

TERENSKI PREIZKUS UPORABE BREZPILOTNEGA ZRAKOPLOVA KOT POMOČ PRI DELU REŠEVALNEGA PSA MED ISKANJEM V RUŠEVINI

Jaka Skubic¹

Povzetek

Članek predstavlja ugotovitve terenskega preizkusa z brezpilotnim kopterjem kot pomočjo pri delu reševalnega psa med iskanjem v ruševini. Sestava in izvedba terenskega preizkusa sta obsegali teoretični okvir, pri katerem so bile vključene nove tehnologije za iskanje v ruševinah, s poudarkom na uporabnosti v Mobilni enoti reševalnih psov Slovenije. Po teoretičnem pregledu literature je bilo sklenjeno, da se za izvedbo preizkusa uporabi brezpilotni zrakoplov. Ta je zagotavljal pregled nad terenom in spremljal aktivnosti psa. Preverjali smo, koliko brezpilotni zrakoplov ovira delo psa in ali je vodniku bolj v pomoč ali breme. Strokovna ekipa je obsegala usposobljenega pilota zrakoplova, kinološko sodnico za delovne pse in štiri reševalne pare, pri čemer sta dva služila kot kontrolna skupina. Ugotavljamo, da je tehnologija uporabnejša za iskanje v naravi, vendar ima dobre strani tudi pri iskanju v ruševinah, čeprav v drugačni vlogi od zamišljene. Izvedena sta bila dva testa na ločenih lokacijah.

FIELD EXPERIMENT USING AN UAV TO ASSIST THE WORK OF A RESCUE DOG SEARCHING IN RUBBLE

Abstract

This article presents the results of a field experiment using an unmanned drone as an additional tool to aid canine search and rescue teams when searching in rubble. The composition and execution of the field experiment involved a theoretical framework, where new technologies for rubble searches were covered, with an emphasis on use by the Mobile Canine Search and Rescue Unit of Slovenia. After a theoretical overview of the literature, it was decided that only an unmanned aerial vehicle would be used for the experiment. The drone tried to ensure an overview of the terrain while simultaneously following the dog's activity. At the same time, the extent to which the vehicle inhibits the dogs' work and whether it is a helpful or a distracting tool for the handler were tested. The expert group consisted of a trained drone pilot, a working dog judge, and four search and rescue teams, two of which were used as a control group. Our findings show that the technology is more suitable for wilderness searches; however, it has positive use in rubble searches as well, although in a different role than initially considered. The test was performed at two separate locations.

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Kardeljeva ploščad 5, Ljubljana, jaka.skubic123@gmail.com

UVOD

Zaradi visoke potresne ogroženosti Republike Slovenije je tematika pripravljenosti na potres na področju civilne zaščite vedno aktualna. Med drugim za Slovenijo, skupaj z drugimi: »/.../ balkanskimi in mediteranskimi državami, vključujoč tudi Turčijo, obstaja večja potresna ogroženost kot za mnogo drugih območij v Evropi,« (Du Brulle, 2014) saj leži na t. i. sredozemsko-himalajskem pasu: »ki velja za eno od potresno najbolj aktivnih območij na Zemlji /.../« (URSZR 2018, 11). Vredno je še omeniti, da je pri pripravljenosti in odzivu na nesrečo treba upoštevati tudi dan in čas nesreče (Reinoso, Jaimes in Esteva, 2018).

Kljub hitremu napredku tehnologije na vseh področjih življenja je najboljše orodje za iskanje zasutih v ruševinah še vedno dobro izurjen reševalni pes, ki temu namenu služi že dobrih 300 let. Vendar to še ne pomeni, da bo tako za zmeraj oziroma da mu pri delu ni mogoče dodatno pomagati z novo opremo. Glede na to, da je Enota reševalnih psov Slovenije ena izmed manj obremenjenih enot v civilni zaščiti, je smiselno preveriti, če je mogoče vodnike izuriti za dodatna dela, ko psi med iskanji počivajo. Trenutno so vodniki pri »splošnejših temah« izurjeni za dajanje prve pomoči in za sodelovanje pri vrvi tehniki. Zaradi boljšega izkoristka enote smo želeli preveriti, ali je smiselno nove tehnologije oziroma brezpilotne zrakoplove uporabiti v enoti reševalnih psov. V ta namen sta bila izvedena

dva terenska preizkusa, ki sta bila pomembnejši del raziskovalnega dela v okviru priprave magistrske naloge na drugi stopnji študija Obramboslovja na Fakulteti za družbene vede Univerze v Ljubljani.

NOVE TEHNOLOGIJE – NJIHOVE PREDNOSTI IN OMEJITVE

Pojem nove tehnologije je zelo širok in zanj obstaja več definicij. Za primer tega dela vzemimo razlago Rotole, Hicksa in Martina (2015, 13), ki pravijo, da poznamo pet glavnih značilnosti in lastnosti novih tehnologij: (i) radikalna novost, (ii) relativno hitra rast, (iii) koherentnost, (iv) prominenten vpliv ter (v) negotovost in dvoumnost.

Naprave se med seboj močno razlikujejo, saj so razvite za opravljanje različnih vrst nalog. Glede na medijske prispevke najbolj prevladujejo brezpilotni zrakoplovi, medtem ko terenska vozila in roboti še niso povsem na ustrezni ravni za splošno uvedbo predvsem zaradi svoje (ne)sposobnosti premagovanja zahtevnih tehničnih ovir oziroma težav že na primer s stopnicami (De Cubber in drugi 2017, 247–253). Primer (neizrabljene) nove tehnologije je uporaba sistema pametnih hiš za pomoč pri iskanju zasutih (Asama in drugi 2009, 57–69), ki je med drugim vprašljiv zaradi morebitne zlorabe človekovih pravic. Težave se lahko pojavijo še v povezavi z izgubo napajanja, kar povzroči neuporabnost sistema.

Zaradi uporabe primerne tehnologije na poznejšem terenskem preizkusu so bile naprave razdeljene v štiri podskupine:

- brezpilotni zrakoplovi,
- brezpilotna terenska vozila,
- specifična oprema za psa,
- skupni vmesniki.

Poznamo **brezpilotne zrakoplove** s fiksnimi krili, z rotacijskimi krili (tudi kopterji), zračne ladje in balone ter zrakoplove s premikajočimi se krili (tudi z migajočimi krilci ali s krilci). »Obstajajo tudi druge *hibridne* konfiguracije ali *pretvorljive* konfiguracije, ki lahko vzletijo vertikalno, in nato nagnejo svoje rotorje ali telesa in letijo kot letala /.../« (Nonami, Kendoul, Suzuki, Wang in Nakazawa 2010, 12). Za vse našete velja, da so njihove funkcije najpogosteje kartografitiranje, iskanje žrtev, spremljanje tarče, dostava ali držanje komunikacijskega releja.

Pri govoru o **zrakoplovih s fiksnimi krili** gre najpogosteje za t. i. naprave HAPS (angl. *High altitude*

pseudo-satellite – visoko leteči psevdosatelit) ali HALE (angl. *high altitude long endurance* – visoko in dolgotrajno leteče), ki dosegajo izjemno dolge avtonomne lete na visoki operativni višini, ki ne ovira zračnega prometa – najdaljši let naprave HAPS je trajal skoraj 26 ur. Ena izmed njihovih slabosti je, da potrebujejo pristajalno oziroma vzletno stezo, kar glede na površje Republike Slovenije ne bi smela biti ovira za njihovo uporabo.

Kopterji so veliko bolj znane naprave, ki se zaradi svojih vsesplošnih lastnosti že uporabljajo v zaščiti in reševanju. Izbor naprav v tej podskupini je velik, zato je težko določiti njihove prednosti in slabosti. Še največja slabost je določanje kompromisa med komponentami na napravi in operativnim časom. Baterijo je sicer med upravljanjem mogoče zamenjati, vendar to na velikem območju izrazito skrajša dolet vozila in zmanjša njegov doprinos. Za razliko od zrakoplovov s fiksnimi krili so kopterji odvisni tudi od vremenskih dejavnikov, kot so veter, dež, megla, nadmorska višina, prav tako jih je treba zaščititi pred prahom.

V prosti prodaji so dostopni brezpilotni kopterji, ki sledijo napravi, ki oddaja specifičen signal. V okviru zaščite in reševanja bi lahko torej štab v živo opazoval dela ekip na delovišču. Uspešno je bil izveden tudi preizkus sledenja v zaprtem prostoru, v katerem ni bilo mogoče uporabiti GPS (Chakrabarty, Morris, Bouyssounouse in Hunt, 2014).

Zračne ladje in baloni se slišijo kot zastarela tehnologija, ki pa se v zadnjih dveh desetletjih vrača, in sicer kot cenejša alternativa napravi HAPS ali HALE. Predvsem so primerni kot komunikacijski rele in sistem kamer, prednost jim daje še dejstvo, da za svoje delovanje ne potrebujejo dodatne elektrike ali goriva, ki je lahko ob naravni nesreči dobrina, ki je primanjkuje.

Brezpilotna terenska vozila imajo prav tako svoje podskupine, ki imajo različne načine deljenja. Treba je razumeti, da gre tudi tukaj za konstanten kompromis, in sicer med agilnostjo naprave in opremo na njej. Vozilo s pnevmatskim kladivom ima težavo pri premagovanju preprostih ovir, medtem ko obstajajo izredno agilne naprave, ki drugega kot premagovanje ovir ne morejo doprinesiti. Izstopajo kačji biomimetični roboti (angl. *Snake-like robots*), ki so izredno gibljivi in imajo različne funkcije. Njihova slabost je visoka cena za napravo, ki je izpostavljena nevarnostim (Moloi in Nel, 2017 in Whitman, Zevallos, Travers in Choset, 2018).

Kibernetsko izboljšana reševalna oprsnica (Ohno in drugi, 2019) spada v skupino **specifične opreme za pse** in je dober korak k simbiozi živali ter robotov. Opremljena je s kamero, inercijskim senzorjem, navigacijskim sprejemnikom, zvočnikom, mikrofonom in elektro-kardiografskimi napravami.

Pri tem je treba izpostaviti ovire, kot so na primer:

- oprsnica ni primerna za majhne pse;
- psi zaradi varnosti trenutno v praksi iščejo goli (tj. brez opreme), medtem ko je oprsnica velika in z izstopajočimi deli;
- oprsnica ni bila preverjena v resnični situaciji ali simulaciji, zato so določeni sistemi še vprašljivi (npr. inercijski senzor).

Uporaba **skupnega vmesnika** omogoča lažjo in hitrejšo komunikacijo, obenem lahko zmanjša število »šumov«, na primer pri hkratnem govoru v radijsko postajo. Predvsem kadar se lahko želje ali povelja dodelijo s predhodno nastavljenimi gumbi. Težavni vidik skupnega vmesnika je fiksiranje na le eno enoto ali na diametralno drugi strani vsesplošna uporaba, ki onemogoča specifične funkcije. Gre za tehnologijo, ki se trenutno najbolje razvija v smer podpore vodenju (primer platforme Incident Share, ki jo uporablja Gasilska brigada Bergen), ki omogoča oddaljen dostop in komunikacijo različnih enot.

Sklep analitičnega pregleda strokovne literature je, da z izjemo brezpilotnih zrakoplovov opisane tehnologije še niso dovolj dobro razvite, da bi dosegle želen učinek oziroma so predrage ali še v razvojni fazi. Skupne vmesnike sicer poznamo, vendar bi jih bilo treba razviti in umestiti na nacionalno raven.

Posledično je bila sprejeta odločitev, da se bo terenski preizkus izvedel z zrakoplovom z rotacijskimi krili, in sicer na način, ki v literaturi ni bil zaznan. To je simultano iskanje reševalnega psa in brezpilotnega zrakoplova na način poustvarjanja realistične situacije, pri čemer lahko vodnik uporabi kopter po svojih željah.

TERENSKI PREIZKUS

Zaradi ustreznosti preizkusa so bili izbrani dve lokaciji in dva različna dneva. Tako so bili rezultati bolj verodostojni in neodvisni od dnevne forme ali vremenskih razmer (na primer ustreznega vetra).

Za oceno iskanja reševalnega para, tolmačenje vedenja ter razlago dela psov je bila povabljen

dolgoletna mednarodna sodnica za delo reševalnih psov Katja Skulj.

K sodelovanju je bil povabljen tudi član Uprave za policijske specialnosti Uroš Marjetič, ki je poleg zagotavljanja naprave (DJI Mavic 2Z s kamero 4K in dvema dodatnima baterijama) in ustreznosti letenja pripomogel še z zamislili in predlogi o morebitni dodatni uporabi naprave.

Na povabilo k sodelovanju se je javilo šest vodnikov iz sestave MERPS.

Lokaciji sta morali ustrezati nekaterim parametrom:

- površina med 800 m² in 2000 m² (ustreza IRO-standardu testiranja)²,
- zgradba mora imeti vsaj dve nadstropji, izmed teh naj bo vsaj en del težko dostopen ali povsem nedostopen,
- vodnik naj ima omejen pogled na delovišče,
- vodnikom in psom naj bo delovišče neznano³.

Vsi dejavniki niso bili zagotovljeni, saj je dostopnost do tovrstnih območij težavna, nezakonita ali prenevarna za ljudi ali pse. Težko ali celo nemogoče bi bilo izvesti preizkus na lokaciji, ki je v fazi rušitve, predvsem zaradi ekonomskih razlogov podjetij v panogi. Izbrani sta bili dve območji nekdanjih separacij, kjer še stojijo (pomožni) objekti – obe sta v Ljubljani.

Vsak reševalni par je imel na delovišču skrite tri markerje, pri čemer je bil en marker za vse na istem mestu, in sicer na višini. Tako se je preverjalo, ali bo vodnik z zrakoplovom lahko prepoznal vedenje psa, če ta ne bo dovolj prepričan o izviru vonja, da bi nakazal najdbo.

PRIMERJAVA ZRAČNIH POSNETKOV

Vsi štirje reševalni pari so imeli tik pred iskanjem možnost pogledati skico območja, ki je bila nekaj dni prej vzeta s spleta (Google Maps). Že takoj je bilo jasno, da slika ne prikazuje resničnega stanja. Posledično se je že na začetku poznala prednost zrakoplova. Sliki 2 in 3 se jasno razlikujeta.

Takoj je opazno, da streha zgradbe v spodnjem levem kotu ni enaka, in, kar je morda celo še pomembnejša sprememba, dostop do lokacije je bil iz južne

² IRO, 2021.

³ Informacija, sklenjena po opravljenih neformalnih pogovorih z vodniki iz različnih regij.



Slika 1: Lokacija Šmartno (Foto: J. Skubic)

Figure 1: The Šmartno location (Photo: J. Skubic)

strani, in ne iz severne, kot bi sklepali po sliki 2. Prav tako je drugačna razporeditev materiala na severo-zahodnem delu, dodatno se je na lokaciji pojavil nov material, in sicer levo od zgradbe v obliki črke L. Z ažurno sliko je mogoče lažje in zanesljiveje določiti prednostna območja. Prav tako se je na lokaciji zmanjšalo iskalno območje. V praksi to pomeni, da je mogoče ob popolni zrušitvi enega dela stavbe in le delni prizadetosti drugega dela zgradbe enote preusmeriti na manj prizadeto območje, na katerem je večja možnost žive najdbe.

Program, ki smo ga uporabili za 3D-uprizoritev delovišča je sicer pokazal nekaj pomanjkljivosti. Še najbolj pri nosilcih L-zgradbe, pri čemer slika ni povsem jasna, če se objektu približamo. Med testom je to onemogočalo, da bi bil opažen grob pod zgradbo. Ne gre sicer za resno težavo ali nekaj, kar bi delo onemogočalo, nedvomno pa kaže, da je treba upoštevati zmožnosti tehnologije. Slika se sicer lahko vrtila in prilagajala, pri tem pa se je treba vprašati o smiselnosti perfektnega renderiranja v pravi intervenciji. Najpomembnejše namreč je, da se enote zavedajo nevarnosti pri vstopu na delovišče in vedo, kaj je morda treba natančneje pregledati pred začetkom dela.

OCENE IN MNENJA STROKOVNE EKIPE

Sodnica je ocenila, da ni bilo izrazitih razlik pri delu reševalnih parov. Prvi dan je pes reševalnega para 4 imel nekaj težav, in sicer je pogledoval proti zrakoplovu. Drugi dan, ko je naprava letela približno deset metrov višje, teh težav ni bilo.

Rezultat na ocenjevalnem listu je sicer pokazal, da sta testna psa (reševalnih parov 3 in 4) nakazovala slabše, vendar sta bila glede na opombe sodnice kriva vodnika. Vodnik reševalnega para 3 je ime težave z določitvijo lokacije osebe in je s tem motil psa, medtem ko je vodnik reševalnega para 4 iskal osebo na višini, in ne v globini. Prilagodljivost psov opisuje dejstvo, da je bila sodnica v obeh dneh večkrat presenečena nad neodzivnostjo psov na motnjo. Visoka frekvenca vrtenja lopatic bi namreč lahko z brnenjem ali piskanjem motila psa.



Slika 2: Lokacija Šmartno – render (Foto: J. Skubic)

Figure 2: Render of the Šmartno location (Photo: J. Skubic)



Slika 3: Težave pri renderiranju (Foto: J. Skubic)

Figure 3: Rendering problems (Photo: J. Skubic)

Preglednica na prvi pogled namiguje, da sta reševalna para 1 in 2 iskala bolje kot reševalna para 3 in 4, zlasti prvi dan, vendar je treba to po mnenju sodnice pripisati veliki razliki v vremenskih razmerah (dvig temperature in razjasnitev vremena). Obenem je treba opozoriti na dejstvo, da je pes reševalnega para 3 drugi dan sam našel markerja na višini, čeprav je imel nižjo intenzivnost dela.

Pilot je ocenjeval komunikacijo vodnikov in smiselnost uporabe naprave ter bil z vodnikoma zadovoljen. Predvsem nad njuno prilagodljivostjo in zmožnostjo komunikacije, saj laiki pogosto zamenjajo resnični svet s fiktivnim. Izkazalo se je, da obstaja vzporednica

med izkoristkom zrakoplova in zahtevnostjo navodil. Po koncu obeh dni je pilot svoje misli strnil tako:

»Moji zaključki:

- dron uporaben za pregled območja
- da se s tem ukvarja vodnik, ki išče → ni smiselno
- ločena ekipa → slike se lahko da vodnikom kot pomagalo
- pomagalo sodnikom pri ocenjevanju na odprtem terenu
- uporabno za načrtovanje in pripravo poročil za delo, ki na območju traja dlje časa

⊖- vreme

- veter

RP	Ocene	Delo	Pogledovanje	Poslušanje	Sledenje	Nakazovanje
RP 1		8	X	X	X	9, 10
RP 2		6	X	X	X	9, 10
RP 3		7	10	10	10	Viden*, 6, 10
RP 4		7	10	9	8	Viden, 7, 9

* Označba viden pomeni, da je bil marker opazil vodnik, in sicer bodisi na terenu ali z zrakoplovom. Če je poleg označbe v oklepaju zapisana številka, to pomeni, da je pes pozneje še sam našel markerja in je zapisana ocena nakazovanja.

Preglednica 1: Rezultati dela prvega dne

Table 1: Work results Day 1



Slika 4: Bleščanje zaslona
(Foto: J. Skubic)

Figure 4: Screen glare
(Photo: J. Skubic)

RP	Ocene	Delo	Pogledovanje	Poslušanje	Sledenje	Nakazovanje
RP 1		9	X	X	X	9, 10
RP 2		8	X	X	X	9, 7
RP 3		6	10	10	10	Viden (7), 6, 9
RP 4		7	10	10	10	Viden, 10, 9

Preglednica 2: Rezultati dela drugega dne

Table 2: Work results Day 2

- dostopnost do bližine objektov
- poraščenost območja»

(Uroš Marjetič, 2020, osebni arhiv).⁴

Vodnika sta se strinjala s sodnico, da zrakoplov na psa ni vplival in pri tem izrazila tako pozitivne kot negativne lastnosti. Kot najbolj pozitivno lastnost sta izpostavila možnost hitre preiskave terena, predvsem kadar gre za težko dostopen ali nevaren teren. Enotna sta si bila tudi v kritiki, da se je ekran precej bleščal. En vodnik je izpostavil še negativen vidik kratke dobe baterije.

Vsi štirje člani strokovne ekipe so se strinjali, da je tehnologija sicer uporabna tudi za iskanje zasutih v ruševinah in načrtovanju intervencij, vendar da bolj spada v sestavo enot Skupin za iskanje pogrešanih (SIP), torej enot, ki iščejo v naravi (angl. *Area search*).

SKLEPNE MISLI

Pregled literature je pokazal, da je tehnologija brezpilotnih zrakoplovov edina, ki je dovolj razvita za integracijo, in je obenem znotraj finančnih zmogljivosti in trenutnih nalog Mobilne enote reševalnih psov Slovenije.

Glede na odgovore obeh vodnikov obstaja želja po dodatnem izobraževanju in pripravljenost na prevzem vloge pilota v enoti, čeprav je morda bolj namenjena vodnikom, ki imajo pse, s katerimi aktivno ne morejo sodelovati (poškodba psa, starost, smrt itn.). Raje bi sicer videli (skupaj s sodnico), da bi se vpejljava brezpilotnih zrakoplovov zgodila znotraj skupin SIP, pri čemer so dodatne možnosti uporabe tehnologije na področju usposabljanja reševalnih parov, kar poleg treningov vključuje še izpite in preizkušnje.

Leta 2019 je bilo organiziranih 30 prireditev v organizaciji Enote reševalnih psov Slovenije (interna baza *ededi.si*). To število obsega (skupne) vaje, seminarje, tečaje za aktivne vodnike in tabore – izvzeti so torej seminarji in iskalne akcije za vodnike začetnike, ki se z delovanjem enote v resnici šele spoznavajo. Tri vaje so namenjene izključno enoti MERP, ena vaji vseh enot in ena vodnikom, ki se pripravljajo na mednarodni preizkus iskanja zasutih v ruševinah. Ker Uredba o sistemih brezpilotnih zrakoplovov ne posega na področje državne dejavnosti (z izjemo dela pravil letenja), je vsem enotam dovoljeno na treningu uporabljati brezpilotni zrakoplov in se pri tem urediti za realistične situacije. Priložnosti za urjenje, ki ne posega v trenutni načrt za usposabljanje ali v pripravljenost enote, je torej več kot dovolj.

⁴ Na voljo pri avtorju.

Viri in literatura

1. Asama, H., Hada, Y., Kawabata, K., Noda, I., Takizawa, O., Meguro, J., ..., Tadokoro, S., 2009. V S. Tadokoro (ur.). *Rescue Robotics: DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue* (57–68). London: Springer.
2. Chakrabarty, A., Morris, R., Bouyssounouse, X., Hunt, R., 2016. Autonomous Indoor Object Tracking with the Parrot AR. Drone. *2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*.
3. De Cubber, G., Doroftei, D., Balta, H., Matos, A., Silva, E., Serrano, D., Govindaraj, S., Roda, R., Lobo, V., Marques, M., Wagemans, R., 2017. Operational Validation of Search and Rescue Robots. *Search and Rescue Robotics – From Theory to Practice*. Rijeka: InTech.
4. Du Brulle, C., 2014. Mapping Europe's earthquake risk. *Horizon*. 3. 3. 2014. <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/mapping-europes-earthquake-risk>.
5. International Search and Rescue Dog Organization, 2021. *International IRO Mission Readiness Test: Rubble and Reclassification*. <https://www.iro-dogs.org/cdn/uploads/leitfaden-internationaler-iro-mrt-truemmer-en-15-11-2021.pdf>.
6. Ljubljana, Slovenija, 2021. Google Maps. <http://maps.google.com>, 21. 8. 2020.
7. Moloi, B. L., Nel, A. L., 2017. Control of a Snake Robot using Amplitude Modulation. *Pattern Recognition Association of South Africa and Robotics and Mechatronics International Conference*.
8. Moloi, B. L., Nel, A. L., 2017. Control of a Snake Robot using Amplitude Modulation. *Pattern Recognition Association of South Africa and Robotics and Mechatronics International Conference*.
9. Nonami, K., Kendoul, F., Suzuki, S., Wang, W., in Nakazawa D., 2010. *Autonomous Flying Robots*. Tokyo: Springer.
10. Ohno, K., Hamada, R., Hoshi, T., Nishinoma, H., Yamaguchi, S., Arnold, S., Yamazaki, K., ..., Tadokoro, S., 2019. Cyber-Enhanced Rescue Canine. V S. Tadokoro (ur.). *Disaster Robotics: Results from the IMPACT Tough Robotics Challenge* (str. 143–193). Cham: Springer Tracts in Advanced Robotics.
11. Reinoso, E., Miguel A., J. , Esteva, L., 2018. Estimation of vulnerability inside buildings during earthquakes, *Structure and Infrastructure Engineering* 14(8): 1140–1152.
12. Rotolo, D., Hicks, D., Martin, R. B. 2015. What is an Emerging Technology? *Working Paper Series SWPS 2015-06 (February)*.
13. Whitman, J., Zevallos, N., Travers, M., Choset, H., 2018. Snake Robot Urban Search After the 2017 Mexico City Earthquake. *IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR) Safety, Security, and Rescue Robotics*.