

УДК 622.1:528.024

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-41>

ВИМОГИ ДО ПАРАМЕТРІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ НАЗЕМНИХ ЦИФРОВИХ ЗНІМКІВ

Долгіх Олександр Вікторович,

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри маркшейдерії
Криворізького національного університету
ORCID ID: 0000-0001-7558-8724

Долгіх Любов Володимирівна,

кандидат технічних наук, доцент
Криворізького національного університету
ORCID ID: 0000-0003-0577-5086

Питанню використання комп'ютерних технологій у маркшейдерії присвячено велику кількість наукових робіт, адже ці технології дозволяють оперативно та з необхідною точністю опрацьовувати результати вимірів, отримувати не тільки в паперовому, а й у зручному цифровому вигляді маркшейдерську документацію. Метою дослідження є аналіз та вибір ефективних параметрів комп'ютера, який може використовуватися для фотограмметричного опрацювання результатів цифрових зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств. З метою побудови моделі та розв'язання задач з визначення координат контрольних точок було опрацьовано різні за величиною об'єкти, найбільшим з яких був кар'єр, сфотографований на 310 цифрових знімків, отриманих наземним зніманням з різних за величиною базисів. При цьому кожного разу змінювалася комплектація комп'ютера, було використано сім комп'ютерів. Отримані результати дозволили зробити висновок про доцільність вибирати певні параметри комп'ютера залежно від вирішуваних задач. Для досліджень використані відомі програмні засоби, що дозволяють оцінити потужність апаратних засобів комп'ютерів. Виконані тестові завдання дозволили визначити потужність кожного комп'ютера. Вибір оптимальних параметрів комп'ютера було здійснено на основі розв'язання компромісу – мати достатню потужність для опрацювання великих об'ємів інформації, якими є блоки цифрових знімків кар'єру, за доступної вартості обладнання. Отримані дані дозволять маркшейдерському відділку гірничого підприємства визначати оптимальні параметри комп'ютера, необхідного для опрацювання знімків, та економно витрачати кошти, що впливає на ефективність маркшейдерських робіт і всього гірничого виробництва.

Ключові слова: маркшейдерські роботи, цифрові знімки, комп'ютерне оброблення, оптимальні параметри.

Dolhikh Oleksandr, Dolhikh Liubov. Requirements for computer equipment parameters when processing digital terrestrial images

Many scientific works are devoted to the issues of using computer technologies in mine surveying, as they allow for the prompt and accurate processing of measurement results, and the receipt of mine surveying documentation not only on paper, but also in convenient digital form. The aim of the study is to analyze and select effective parameters of a computer that can be used for photogrammetric processing of digital survey results of mining enterprises. To build the model and solve the problems of determining the coordinates of control points, objects of various sizes were processed, the largest of which was a quarry photographed on 310 digital images obtained by ground shooting from bases of various sizes. In this case, the computer configuration was changed each time, seven computers were used. Seven computers were used for each change in the computer configuration. The results obtained allowed us to draw a conclusion about the advisability of choosing certain computer parameters depending on the tasks being solved. The studies use well-known software tools that allow us to estimate the power of computer hardware. The choice of optimal computer parameters was made on the basis of a compromise solution – to have sufficient power to process large volumes of information, for example, blocks of digital images of a quarry, at an affordable cost of equipment. The obtained data will allow the mine surveying department of the mining enterprise to determine the optimal computer parameters required for image processing and to economically spend resources that affect the efficiency of mine surveying work and the entire mining operation.

Keywords: mine surveying, digital images, computer processing, optimal parameters.

Вступ. Однією з важливих галузей України є гірничо-шахтарська, яка забезпечує країну необхідною сировиною, а маркшейдерська служба на

гірничому підприємстві забезпечує ефективність гірничих робіт на всіх етапах освоєння родовища, від геологорозвідувальних робіт

до його консервації або закриття. Сучасне маркшейдерське забезпечення гірничих робіт характеризується використанням високотехнологічних методів та устаткування [1]. Високу ефективність маркшейдерських робіт забезпечують супутникові й цифрові технології та сучасні електронні й лазерні прилади [3; 4]. Підвищенню ефективності маркшейдерських робіт сприяє використання безпілотних літальних апаратів [2; 6–8]. Але важливим при цьому є комп'ютерне оброблення результатів, отриманих за допомогою цієї сучасної техніки [5; 9].

Методи та методики дослідження. Для підвищення ефективності всього комплексу робіт, наприклад, маркшейдерських зйомок, необхідно використовувати тільки сучасне устаткування та прилади для її виконання, а й необхідно ефективне програмне забезпечення для опрацювання результатів. Програмне забезпечення розраховано на визначені об'єми пам'яті та швидкодії комп'ютера.

Натепер значна кількість маркшейдерських задач ефективно розв'язується за допомогою фотограмметричних методів: виконання зйомок; створення та згущення маркшейдерського обґрунтування; дослідження за деформаціями та зсувами; виконання проєктувальних робіт

тощо. Кожна задача потребує комп'ютерного опрацювання.

Побудова стереофотограмметричних моделей методом цифрової фотограмметрії потребує наявності потужних комп'ютерних ресурсів. Якщо для побудови цифрових моделей (ЦМ) на невеликі за розміром об'єкти достатньо мінімальних ресурсів – наявності дискретної відеокарті, обов'язково з підтримкою CUDA, то для побудови ЦМ на великі об'єкти необхідні потужні комп'ютерні засоби. Повний процес побудови ЦМ на великий об'єкт, яким є, наприклад, кар'єр, може займати декілька діб. Отже, на невеликих цифрових моделях економія часу оброблення комп'ютерами різної потужності – незначна, а на великих – різниця в часі може сягати від однієї до двох діб.

Звичайно, придбавши систему на основі самих топових процесорів, наприклад, EPYC 9655P, можна отримати потужні та швидкі умови розв'язання задач – від вирівнювання знімків до створення щільної хмари точок у 3D. Але вартість тільки процесору на початок 2025 року становить, як мінімум, 10 тис. доларів США. Якщо додати до цієї вартості вартість материнської плати, пам'яті та інших необхідних комплектуючих, то вартість такого комп'ютера виходить високою.

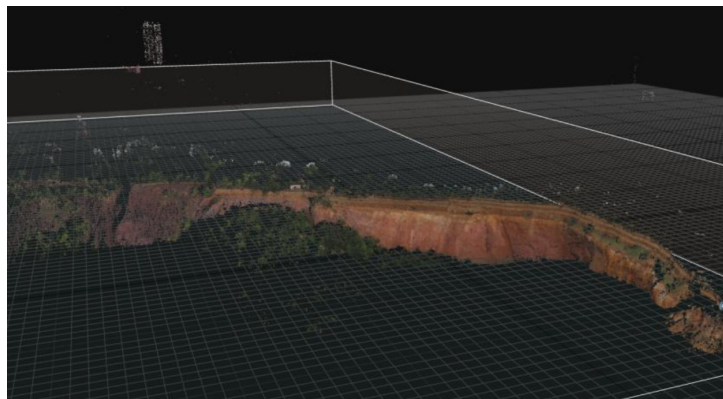


Рис. 1. Цифрова модель укусу

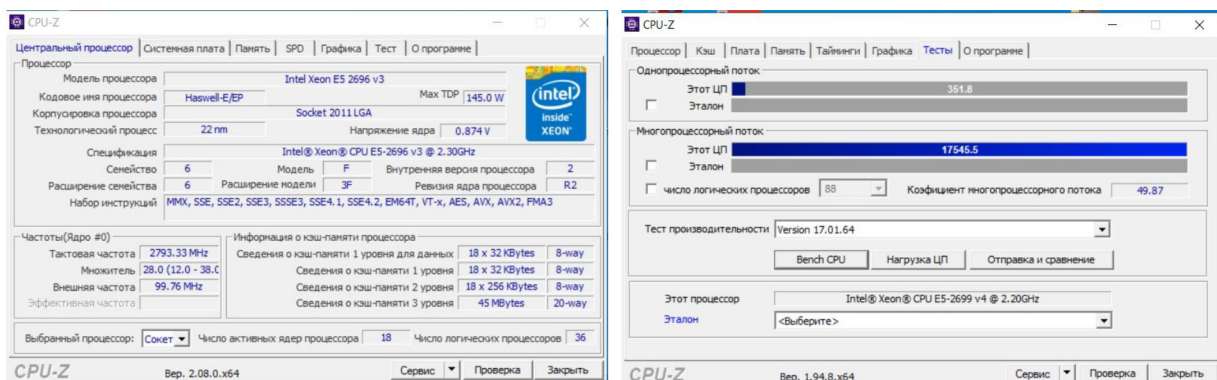


Рис. 2. Результати тестування комп'ютера у програмі CPU-Z

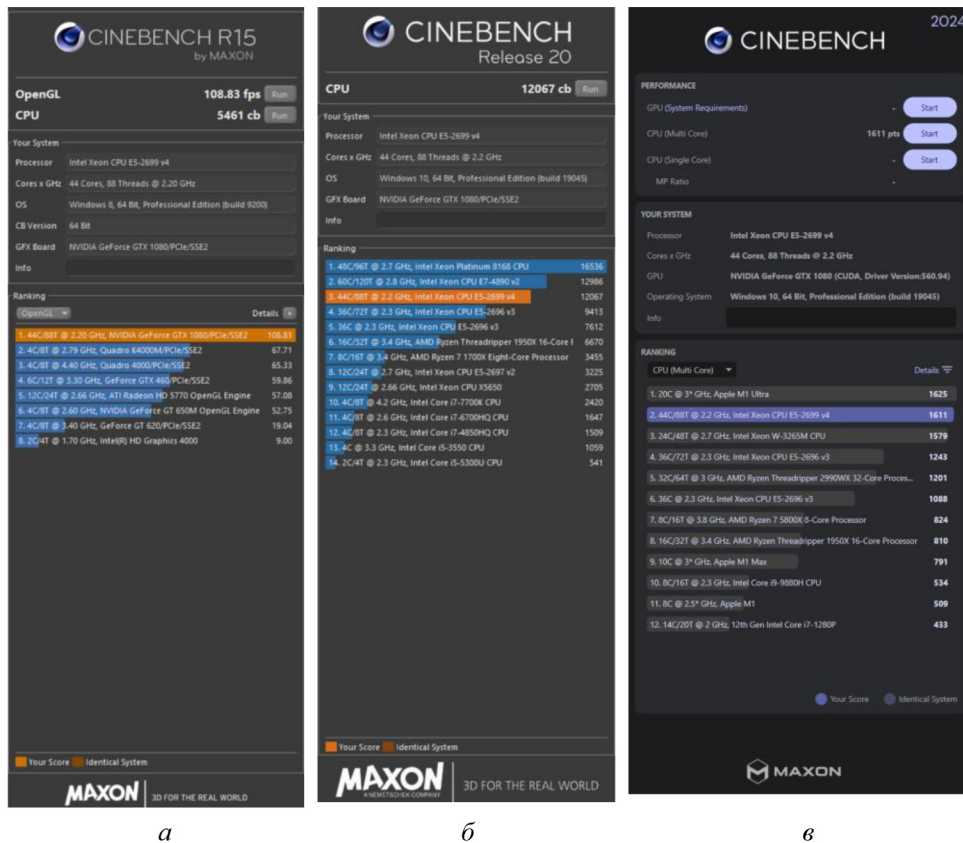


Рис. 3. Результати оброблення за різними версіями програми: а) Cinebench Release 15; б) Cinebench Release 20; в) Cinebench Release 2024

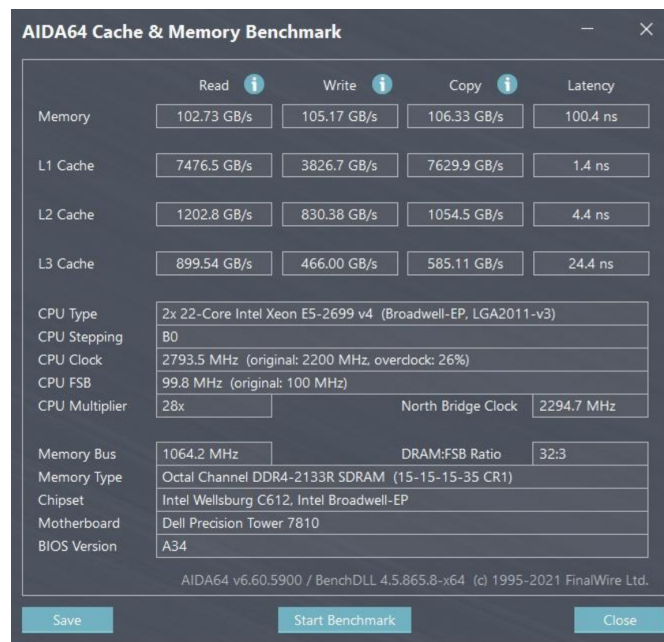


Рис. 4. Результати тестування у програмі AIDA64

Процес підбору обладнання – це завжди компроміс між його вартістю і часом, за який це обладнання розв'язує поставлену задачу. Тому, по-перше, необхідно розібратись, які параметри комп'ютерної системи необхідні для оперативного виконання подібних задач,

а які параметри при цьому є другорядними. І головне питання, на яке необхідно відповісти: чи дійсно є необхідність у закупівлі самих сучасних комп'ютерних комплектуючих, чи можна обійтись більш скромними параметрами комп'ютера.

Для дослідження цього питання вибрано тестову модель із 310 цифрових знімків. Вирівнювання, побудова моделі та її калібрування виконувалось на 7 різних комп'ютерах.

Результати та дискусії. Існує більше декількох десятків програмних засобів для оцінювання потужності апаратних засобів комп'ютерів та виконання тестових завдань, що дають загальне уявлення про потужність того чи іншого комп'ютера. Найпоширенішими програмними засобами (ПЗ) є CPU-Z, Cinebench Release (різних версій від 15 до 2024) та AIDA64.

Програма CPU-Z показує: який у системі встановлено процесор; характеристики пам'яті.

Також програма має вбудований тест потужності процесора для роботи в однопоточному та багатопоточному обчисленнях.

Програма Cinebench позиціонується як ПЗ для тестування мультимедійних властивостей комп'ютера та виконання рендерингу 3D-сцен, що за типом оброблення є подібним до побудови 3D-моделей. Загальний вигляд результатів оброблення з використанням різних версій програми Cinebench наведено на рис. 3.

Програмний засіб AIDA64 має багато інструментів для перегляду і тестування обладнання, в його арсеналі є стрес-тести пам'яті, процесору, дискових накопичувачів для визначення

Таблиця 1

Результати тестування комп'ютерного устаткування

Процесор	Тести				
	CPU-Z CPU Multi Thread	Cinebench Release 15, cb	Cinebench Release 20, cb	Cinebench Release 2024, cb	AIDA Memory Read/Write, MB/s
Intel Xeon E5-2699 v4 (Hyper-Threading) 2,79 GHz	17545	5461	12067	1611	102/105
Intel Xeon E5-2699 v4 2,79 GHz	12399	4408	9466	1270	104/91
Intel Xeon E5-2696 v3 (Hyper-Threading) 2,79 GHz	13280	4317	9413	1243	109/94
Intel Xeon E5-2696 v3 2,79 GHz	10373	3623	7612	1088	111/94
Intel Xeon E5-2696 v3 (unlock turbo boost), 3,25 GHz					122.102
Intel Core i7-8850H (Hyper-Threading) 4,3 GHz	3409	1073	2457	-	34/35
Intel Core i7-8850H 4,3 GHz	2543	667	1854	-	36/37
Intel Core i5-65003, 4.3 GHz	1459	432	1127	-	15/15

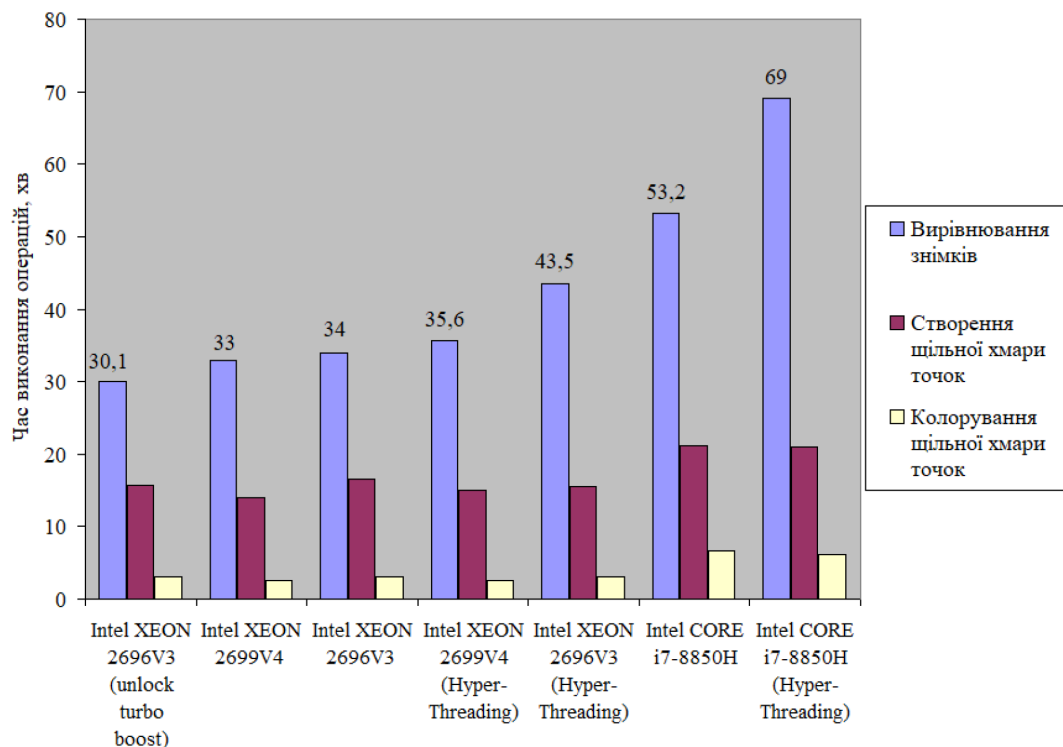


Рис. 5. Порівняння часу на виконання операцій різними процесорами

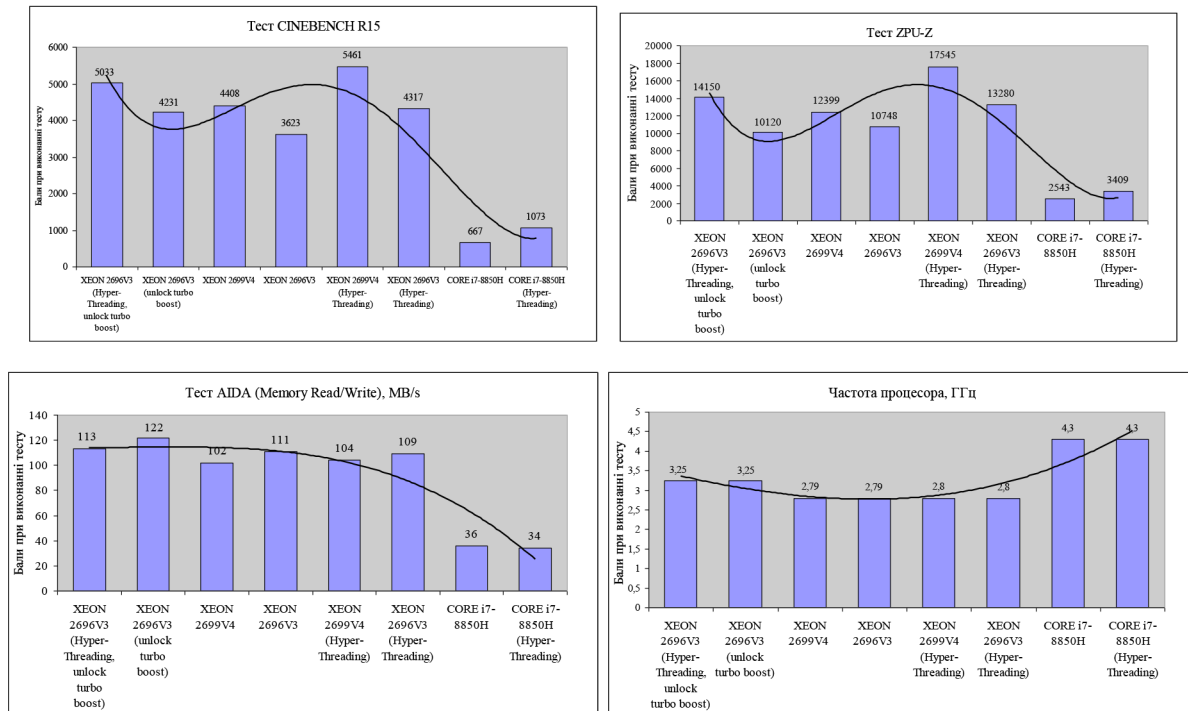


Рис. 6. Результати тестування в різних програмних засобах

їх стабільності в разі високих навантажень. Для нашого дослідження важливим є «Тест кешу та пам'яті», що показує загальну потужність і швидкість двох головних параметрів для оброблення – пам'яті та процесору. Загальний вигляд результатів тестування наведено на рис. 4.

Завдання виконувалося окремо в активованому та вимкненому режимі Hyper-Threading Technology. З вимкненим режимом Hyper-Threading Technology результати синтетичних тестів були гіршими.

Створення цифрової моделі виконувалося у комп'ютерних системах з такими процесорами: Intel XEON 2696V3 (unlock turbo boost), Intel XEON 2699V4; Intel XEON 2696V3; Intel XEON 2699V4 (Hyper-Threading); Intel XEON 2696V3 (unlock turbo boost, Hyper-Threading); Intel XEON 2696V3 (Hyper-Threading); Intel CORE i7-8850H; Intel CORE i7-8850H (Hyper-Threading); Intel Intel Core i5-6500.

У таблиці 1 наведено результати дослідження комп'ютерного устаткування.

На рисунку 5 представлено результати порівняння часу, необхідного для виконання операцій різними процесорами, а на рисунку 6 – результати тестування комп'ютерного устаткування в різних програмних засобах.

Як показали результати досліджень, результати тестування у ПЗ AIDA64 найбільш корелюють із часом виконання завдань зі створення цифрової моделі та побудови щільної хмари точок. «Тест кешу та пам'яті» слід

вважати основним під час підбору параметрів комп'ютера, що підвищує його швидкість (рис. 7).

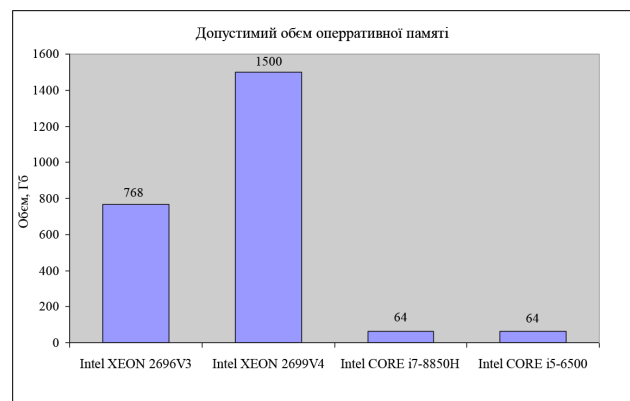


Рис. 7. Допустимий об'єм оперативної пам'яті для досліджуваних процесорів

Висновки. Під час вибору конфігурації комп'ютера, який використовується для побудови цифрових моделей на великі об'єкти, якими є залізничні кар'єри та відвали пустих порід, слід мати на увазі, що в десктопних процесорах підтримуються тільки незначні об'єми оперативної пам'яті. Тобто такі процесори не дозволяють створювати цифрові моделі великих об'єктів.

Досвід показує, що, наприклад, для оброблення 262 цифрових знімків необхідно, як мінімум, 260 Гб оперативної пам'яті, тобто варто орієнтуватися на процесори серверного типу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Buczyńska A. Remote sensing and GIS technologies in land reclamation and landscape planning processes on post-mining areas in the Polish and world literature. *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2209. 040002. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0000009>
2. Do, T. P. T., Long Quoc Nguyen, Le Hung Trinh, & Vambol, V. (2024). Comprehensive review of unmanned aerial vehicle application to safety mining management. *Ecological Questions*. Vol. 35 (4). P. 69–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2024.049>
3. Dolgikh O., Dolgikh L. The study of the collapse zone by remote methods. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 166. 03002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016603002>
4. Dolgikh O., Dolgikh L., Ilezov K., Maletskii N. The use of the construction with a digital camera and GPS receiver while researching dangerous areas. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 280. 08009. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128008009>
5. Garcia-Garcia A., Orts-Escolano S., Oprea S., Villena-Martinez V., Martin-Gonzalez P., Garcia-Rodriguez J. A survey on deep learning techniques for image and video semantic segmentation. *Appl. Soft Comput.* 2018. Vol. 70. P. 41–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.05.018>
6. Girisha S., Verma U., Pai M. M., Pai R. M. Uvid-Net: Enhanced semantic segmentation of UAV aerial videos by embedding temporal information. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2021. Vol. 14. P. 4115–4127. DOI: [10.1109/JSTARS.2021.3069909](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3069909)
7. Kalinichenko V., Dolgikh O., Dolgikh L., Pysmennyi S. Choosing a camera for mine surveying of mining enterprise facilities using unmanned aerial vehicles. *Mining of Mineral Deposits*. 2020. Vol. 14 (4). P. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining14.04.031>
8. Loots M., Grobbelaar S., van der Lingen, E. A review of remote-sensing unmanned aerial vehicles in the mining industry. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 2022. № 122. P. 387–396. DOI: <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/1602/2022>
9. Yuda M., Xiangjun Z., Weiming S., Shaofeng L. Target accurate positioning based on the point cloud created by stereo vision. *23rd International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, M2VIP, IEEE*. 2016. P. 1–5. DOI: [10.1109/M2VIP.2016.7827268](https://doi.org/10.1109/M2VIP.2016.7827268)

REFERENCES:

1. Buczyńska, A. (2020). Remote sensing and GIS technologies in land reclamation and landscape planning processes on post-mining areas in the Polish and world literature. *AIP Conference Proceedings* 2209, 040002; <https://doi.org/10.1063/5.0000009>
2. Do, T. P. T., Long Quoc Nguyen, Le Hung Trinh, & Vambol, V. (2024). Comprehensive review of unmanned aerial vehicle application to safety mining management. *Ecological Questions*, 35(4), 69–90. <https://doi.org/10.12775/EQ.2024.049> <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2024.049>
3. Dolgikh O., & Dolgikh L. (2020). The study of the collapse zone by remote methods. *E3S Web of Conferences* 166, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016603002>
4. Dolgikh O., Dolgikh L., Ilezov K., Maletskii N. The use of the construction with a digital camera and GPS receiver while researching dangerous areas. *E3S Web of Conferences* 280, 08009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128008009>
5. Garcia-Garcia A., Orts-Escolano S., Oprea S., Villena-Martinez V., Martinez-Gonzalez P., Garcia-Rodriguez J. (2018). A survey on deep learning techniques for image and video semantic segmentation. *Appl. Soft Comput.*, 70 (2018), pp. 41–65. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.05.018>
6. Girisha S., Verma U., Pai M. M., & Pai R. M. (2021). Uvid-Net: Enhanced semantic segmentation of UAV aerial videos by embedding temporal information. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 14, pp. 4115–4127. DOI: [10.1109/JSTARS.2021.3069909](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3069909)
7. Kalinichenko, V., Dolgikh, O., Dolgikh, L., & Pysmennyi, S. (2020). Choosing a camera for mine surveying of mining enterprise facilities using unmanned aerial vehicles. *Mining of Mineral Deposits*, 14(4), 31–39. <https://doi.org/10.33271/mining14.04.031>
8. Loots, M., Grobbelaar, S., & van der Lingen, E. (2022). A review of remote-sensing unmanned aerial vehicles in the mining industry. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 122, 387–396. <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/1602/2022>
9. Yuda M., Xiangjun Z., Weiming S., & Shaofeng L. (2016). Target accurate positioning based on the point cloud created by stereo vision. *23rd International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, M2VIP, IEEE*, pp. 1–5 DOI: [10.1109/M2VIP.2016.7827268](https://doi.org/10.1109/M2VIP.2016.7827268)