauthorized persons into a dangerous area of a former mine. It is proven that the usage of UAVs is, or, more precisely, might be highly effective. However, the discussion points out some actual legislative issues related to using the UAVs equipped with cameras in relation to commercial, but mainly non-commercial, thus scientific-research activity in the context of the Slovak Republic.

**KEY WORDS:** Unmanned aircraft systems, Photogrammetry, Mapping, Digital terrain model, Risk management, Risk assessment.

### 1. ÚVOD

Úlohou ochrany objektov kritickej infraštruktúry je vytvorenie bezpečného prostredia v prostredí bezpečnostnom (všeobecnom) implementáciou ochranných opatrení eliminujúcich vnútorné i vonkajšie negatívne vplyvy. Pre funkčnosť systému ochrany musí platiť, že „hodnota“

ochranných opatrení ( $H_{00}$ ) musí prevyšovať „hodnotu“ hrozieb ( $H_H$ ) [1,2]. Pomer týchto hodnôt vyjadruje koeficient bezpečnosti ( $K_B$ ) a musí platiť

$$K_B = \frac{H_{00}}{H_H} > 1$$

Veľkosť koeficientu  $K_B$  môže byť stanovená v závislosti na význame chráneného prvku (objektu, prostredia ap.).

Nastavenie ochranných opatrení musí vychádzať z troch základných otázok a odpovedí na ne:

- Čo treba chrániť
- Pred čím treba chrániť
- Ako treba chrániť

Odpoveďou na prvú otázku je dôsledná analýza chráneného záujmu, v zmysle hodnoty pre subjekt (osoby, život, zdravie, hmotný majetok, duševné vlastníctvo, know-how...). Druhá otázka predpokladá komplexnú analýzu rizík, ktoré v danom prostredí môžu ohroziť chránený záujem. Proces manažérstva rizík je popísaný v ISO 31000. Tretia otázka je riešená implementáciou vlastných ochranných opatrení do daného prostredia ako reakcia na možné riziká.

Celkové riešenie ochrany objektu vzniká teda integráciou viacerých postupových krokov. Funkčnosť systému je daná tiež možnosťou získavania, triedenia, spracovávanía, vyhodnocovania, uchovávanía a prenosu relevantných informácií v požadovanom čase, priestore a kvalite. Pre tento účel sa v ochrannom systéme aplikujú informačné systémy, ktoré dotvárajú väzby medzi jeho jednotlivými prvkami. Východiskovým predpokladom úspešnej ochrany je vyváženosť jednotlivých prvkov a rešpektovanie ich úlohy v systéme ochrany [1,3].

Tento príspevok sa bude venovať mapovaniu povrchových objektov a fotogrametrickému zberu údajov využitím UAV pre potreby riešenia krízových situácií. Letecká fotogrametria je geodetická metóda určená na zber údajov využitím fotografických zariadení (fotoaparát) s cieľom vytvoriť z takto získaných dát ortofotosnimky, topografické mapy alebo 3D modely terénu. Tieto výstupy sú potom využívané ako podkladové digitálne dáta pri riešení krízových situácií.

## 2. MAPOVANIE POVRCHOVÝCH OBJEKTOV POMOCOU UAV

Donedávna boli UAV technológie vyvíjané a vyrábané predovšetkým pre vojenské účely. V civilnej sfére boli UAV prvýkrát použité koncom 90 rokov 20. storočia. V civilnej praxi sa využívajú najčastejšie pre topografické mapovanie. Výsledkom sú ortofotomapy alebo digitálne modely terénu, ktoré využívajú hlavne ťažobné spoločnosti v povrchovom a podzemnom baníctve (pokles pôdy vplyvom vyťaženej horniny, určenie objemu vyťaženej horniny) [4].

Rovnako efektívne sú UAV využiteľné pri mapovaní objektov kritickej infraštruktúry ako aj pri mapovaní prírodných hrozieb.

Údaje získané pomocou UAV technológie majú uplatnenie hlavne v týchto odvetviach:

- *Armáda* – zber informácií, prieskumné lety, strelecké terče.
- *Polnohospodárstvo* - práškovanie a hnojenie polí, monitorovanie zberu úrody, určenie rozsahu škôd, identifikácia potenciálnych ohrození, plánovanie zberu plodín na základe snímkovania.
- *Lesníctvo* – zisťovanie rozsahu škôd pri prírodných katastrofách (vichrica, požiar, napadnutie lesov škodcami...), monitorovanie nelegálnej ťažby dreva, monitorovanie lesnej zvery pomocou termokamery.
- *Archeológia* – mapovanie miest a vytváranie 3D dokumentácie archeologických oblastí.
- *Energetika* – zistenie úniku alebo strát pri poškodených elektrických vedeniach.

- *Stavebníctvo* – priebežná kontrola výstavby, posúdenie aktuálneho stavu stavby, sledovanie líniových alebo rozmerovo väčších stavebných objektov.
- *Dokumentácia majetku a zelene* – stav mestskej zelene, počet dopravných značiek, tvorba plánov na základe snímkovania.
- *Geomorfológia* – identifikácia a mapovanie geomorfologických foriem reliéfu.
- *Životné prostredie* – sledovanie priebehu korýt riek a výšky vodnej hladiny, určenie stavu a druhového zloženia vegetácie.
- *Veda a výskum* – schopnosť lietať aj na ťažko dostupné miesta.
- *Termovízne snímkovanie*.
- *3D modelovanie*.
- *Film a reklama*.

Proces mapovania povrchových objektov pomocou UAV môžeme rozdeliť na dve základné časti. V prvej časti vykonávame zber údajov a v druhej časti tieto údaje spracovávame. Zber údajov je limitovaný možnosťami systému. Medzi takéto obmedzenia patrí výška letu alebo použitá digitálna kamera. Na druhej strane, softvérové spracovanie snímok a vyhotovenie požadovaných výstupov možno vyhotoviť s rôznymi kompatibilnými softvérmi. Na tvorbu výstupov z meraných údajov slúžia rôzne komerčné a nekomerčné softvéry, ktoré pracujú na princípe automatizovanej alebo poloautomatizovanej tvorby výstupov [4] [6].

Zber údajov pozostáva z niekoľkých etáp [7]:

- *Príprava náletového plánu* - pozostáva z výberu snímkovanej územia a podrobnosti mapovania, ktorú definuje veľkosť pixla na teréne. Snímkané územie si ešte pred meraním môžeme pozrieť v prostredí Google Earth, ktoré nám veľa povie o spôsobe letu. Ďalej sa vykonáva prvotný návrh snímkovania a určuje sa predbežný dátum snímkovania podľa predpovede počasia.
- *Rekognoskácia územia* - hlavnou úlohou je určenie miesta vzletu a pristátia. Lokalizujú sa prípadné výškové prekážky a určujú sa možné krízové situácie.
- *Stabilizácia a signalizácia vlícovacích bodov* - je výhodné vykonať už počas rekognoskácie na vhodných miestach a s vhodným rozmiestnením po celom snímkanom území. V krajine by body mali byť kontrastné, aby boli dobre viditeľné na snímkach. Súbežne sa určuje aj ich priestorová poloha (najčastejšie pomocou GNSS technológie).
- *Úprava náletového plánu* - vykonáva sa podľa rekognoskácie a požadovaných parametrov priamo v teréne.
- *Samotný nálet a snímkovanie územia*.

Spracovanie údajov sa svojimi krokmi v rôznych softvéroch viac či menej podobá. Pozostáva z niekoľkých etáp:

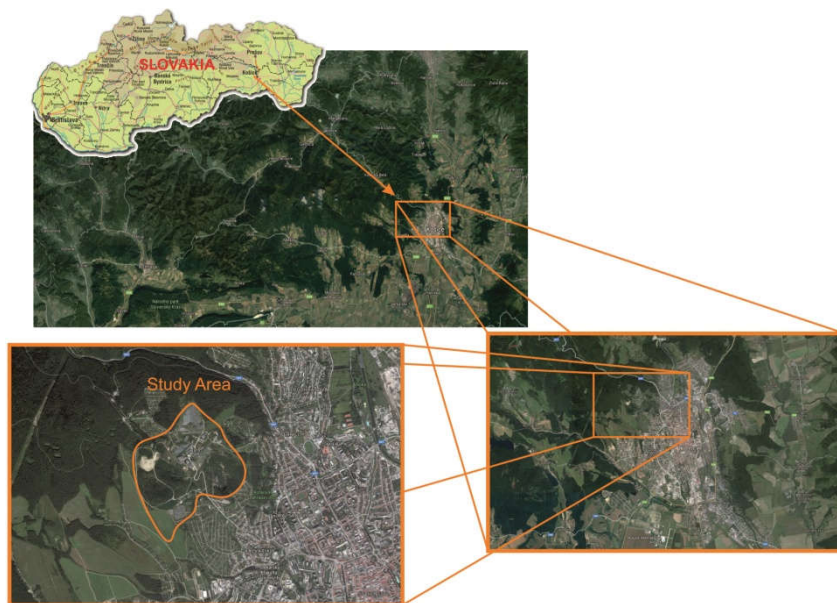
- *Vyhľadanie charakteristických bodov na každej snímke* - základnou úlohou pri tvorbe nového projektu je načítanie snímok a zadefinovanie počtu bodov na každej snímke, pri neznámej kamere je potrebné určiť parametre kalibrácie kamery.
- *Spárovanie identických bodov na jednotlivých snímkach* - softvér vyhľadáva identické body na každej snímke, výsledkom je mračno bodov.
- *Meranie vlícovacích bodov na snímkach*.
- *Blokové vyrovnanie zväzku lúčov*.
- *Generovanie výstupov* - program umožňuje generovať požadované výstupy - ortofotomozaika, digitálny model terénu, mračno bodov a pod. [5,8,9].

## 2.1. Štúdia – využitie UAV pri monitoringu areálu Baňa Bankov Košice

Študované územie sa nachádza v intraviláne mesta Košice, konkrétne v SZ časti mesta a priamo hraničí s urbanizovanou časťou mesta (obr. 1).

Ide o areál, v súčasnosti nevyužívanej banskej prevádzky, kde sa v súčasnosti nachádza celkovo 27 administratívnych a technických budov, staré technické zariadenia a fotovoltaiická elektrárňa, ktorú môžeme v zmysle európskej legislatívy zaradiť k prvkom kritickej infraštruktúry. Ide o rozsiahly areál s rozlohou 327,7 ha s pomerne členitým terénom a nebezpečnými zónami, ktoré vznikli ťažbou a spracovaním magnezitu (ťažobné jamy, odvetrávacie šachty, vstupy do ťažobných priestorov). Okolie objektu je ťažko kontrolovateľné a obklopujú po jeho obvode (perimetri):

- južná strana: záhradkárská oblasť, záhradky,
- severná strana: lesný porast, rekreačná oblasť Horný Bankov,
- východná strana: rekultivovaný jamový lom po povrchovej ťažbe, záhradky,
- západná strana: lúky a lesný porast.



Obr. 1. Lokalizácia záujmovej oblasti.

Do areálu vedie niekoľko prístupových ciest, pričom väčšia časť (mimo vrátnice s rampou a kovovej brány od rekreačnej oblasti Horný Bankov) je nezabezpečená, čiže je pre širokú verejnosť voľne prístupná. Prístupové cesty sú hlavne s asfaltovým povrchom a v menšej miere sú poľné, bez spevneného povrchu. V zimnom období, sú prístupové cesty neupravované a ťažko prejazdné pre motorové vozidlá z dôvodu členitosti terénu.

### 2.1.1 Súčasný stav zabezpečenia objektu z pohľadu ochrany objektov kritickej infraštruktúry

Perimetrická ochrana celého objektu je v súčasnosti tvorená nesúvislým oplatením a vstupnou rampou na vrátnici. Existujúce oplatenie býva často poškodzované vandalmi ale aj divou zverou. Kamerový systém je budovaný od roku 2002 a v súčasnosti pozostáva z 64 kamier. Výstup z kamerového systému je na dispečingu a to na šiestich monitoroch. Elektronický zabezpečovací systém chráni vnútorné priestory budov a technických objektov. Fyzickú ochranu tvorí vrátnik a dispečer, ktorý má v danom čase službu. Pre takýto rozsiahly objekt je fyzická ochrana či už SBS-kou alebo VO nevyhnutná.

Areál je špecifický najmä svojou rozlohou, polohou a prítomnosťou prejavov starej banskej činnosti. Ochrana areálu nie je zameraná len na ochranu chráneného záujmu čiže vybraných budov a fotovoltaiickej elektrárne, ale aj na ochranu obyvateľstva. Najväčším problémom v študovanom území sú adrenalínový nadšenci, bezdomovci a rekreanti, ktorí si skracujú cestu cez areál z rekreačnej časti smerom do mesta. Sú nie len pôvodcami poškodení a drobných krádeží, ale zároveň ohrozenou



skupinou, ktorá sa môže v areáli zraniť alebo stratiť. Ďalším problémom v areáli je divá zver - predovšetkým diviaky, ktorá je rizikom pre osoby pohybujúce sa v areáli hlavne v noci, ale aj pre pracovníkov SBS, ktorý robia nočné obhliadky areálu. Z týchto dôvodov je potrebné areál monitorovať a to aj pravidelne aj ad hoc v prípade potreby.

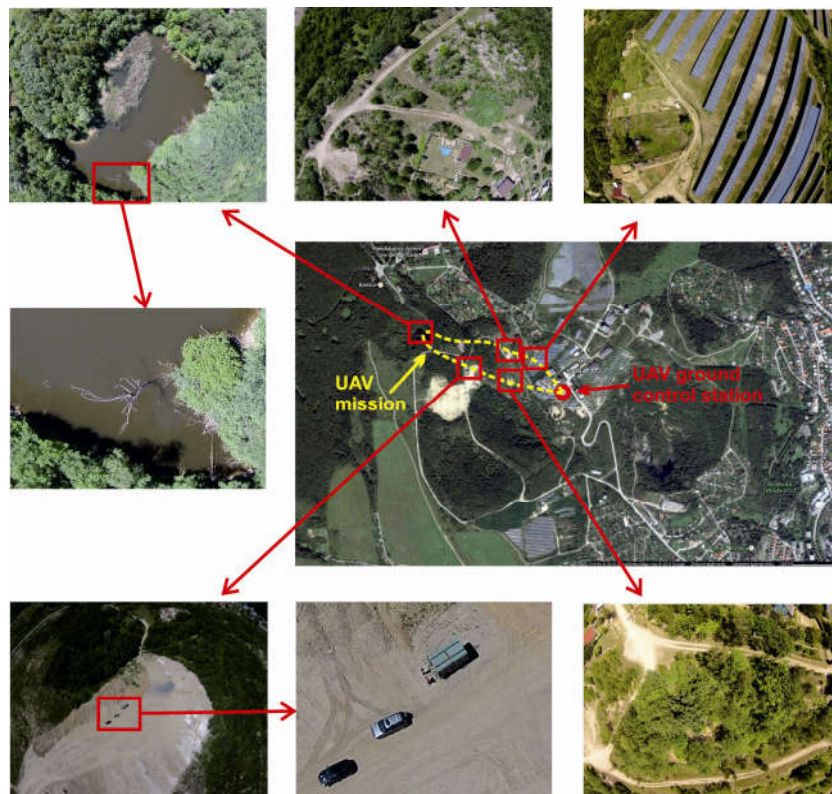
### 2.1.2. Monitoring záujmového územia využitím UAV

Pre testovanie použiteľnosti UAV bolo vybrané nízkonákladové UAV DJI Phantom Vision 2+ so zabudovanou 14 MPx FC200 kamerou (obr. 2). Veľkosť senzora je 1/2,3'', rozlíšenie 4384x3288 Px, zorné pole 85° [10]. Naplánovaná bola testovacia misia (obr. 3), ktorej celková dĺžka bola 1,3km a prechádzala ponad významné objekty. Cieľom misie bolo monitorovať nasledujúce objekty. (obr. 3):

- kolektorové pole a prítomnosť osôb vo vnútornom perimetri chránenom oplotením,
- závalové pásmo s prejavmi poddolovania v podobe vodnej plochy a prítomnosť osôb v tomto nebezpečnom území,
- skládka stavebného odpadu a prítomnosť nepovolaných osôb,
- prístupové cesty a križovatky.

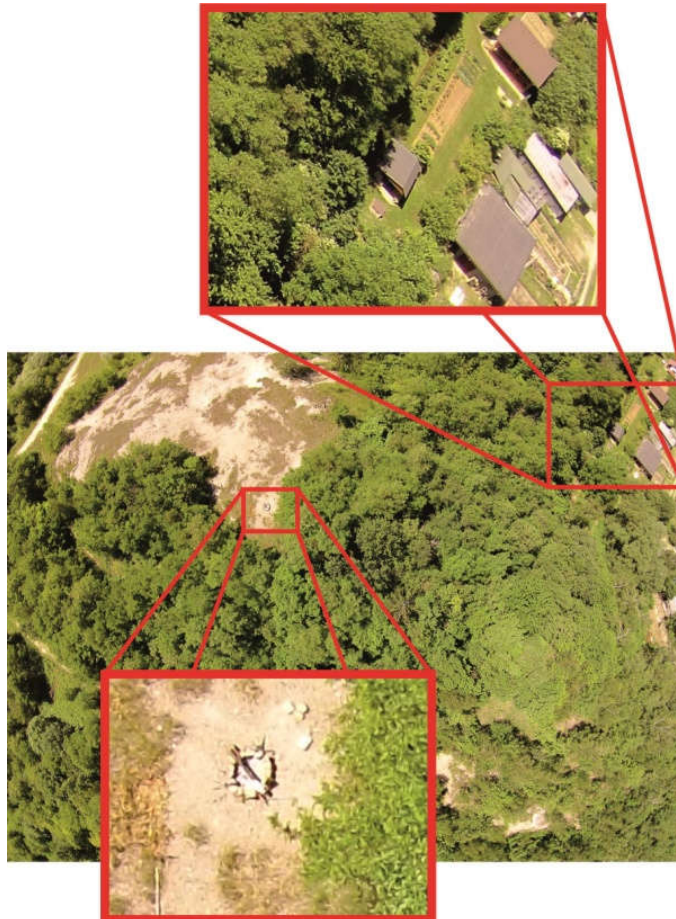


Obr. 2. Využitie UAV zariadenie DJI Phantom Vision 2+.



Obr. 3. Trasa UAV počas monitorovacej misie.

Štart misie sa uskutočnil z Groun control station (obr. 3) ktorá sa nachádzala v strede areálu Bane Bankov pri budove hlavného dispečingu. Misia celkovo trvala 14 minút a UAV počas misie dosiahlo hranicu záujmového územia - chráneného areálu.



Obr. 4. Identifikácia objektov na fotografiách získaných počas misie.

Výsledky misie - fotografie boli neskôr podrobené analýze. Na obrázku 4 je ukážka identifikácie objektov na jednej zo snímok získaných počas letu. Na detaile v strede - hore je identifikované ohnisko. Vzhľadom na to, že vpravo hore na snímke cca 150m od ohniska je zachytená časť záhradkárskej osady, je pravdepodobné že sa jedná o ohnisko založené majiteľmi chát. Vzhľadom na to že v areáli sa pohybujú aj bezdomovci a mladí ľudia, je takýto monitoring výskytu napr. ohnísk dôležitý pre identifikáciu prítomnosti tejto skupiny narušiteľov.

V prípade že by bolo UAV vybavené infračervenou kamerou, je možný monitoring aj v nočných hodinách. Takto by bolo možné z výšky bezpečne monitorovať pohyb narušiteľov alebo divej zvery.

### 3. ZÁVERY

Ochrana plošne rozsiahlych objektov je finančne obťažná. V tomto prípade je ochrana sústredená na dôležité objekty kritickej infraštruktúry, ale vzhľadom na charakter areálu je potrebný navyše monitoring problematických priestorov z pohľadu ochrany obyvateľstva. Výsledky poukázali na to, že je efektívne využívať UAV na monitoring veľkoplošných areálov. Bežne dostupné UAV s parametrami ako má naše UAV sú použiteľné na monitoring počas dňa a za priaznivých poveternostných podmienok. Za týchto podmienok je možné celkom zreteľne rozoznať prítomnosť osôb, áut alebo divej zveri v areáli. Dôležitý je výber správneho UAV, ktorý závisí od účelu použitia, rozlohy a charakteru areálu. Dôležitý je aj fakt, či má byť UAV používané na

pravidelný monitoring alebo len ad hoc monitoring. Ďalšou dôležitou otázkou je, či je potrebný monitoring aj počas noci a či existuje odôvodnená potreba priblíženia sledovaných.. – rozlíšenie, či ide o zver alebo ranenú osobu.

## DISKUSIA

Prezentovaný príspevok poukazuje na fakt, že použitie dronov vybavených kamerou môže byť veľmi efektívne pri ochrane plošne veľkých priestorov objektu. V uvedenom prípade je špecifikum objektu to, že v ňom ide o hodnotu chráneného záujmu - objekt kritickej infraštruktúry a o zamedzenie prístupu neoprávnených osôb k tomuto objektu. Drony sa vo viacerých štátoch využívajú ako účinný nástroj pre políciu, záchranárov ale aj v poľnohospodárstve a podobne. Zdalo sa, že ich možnosti sú takmer neobmedzené. V ich pionierskom období masového rozširovania a lietania bez pravidiel sa však ukázalo, že sa môžu stať a aj stali vážnou hrozbou pre bezpečnosť obyvateľstva, leteckej dopravy a podobne. Veľmi rýchlo tak nastalo obdobie tvrdých reštrikcií, regulácie podmienok lietania, požadovanej registrácie a kvalifikácie. V podmienkach Slovenska vydal Dopravný úrad rozhodnutie č. 1/2015 z 9.8.2016 [11], ktoré rieši predchádzajúci nebezpečný stav prevádzky dronov. V kombinácii so Zákonom o ochrane utajovaných skutočností SR [12], časť O leteckom snímkovaní sa však prakticky znemožňuje rozumné použitie dronov vybavených kamerou vrátane ochrany rozsiahlych súkromných objektov. Pri tom by stačila na základné riešenie situácie jednoduchá úprava zákona, ktorá by stanovila výnimku z leteckého snímkovania pre vlastníkov rozsiahlych objektov (banských, priemyselných, poľnohospodárskych a podobne) tak, že do stanovených 120m výšky môžu použiť pre ochranu, zisťovanie stavu a analýzy drony vybavené kamerou. Nehovoriac o tom, že v čase dostupnosti Google-maps kombinovanej so satelitným zobrazením ale aj verejnosti dostupného portálu ZB GIS s ortofotomapami území Slovenska sa takáto verzia zákona, ktorá znemožňuje využívať drony s kamerami pre nekomerčnú činnosť javí veľmi archaická. Takže rozumné riešenie je možné priamo v podmienkach SR.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] LOVEČEK, T., REITŠPÍS, J. *Projektovanie a hodnotenie Systémov ochrany objektov*, Žilina: EDIS – vydavateľstvo ŽU 2011. ISBN 978-80- 554-0457- 8
- [2] ŠCUREK, R. KONEČNÝ, M., MARŠÁLEK, M.. *Extension of the solution protection of public universities premises via an implementation of radio frequency identification of people. Przeglad elektrotechniczny*, SIGMA-NOT, 2014, s. 188-191, ISSN 0033-209
- [3] REITŠPÍS, J. *Projecting security systems for the protection of objects*. Košice: University of Security Management in Košice, 2015. 99 p.
- [4] EISENBEIB, H.: *UAV Photogrammetry*. Zürich, 2009. 203p.
- [5] BLISTANOVA, M., BLISTAN, P., BLAZEK, J., *Mapping of surface objects and phenomena using Unmanned Aerial Vehicle for the purposes of crisis*, 2015, International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 491- 500
- [6] WITAYANGKURN, A, NAGAI, M., HONDA, K., DAILEY, M., SHIBASAKI, R. *Real-time monitoring system using Unmanned Aerial Vehicle integrated with sensor observation service*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland
- [7] EISENBEISS, H.: *UAV Photogrammetry*. Zürich, 2009. 203p.
- [8] KRŠÁK, B, BLIŠŤAN, P, PAULIKOVÁ, A., PUŠKÁROVÁ, P., KOVANIČ, L., PALKOVÁ, J. , ZELIŽŇAKOVÁ, V.: *Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study*. In: Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. Volume 91, 1 September 2016, Pages 276-287



- [9] GREEN, DR., GOMEZ, C.. *Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping*. Interface Report for Redwing Aero. [cited 2016-09-07]., Available from:  
<[https://www.abdn.ac.uk/geosciences/documents/UAV\\_Report\\_Redwing\\_Final\\_Appendix\\_Update.pdf](https://www.abdn.ac.uk/geosciences/documents/UAV_Report_Redwing_Final_Appendix_Update.pdf)>
- [10] DJI Phantom 2 vision +. [cited 2016-09-07]. Available from: <http://www.dji.com/phantom-2-vision-plus>
- [11] Dopravný úrad *Rozhodnutie č.1/ 2015 z 19.8.2015, ktorým sa určujú podmienky vykonania letu lietadlom spôsobilým lietať bez pilota vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky*. DÚ/L001-A/v3, [cited 2016-09-07]., Available from: <[http://nsat.sk/wp-content/uploads/2014/08/DU\\_RPAS-merged.pdf](http://nsat.sk/wp-content/uploads/2014/08/DU_RPAS-merged.pdf)>
- [12] Zbierka zákonov. *Zákon o ochrane utajovaných skutočností 215/2004 Z.z.*, [cited 2016-09-07]., Available from: <<http://www.noveaspi.sk/products/lawText/1/57952/1/2>>

## ADRESY AUTOROV

### **doc. Ing. Peter BLIŠŤAN, PhD. MBA**

Technická univerzita v Košiciach, Ústav geodézie, kartografie a GIS, Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovenská republika  
e-mail: [peter.blistan@tuke.sk](mailto:peter.blistan@tuke.sk)

### **Ing. Monika BLIŠŤANOVÁ, PhD. MBA**

Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, 040 01 Košice, Slovenská republika  
e-mail: [monika.blistanova@vsbm.sk](mailto:monika.blistanova@vsbm.sk)

### **Ing. Ľudovít KOVANIČ, PhD.**

Technická univerzita v Košiciach, Ústav geodézie, kartografie a GIS, Park Komenského 19, 040 01 Košice, Slovenská republika  
e-mail: [peter.blistan@tuke.sk](mailto:peter.blistan@tuke.sk)

#### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

#### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*