



ЗРГИМ

XV^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '24

Струга
18 – 20. 10. 2024 год.

ПОСТАВУВАЊЕ НА ИНТЕРНА ГЕО-ПОЗИЦИОНА МРЕЖА ЗА МОНИТОРИНГ НА ВРАБОТЕНИТЕ ВО РУДНИЦИТЕ

Александар Петровски¹, Стојанче Мијалковски²

¹Универзитет “Гоце Делчев” – Штип, Воена академија “Генерал Михаило Апостолски” (придружна членка), Скопје, Р. С. Македонија

²Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки, Штип, Р. С. Македонија

Апстракт: Во овој труд ќе биде прикажана употребата на новите технологии и уреди, со цел осовременување на постоечките традиционални методи што се применуваат во рудниците и да се постигне зголемување на ефикасноста и безбедноста во рудниците. Со оглед на тоа дека беспилотните летала и современите ЛИДАР системи се во постојан развој и усовршување, истите ги предводат процесите на модернизација во многу области на модерното рударство. Следејќи ја тенденцијата за нивна се поголема употреба во површинската и подземната експлоатација на минералните сировини, тие ја претставуваат иднината на рударството која е зависна од развојот на постојната и новата интерна гео-позициона мрежа со можности истата да има повеќекратна употреба за следење на секој човек, уред и машина во насока на зголемување на безбедноста и ефикасноста на секој учесник во процесот на експлоатација на рудните ресурси. Употребата на овие технологии го демонстрира потенцијалот за подобрување на безбедноста во секој момент, со посебен акцент во услови на рударски инциденти преку поддршка на тимот за спасување, согласно планот за спасување и евакуација на вработените и опремата. Со воспоставување на интерна гео-позициона мрежа се отвора нова можност за следење на здравјето и ефикасноста на вработените во сите услови и сценарија на ризик.

Клучни зборови: ЛИДАР, внатрешна гео-позициона мрежа, безбедност, ефикасност, рударство.

ESTABLISHING AN INTERNAL GEO-POSITIONAL NETWORK FOR MONITORING EMPLOYEES IN MINES

Aleksandar Petrovski¹, Stojance Mijalkovski²

¹University "Goce Delcev", Military Academy "General Mihailo Apostolski" (associate member), Skopje, R. of N. Macedonia

²University "Goce Delcev", Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip, R. of N. Macedonia

Abstract: This paper will show the use of new technologies and devices as a modernization of existing traditional methods applied in mining operations, but represent advanced technologies in modern mining in order to use them to increase and advance efficiency and safety in mines. Given that drones and modern LIDAR systems are in constant development and improvement, they are leading the modernization processes in many areas of modern mining. Following the trend of their increasing use in above ground and underground mining of mineral raw materials, they represent the future of mining that is dependent on the development of an existing and new internal geo-positioning network with the

ability to have multiple uses to monitor every person, device and machine in the direction of increasing the safety and efficiency of each participant in the process of exploiting mineral resources. The use of these technologies demonstrates the potential to improve safety at every moment, with a special emphasis in the context of mining incidents by supporting the rescue team according to the mine response and extraction plan and equipment. The establishment of an internal geo-positioning network opens a new opportunity to monitor the health and efficiency of miners in all conditions and risk scenarios. By increasing the safety of all stakeholders, both efficiency and environmental sustainability in mining operations will be improved.

Keywords: LIDAR, internal geo-positional network, security, efficiency, mining

1. ВОВЕД

Брзиот развој на науката и технологијата доведува до примена на нови современи техники и технологии во секоја научна и применета област. Современите процеси во рударството вклучуваат активности за откривање на нови рудни наоѓалишта, изработка на физибилити студии и спроведување на анализи за профитниот потенцијал на предложениот рудник со цел да се открие степенот на неговата рентабилност, спроведување екстракција на посакуваните минерални сировини и финална рекултивација на земјиштето после затворањето на рудникот. Рудите претставуваат природни ресурси кои традиционално се експлоатираат илјадници години, а во зависност од начинот на експлоатација рудниците се делат на површински, подземни и подводни. Со оглед на својата специфичност, минералните сировини можат да бидат во цврста, течна или гасовита агрегатна состојба. Истражувањето на минералните сировини опфаќа активности чија цел е да се утврди постоењето, положбата и формата на рудните наоѓалишта, нивниот квалитет и квантитет, како и условите за експлоатација. Експлоатацијата претставува екстракција на минералните сировини од наоѓалиштата и нивно прочистување.



Слика 1. Површинска и подземна експлоатација на минерални сировини

Постојаниот напредок на технологијата и нејзината зголемена распространетост доведуваат до поставување на нови повисоки цели преку развојот и примената на напредните технологии. Еден од многуте проекти кои служат за поттикнување на активности за развој и иновации насочени кон создавање на одржливи интелигентни системи за рударството е проектот SIMS (Sustainable Intelligent Mining Systems), кој што е поддржан од Европската Унија. Самиот проект има за цел да развие, тестира и демонстрира нови технологии за предизвиците и потребите со кои се соочува модерното рударство, притоа обезбедувајќи поголема ефикасност, безбедност, минимизирање на негативните влијанија на рударските операции врз животната средина и зголемување на довербата на

јавноста во рударството. Во рамки на проектот SIMS биле спроведени тестирања на технологии и решенија за рударската индустрија. Добиените резултати од спроведените тестирања покажале дека беспилотните летала претставуваат успешно решение за голем број на рударски операции.

Овој податок самиот по себе ни наметнува да размислуваме на можностите за искористување на новите технологии кои ни нудат побрзо, поефикасно и поекономично собирање на просторни податоци во однос на класичните традиционални методи за работа.

2. РАЧНИ ЛИДАР УРЕДИ И БЕСПИЛОТНИ ЛЕТАЛА ВО СОВРЕМЕНОТО РУДАРСТВО

Беспилотните летала (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) претставуваат олицетворение на напредната технологија, тие се составен дел од системот на беспилотни авиони (Unmanned Aircraft System — UAS) кој го сочинуваат копнениот контролер, беспилотното летало, системот за комуникација со беспилотното летало и сите останати компоненти на системот за летање.



Слика 2. Беспилотни летала што се употребуваат во рударството

Беспилотните летала меѓусебно се разликуваат и се класифицираат според сопствената големина, тежината која што ја поседуваат, сензорите и камерите кои што им се инсталирани, изворот на напојување, флексибилноста при изведба на маневри во текот на летот, максималната височина која што можат да ја достигнат за време на летот, отпорот и стабилноста во однос на ветерот и останатите неповолни природни појави.

Беспилотните летала кои поседуваат мала тежина и имаат помала носивост се применуваат во кратковременски мисии за снимање на површината. Додека пак за подолготрајни временски мисии за снимање на површината се користат летала кои што се изработени од поцврста конструкција која што овозможува поголема стабилност и отпорност за време на летот, летала на кои им се инсталирани напредни модели на сензори и имаат можност да достигнат поголеми надморски височини.

Беспилотните летала се управуваат со помош на копнен контролер од страна на оператор кој се наоѓа на земјата, на одредена оддалеченост од самото беспилотно летало. Овие системи поседуваат можност за автономно летање со однапред одредени координати за лет и полуавтономно летање каде што операторот во текот на самиот лет ги внесува координатите на патеката за движење и височината за летање на беспилотното летало.

2.1. Сензори

Технолошката еволуција ја има клучната улога во развојот на различните сензори, кои со своето интегрирање во беспилотните летала овозможуваат ефикасност и продуктивност во рударските операции.

Беспилотните летала може да бидат опремени со различни сензори од RGB или термички камери, до детектори за гас и сензори за укажување на аномалии што можат да укажат на препреки кои претставуваат безбедносна опасност, како што се LiDAR и хиперспектралните камери кои можат да собираат податоци со висока резолуција за топографија, геологија и минерологија.

Кои типови на сензори ќе бидат инсталирани во беспилотното летало зависи од видот на податоците кои што треба да бидат обезбедени. Во рударските операции најчесто се користат следниве сензори (слика 3):

- Инфрацрвени сензори (IR, Infrared Sensors) – (слика 3. а)
- Ултразвучни сензори – (слика 3. б)
- RGB сензори (Red-Green-Blue) – (слика 3. в)
- Стерео камери – (слика 3. г)
- Laser Range Finders (LRFs) – (слика 3. д)
- Радар со ултра широк обсер (UWB, Ultra-Wideband Radar) – (слика 3. ѓ)
- Хиперспектрални сензори – (слика 3. ж)
- Магнетни сензори – (слика 3. з)
- Сензори за видлив и блиску инфрацрвен спектрален опсег (VNIR, Visible and Near-Infrared spectral range) – (слика 3. с)
- Сензори за следење на квалитетот на воздухот – (слика 3. е)



Слика 3. Најчесто користени сензори кај беспилотните летала во рударските операции

3. ПРИМЕНА НА РАЧНИ ЛИДАР УРЕДИ И БЕСПИЛОТНИТЕ ЛЕТАЛА ВО РУДАРСТВОТО

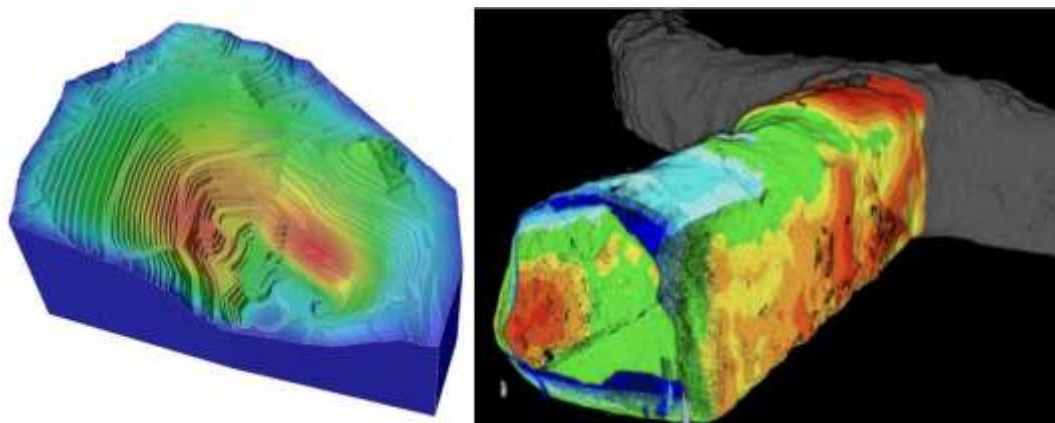
Земајќи ја во предвид можноста за собирање на податоци од тешко достапни терени, една од клучните придобивки со користењето на ЛИДАР уредите монтирани на беспилотните летала, е тоа што ги профилира како една од најрационалните можности за масовна аквизиција на просторни податоци. Употребата на рачните уреди со ЛИДАР и беспилотните летала во рударството, ја имаат клучната улога во процесите за неговиот развој, модернизирање и усовршување.

Иако претставуваат релативно нова технологија, во модерното рударство рачните ЛИДАР уреди и беспилотните летала наоѓаат примена во мониторингот на тековните рударски операции во реално време, во геолошкото моделирање, во површинското и подземното мапирање на рудниците, во рударските истражувања, во процесите на експлоатација и рекултивација.



Слика 4. Примена на рачен уред и беспилотно летало опремени со ЛИДАР за рударски операции

Врз основа на добиените податоци со рачните уреди и беспилотните летала со нивна понатамошна обработка се генерираат 3D модели, дигитални и висински модели на теренот кои имаат фундаментално значење за спроведување на различни анализи и пресметки во рударството. Во овој случај корисникот има пристап до просторните податоци по извршената обработка на снимените податоци.



Слика 5. Генерирани фотограметриски модели

4. ПОСТАВУВАЊЕ НА ИНТЕРНА ГЕО-ПОЗИЦИОНА МРЕЖА КАКО СИСТЕМ ЗА МОНИТОРИНГ НА ВРАБОТЕНИТЕ ВО РУДНИЦИТЕ

Денес, во светски рамки, голем број на научни институции и научници од различни области вложуваат сериозни напори и ресурси за истражување на концептот за поставување на интерна активна гео-позициона мрежа врз основа на скенираната подземна просторија и инфраструктура. Истата е потребно да биде поврзана со надземната нивелманска мрежа и да има внатрешна независна енергетска независност, која во случај на евентуална хаварија истата да

продолжи да функционира во засебни блокови и преку неа да може да се пронајде гео-позицијата на зафатените работници во рударските простории. Потребата од употреба на современи технологии претставува мотив за развој на современата технологија за подземна комуникација и гео-лоцирање за следење на состојбата на секој рудар, возило и останата опрема. Вистински предизвик претставува подобрувањето на комуникацијата и безбедноста во подземните рудници, која во кризни случаи би помогнала за побрзо и полесно да се гео-лоцираат сите рудари и опремата, а преку посебни гео-здравствени уреди да се набљудува и нивната моментална здравствена состојба. Сите добиени прецизни и навремени резултати, при изведувањето на рударските операции ќе имаат огромен ефект во зголемувањето на ефикасноста за секој учесник во процесот на рударење, а воедно и ќе ја зголеми индивидуалната доверба на сите рудари во целиот процес поради тоа што ќе им се следи здравствената состојба и нивната локација во секој момент од нивното влегување, па се до излегувањето од рудникот.

Со употреба на алгоритми за далечинско согледување, комуникација, геопросторна анализа, идентификација на секој поединец преку гео-здравствениот уред се јавува потреба да бидат поставени гео-локациски предаватели и приматели во рударските простори и самата јама. Овие гео-локациски уреди ќе функционираат на принципот на тројно препокривање во бафер зони, за да се зголеми нивната ефикасност и безбедното функционирање преку преземање и предавање на сите позиции на главниот површински компјутерски центар. Гео-локациските уреди ќе бидат поврзани на локалната електрична мрежа, а во случај на прекин на истата ќе бидат опремени со сопствено напојување кое ќе овозможи нивно функционирање минимум 72 часа, поделени во зони и степени на важност за да овозможат побрзо и поефикасно следење и извлекување на евентуалните повредени и зафатени рудари по евентуалната несреќа.

Беспилотните летала може да бидат опремени со различни напредни сензори кои можат да собираат податоци за евентуални небезбедни зони и при евентуални кризни состојби низ мали отвори можат да се доставуваат неопходни медицински и прехранбени продукти до зафатените лица.

Вештачката интелигенција може да се користи за анализа во реално време на податоци добиени од многубројните сензори за откривање на аномалии кои што можат да укажат на непосредна безбедносна опасност, со што рудниците ќе станат побезбедни места за луѓето кои работат во нив.

5. ЗАКЛУЧОК

Обемните истражувања кои се спроведени во светот укажуваат дека забрзаниот развој на технологијата е главен поттик и мотив за модернизирањето, напредокот и усовршувањето на многу области кои ги опфаќа човековата активност, меѓу кои спаѓа и рударството. Мотив плус за продлабочување во оваа тематика, притоа и отварање на повеќе можности за суштинско запознавање со истата е брзото темпо на модерниот живот кое што ја наметнува потребата за применување на нови технологии и методи кои ќе ни помогнат да ги постигнеме нашите цели за краток временски период на ниво кое што ги задоволува нашите професионални критериуми и барања.

Високиот степен на практична употребливост и професионализам, како и ниските трошоци во споредба со останатите системи и традиционални методи на работа се фундаменталните придобивки од примената на рачните лидар уреди,

беспилотните летала и гео-локациските уреди во многу области.

Може да се заклучи дека со воспоставување на засебен систем на следење и комуницирање надграден со соодветни сензори користејќи ја вештачката интелигенција ќе придонесат во намалување на негативните влијанија врз животната средина, притоа ќе се обезбеди поголема безбедност, одржливост и продуктивност на самите рудници.

Развојот на напредните комуникациски технички системи со високи перформанси претставува предизвик за современото инженерство и главен двигател на техничко - технолошкото иноваторство.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Vangu G. M. (2022), The use of drones in mining operations, University of Craiova, Faculty of Agronomy, Craiova, Romania

[2] Choi Y. (2023) „Applications of Unmanned Aerial Vehicle and Artificial Intelligence Technologies in Mining from Exploration to Reclamation, Department of Energy Resources Engineering, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea

[3] He X., Yang X., Luo Z., Guan T. (2020) Application of unmanned aerial vehicle (UAV) thermal infrared remote sensing to identify coal fires in the Huojitu coal mine in Shenmu city, China, School of Earth Science and Resources, Chang'an University, and Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Bureau of China National Administration of Coal Geology, Xi'an, China

[4] Benton D. J., Chambers A. J., Raffaldi M. J., Finley S. A., Powers M. J. (2016), Close-Range Photogrammetry in Underground Mining Ground Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Spokane Mining Research Division, Spokane, USA

[5] <https://www.xboom.in/elevating-efficiency-how-drones-are-enhancing-mining-and-quarry-inspections/>

[6] <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2020/11/drones-for-mining-use-cases-benefits-and-trends/>

[7] <https://www.e-mj.com/features/mine-mapping-goes-mobile/>

[8] <https://cordis.europa.eu/project/id/730302>

[9] <https://www.simsmining.eu/>

[10] <https://dronesurveyservices.com/benefits-of-drones-in-mining/>

[11] <https://wingtra.com/drones-for-mining/>

[12] <https://www.professional-multirotors.com/blog/2021/08/03/new-wingtraone-gen-ii/>

[13] <https://robotsguide.com/robots/ebee>

[14] <https://enterprise.dji.com/matrice-300>

[15] <https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk>

[16] <https://www.rocketmine.com/imagination-and-innovation-key-to-going-underground/>

- [17] <https://www.home.sandvik/en/stories/articles/2020/09/exyn-drones/>
- [18] <https://www.constructionweekonline.in/business/squadrone-flies-indias-first-autonomous-drone-in-underground-mines>
- [19] <https://www.pix4d.com/blog/drone-inspection-underground-mine/>
- [20] <https://www.unmannedsystemstechnology.com/>
- [21] <https://halorobotics.com/lidar/>
- [22] <https://www.australianmining.com.au/how-to-use-autonomous-lidar-technology-in-underground-mining/>
- [23] <https://www.glencore.com.au/operations-and-projects/qld-metals/resourceful/resourceful-october-2021/mico-flying-high-with-autonomous-drones-using-hovermap-technology>
- [24] <https://www.rocscience.com/learning/geotechnical-software-for-open-pit-mining>