



**MECHANICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.270465

**ATMOSPHERIC PLASMAS RESEARCH LINKED TO ELECTROMAGNETIC SIGNALS AND EARTHQUAKES**

pages 6–9

*Valentino Straser, Doctor of Geological Science, Department of Science, Environment and Energy, U.P.K.L. aisbl, Brussels, Belgium, e-mail: valentino.straser@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1736-1887>*

This paper presents the outcome of monitoring aimed at studying seismic precursor candidates with a multi-parameter system, carried out at a Science Camp in July 2022 in the northwestern Italian Apennines, in the province of Parma. Pre seismic signals, closely related to the preparatory stages of an earthquake, were detected with a crustal diagnosis, based on physical signals, generated by tectonic stress. The instrumental results show a potential temporal concatenation, which describe, at the level of hypothesis, the phases of the ongoing tectonic stress. The model followed Zou's theories who which associate the formation of plasmas in the atmosphere with the piezoelectricity of rocks under stress. According to his model, rocks placed under tectonic stress and in the presence of moisture can produce both charged particles and radio electromagnetic waves, at high and low frequencies. A spherical plasmoid would originate from this combination as a wave-particle interaction effect. According to Teodorani's description High-Frequency radio waves-particularly microwaves-would heat and ionize the surrounding air, while low-frequency waves, particularly Very Low Frequencies and Extremely Low Frequency, would help condense the plasma, which in turn would immediately go into swirling motions within it, until it formed the «self-contained» structure seen in the sky as a light phenomenon. Monitoring, therefore, involved the detection of low-frequency waves preceding plasmas in the atmosphere, directional electromagnetic signals from the Radio Direction Finding (RDF) network, and the occurrence of an earthquake within the 5/6 days' time window along the same fracture line. A study model that, if confirmed, could be applied to other seismic zones for crustal monitoring.

**Keywords:** piezoelectricity, extremely low frequency, earthquakes, radio direction finding network, energy plasmas.

**References**

1. Tsukuda, T. (1997). Sizes and Some Features of Luminous Sources Associated with the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake. *Journal of Physics of the Earth*, 45 (2), 73–82. doi: <https://doi.org/10.4294/jpe1952.45.73>
2. Straser, V. (2020). *Atmospheric Plasmas that Precede Earthquakes in Seismically Active Areas*. Plasma Tectonics and Electric Geology, 62–67.
3. Ikeya, M., Yamanaka, C., Matsuda, T., Sasaoka, H., Ochiai, H., Huang, Q. et al. (2000). Electromagnetic pulses generated by compression of granitic rocks and animal behavior. *Episodes*, 23 (4), 262–265. doi: <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2000/v23i4/004>
4. Adams, M. H. (1990). Some Observations of Electromagnetic Signals Prior to California Earthquakes. *Journal of Scientific Exploration*, 4 (2), 137–152.

5. Nagao, T., Enomoto, Y., Fujinawa, Y., Hata, M., Hayakawa, M., Huang, Q. et al. (2002). Electromagnetic anomalies associated with 1995 Kobe earthquake. *Journal of Geodynamics*, 33 (4-5), 401–411. doi: [https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(02\)00004-2](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(02)00004-2)
6. Molli, G., Carlini, M., Vescovi, P., Artoni, A., Balsamo, F., Camurri, F. et al. (2018). Neogene 3-D Structural Architecture of The North-West Apennines: The Role of the Low-Angle Normal Faults and Basement Thrusts. *Tectonics*, 37 (7), 2165–2196. doi: <https://doi.org/10.1029/2018tc005057>
7. Straser, V. (2007). Precursory luminous phenomena used for earthquake prediction The Taro Valley, North-western Apennines, Italy. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, 44, 17–31.
8. Freund, F. T. (2003). Rocks that Crackle and Sparkle and Glow-Strange Pre-Earthquake Phenomena. *Journal of Scientific Exploration*, 17 (3), 37–71.
9. Straser, V., Cataldi, G., Cataldi, D. (2020). Radio direction finding for short-term crustal diagnosis and pre-seismic signals. The case of the Colonna Earthquake, Rome (Italy). *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 7 (7), 46–59.
10. Teodorani, M. (2004). A long-Term Scientific Survey of the Hessdalen Phenomenon. *Journal of Scientific Exploration*, 18, 217–251.
11. Zou, Y.-S. (1995). Some physical considerations for unusual atmospheric lights observed in Norway. *Physica Scripta*, 52 (6), 726–730. doi: <https://doi.org/10.1088/0031-8949/52/6/022>
12. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. Available at: <https://www.ingv.it/>
13. Bunnell, J. (2009). *Hunting Marfa Lights*. Lacey Publishing Co. Dallas-Fort Worth Area.
14. St-Laurent, F., Derr, J. S., Freund, F. T. (2006). Earthquake lights and the stress-activation of positive hole charge carriers in rocks. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 31 (4-9), 305–312. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.02.003>
15. Bychkov, A. V., Ardelyan, N. V., Kosmachevshii, K. V. (2017). Complex Geophysical conditions of air ionization and Hessdalen lights. *Proceedings of 2nd International Symposium on Lightning and Storm-Related Phenomena, ISL-SRP 2017*. Aurillac, 8.
16. Nikitin, A. I., Bychkov, V. L., Nikitina, T. F., Velichko, A. M. (2015). New cases of measuring of ball lightning energy. *1st International Symposium on Lightning and Storm Related Phenomena, ISL-SRP-2015*. Aurillac, 25.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.271675

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR THE SELECTION OF MECHANIZATION MEANS FOR THE LIQUIDATION OF EMISSION FUNNEL GENERATED AS A RESULT OF THE EXPLOSION OF PROJECTILES AND ROCKETS**

pages 10–14

*Artem Pavlychenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: pavlichenko.a.v@nmu.one, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4652-9180>*

*Okeksii Lozhnikov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Surface Mining, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1231-0295>*

**Maksym Chebanov**, PhD, Associate Professor, Department of Surface Mining, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6681-2701>

The object of research is the mechanization of the process of eliminating emission funnels on the earth's surface, formed as a result of explosions of shells and rockets.

The problem being solved in the work is related to the military operations on the territory of Ukraine, because of which thousands of hectares of land appeared, disturbed as a result of explosions of shells and missiles, excluding their further effective use without restoration. The first step in the restoration of such lands is backfilling by means of mechanization, however, due to the different sizes of the formed emission funnels, there is no universal equipment for achieving the set goals.

In the course of the work, the main types of disturbances of the earth's surface, formed as a result of the explosion of shells, represented by emission funnels in open areas, were determined. It has been established that the number of disturbed soil layers as a result of the formation of a funnel depends on its depth. Efficient methods of mechanization of backfilling of emission funnels in accordance with their parameters are proposed. Schemes of five main types of emission funnels are presented, taking into account the number of soil layers disturbed as a result of the explosion, which make it possible to determine the sequence of restoration of disturbed areas of the earth's surface.

It has been established that the dependence of the volume of emission funnels on their depth is a power law, while the angle of inclination of the slopes also has a significant effect on the value of the funnel volume. It has been determined that with an increase in the funnel depth from 1 to 10 m, its volume increases from 350 to 450 times depending on the funnel slope angle, and an increase in the funnel slope angle by 28 % from 35° to 45° leads to an increase in its volume by 95 %, and the area by 98 %.

The recommendations developed in the work on the choice of mechanization means for the elimination of emission funnels formed as a result of explosions of shells and rockets, depending on the depth of the funnel, can be used in practice. The established dependences of the required time for backfilling the emission funnels on their depth can be used for a preliminary assessment of the cost of restoration work, depending on the chosen means of mechanization and the volume of emission funnels.

**Keywords:** land restoration, emission funnels, mechanization of backfilling of emission funnels, choice of means of mechanization.

#### References

1. Norenko, K. (2015). *Viina i dokillia. Ekologi rakhuiut zbitki vid obstriliv*. Available at: <https://life.pravda.com.ua/society/2015/03/23/191385/>
2. Korniyenko, V. Y., Chukharev, S. M., Zaiets, V. V., Vasylichuk, O. Y. (2020). Reclamation of destructed lands owing to illegal amber production in northern regions of Ukraine. *Resource-saving technologies of raw-material base development in mineral mining and processing*, 67–84. doi: <https://doi.org/10.31713/m905>
3. Burger, J., Gochfeld, M., Kosson, D. S., Brown, K. G., Salisbury, J. A., Jeitner, C. (2020). Risk to ecological resources following remediation can be due mainly to increased resource value of successful restoration: A case study from the Department of Energy's Hanford Site. *Environmental research*, 186, 109536. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109536>
4. Pyrikov, O. V., Lunova, O. V., Yermakov, V. M., Petry, R., Lubenska, N. O. (2022). Impact of the long-time armed conflicts on the ecological safety of industrial objects. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 31 (2), 380–389. doi: <https://doi.org/10.15421/112235>
5. Omar, S., Bhat, N. R., Shahid, S. A., Assem, A. (2005). Land and vegetation degradation in war-affected areas in the Sabah Al-Ahmad Nature Reserve of Kuwait: A case study of Umm. Ar. Rimam. *Journal of Arid Environments*, 62 (3), 475–490. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.01.009>
6. Hengkai, L., Feng, X., Qin, L. (2020). Remote sensing monitoring of land damage and restoration in rare earth mining areas in 6 counties in southern Jiangxi based on multisource sequential images. *Journal of Environmental Management*, 267, 110653. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110653>
7. Zhang, D., Leng, J., Li, X., He, W., Chen, W. (2022). Three-Stream and Double Attention-Based DenseNet-BiLSTM for Fine Land Cover Classification of Complex Mining Landscapes. *Sustainability*, 14 (19), 12465. doi: <https://doi.org/10.3390/su141912465>
8. Carlson, K., John, G. E. (2015). Landscapes of triumphalism, reconciliation, and reclamation: memorializing the aftermath of the Dakota-U.S. War of 1862. *Journal of Cultural Geography*, 32 (3), 270–303. doi: <https://doi.org/10.1080/08873631.2015.1067951>
9. Gooberman, L. (2015). Moving mountains: derelict land reclamation in post-war Wales. *Welsh History Review*, 27 (3), 521–558.
10. De Oliveira, R. S. (2015). *Magnificent and beggar land: Angola since the civil war*. Oxford University Press, 320.

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.269861

### DEVELOPING A PROTOTYPE OF FIRE DETECTION AND AUTOMATIC EXTINGUISHER MOBILE ROBOT BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

pages 15–23

**Amin Saif**, Associate Professor, Department of Power Systems and Complexes, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan; Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, e-mail: [amy008@gmail.com](mailto:amy008@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5700-5644>

**Gamal Muneer**, Assistant, Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5222-0924>

**Yusuf Abdulrahman**, Assistant, Department of Electronic/Electrical Control Engineering, Aljanad University for Science and Technology, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6513-4550>

**Hareth Abdulbaqi**, Postgraduate Student, Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5750-8935>

-----  
**Aiman Abdullah**, Postgraduate Student, Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6356-344X>  
 -----

**Abdullah Ali**, Postgraduate Student, Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3559-7348>  
 -----

**Abduljalil Derhim**, Postgraduate Student, Department of Mechatronics and Robotics Engineering, Taiz University, Taiz, Yemen, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7877-854X>  
 -----

The object of research is a prototype of fire detection and automatic extinguisher mobile robot based on convolutional neural network. Within the recent few decades, fires are considered as one of the most serious disaster that occurs in many places around the world. The severity of fire incidents causes damages to buildings, infrastructures and properties. Resulting losses of human's life and costs them a lot of losses. Thus, fire poses a great threat to us significantly; it is extremely dangerous for fire fighters. Fires can be resulted by materials such as rubber and chemical products. Other sources of fire are the short circuits on electrical devices and faults in power circuits. Additionally, overheating and overloading problems can be the cause of fire incidents. All these reasons lead to bad consequences when there is no immediate response to such problems. The advent of computer vision technology has played such a significant role for human life. Artificial intelligence field has improved the efficiency and behaviors of robotics beyond expectations. The interference of artificial intelligence made robotics act intelligently. For this reason, in this paper we presented a mobile robot based on deep learning to detect the fire source and determines its coordinate position then automatically moves toward the target and extinguish fire. Deep learning algorithms are the efficient ones for object detection applications. CNN model is one of the most common deep learning algorithms which have been used in the study for the fire detection. Due to the insufficient amount of datasets and large efforts required to build model from scratch. MobileNet V2 is one of the CNN models that support transfer learning technique. After training the model and testing it on 20 % of the used datasets the classification accuracy achieved up to 98.01 %. The motion repeatability of the robot has been implemented and tested resulting mean error 0.648 cm.

**Keywords:** mobile robot, supervised deep learning, convolutional neural network (CNN), image processing, transfer learning.

### References

- Brushlinsky, N. N., Ahrens, M., Sokolov, S. V., Wagner, P. (2016). World fire statistics. *Cent. fire statistics.*, 10.
- Woodrow, B. (2012). *Fire as Vulnerability: The Value Added from Adopting a Vulnerability Approach*. World Fire Stat. Bull. Valéria Pacella.
- Pastor, E., Zárate, L., Planas, E., Arnaldos, J. (2003). Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behaviour. *Progress in Energy and Combustion Science*, 29 (2), 139–153. doi: [https://doi.org/10.1016/s0360-1285\(03\)00017-0](https://doi.org/10.1016/s0360-1285(03)00017-0)
- Masellis, M., Ferrara, M. M., Gunn, S. W. A. (1999). Fire disaster and burn disaster: Planning and management. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 12, 67–76.
- Jamesdaniel, S., Elhage, K. G., Rosati, R., Ghosh, S., Arnetz, B., Blessman, J. (2019). Tinnitus and Self-Perceived Hearing Handicap in Firefighters: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (20), 3958. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16203958>
- Tedim, F., Leone, V., McCaffrey, S., McGee, T. K., Coughlan, M., Correia, F. J. M., Magalhães, C. G. (2020). Safety enhancement in extreme wildfire events. *Extreme Wildfire Events and Disasters*. Elsevier, 91–115. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815721-3.00005-9>
- Heydari, A., Ostadtaghizadeh, A., Ardalan, A., Ebadi, A., Mohammadfam, I., Khorasani-Zavareh, D. (2022). Exploring the criteria and factors affecting firefighters' resilience: A qualitative study. *Chinese Journal of Traumatology*, 25 (2), 107–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2021.06.001>
- Yoon, J.-H., Kim, Y.-K., Kim, K. S., Ahn, Y.-S. (2016). Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters. *Journal of Korean Medical Science*, 31 (10), 1546. doi: <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.10.1546>
- Khoon, T. N., Sebastian, P., Saman, A. B. S. (2012). Autonomous Fire Fighting Mobile Platform. *Procedia Engineering*, 41, 1145–1153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.294>
- Kim, J.-H., Starr, J. W., Lattimer, B. Y. (2014). Firefighting Robot Stereo Infrared Vision and Radar Sensor Fusion for Imaging through Smoke. *Fire Technology*, 51 (4), 823–845. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-014-0413-6>
- Sivakumar, E. V., Manoj, P., Pumithadevi, S., Sylvia, S. S., Thangaraj, M. (2016). Voice Controlled Intelligent Fire Extinguisher Robot. *International Journal for Science and Advance Research in Technology*, 2, 65–67.
- Sonal, M., Bharat, M., Saraswati, S., Bansude, V. U. (2017). Fire Fighting Robot. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4, 136–138.
- Vijayalakshmi, B., Vasanth, A., Kumar, S. V., Raj, S. N. (2017). Autonomous Fire Fighting Robot With Self Power Management. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 8, 234–237.
- Sucuoglu, H. S., Bogreki, I., Demircioglu, P. (2018). Development of Mobile Robot with Sensor Fusion Fire Detection Unit. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (30), 430–435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.324>
- Aliff, M., Samsiah, N., Yusof, M., Zainal, A. (2019). Development of Fire Fighting Robot (QRob). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100118>
- Chandra, P. S., Revathi, V., Sireesha, A., Kumar, N. S. (2019). Development of DTMF Centred Remotely Located Fire Extinguishing Robot. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9 (1), 39–43. doi: <https://doi.org/10.35940/ijitee.a3902.119119>
- Dhiman, A., Shah, N., Adhikari, P., Kumbhar, S., Dhanjal, I., Mehendale, N. (2020). Fire Fighter Robot with Deep Learning and Machine Vision. *SSRN Electronic Journal*. doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3633609>
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O. et al. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Liu, H., Lang, B. (2019). Machine Learning and Deep Learning Methods for Intrusion Detection Systems: A Survey. *Applied Sciences*, 9 (20), 4396. doi: <https://doi.org/10.3390/app9204396>
- Najafabadi, M. M., Villanustre, F., Khoshgoftaar, T. M., Seliya, N., Wald, R., Muharemagic, E. (2015). Deep learning applications and challenges in big data analytics. *Journal of Big Data*, 2 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-014-0007-7>

21. Shen, C. (2018). A Transdisciplinary Review of Deep Learning Research and Its Relevance for Water Resources Scientists. *Water Resources Research*, 54 (11), 8558–8593. doi: <https://doi.org/10.1029/2018wr022643>
22. Atitallah, S. B., Driss, M., Boulila, W., Ghézala, H. B. (2020). Leveraging Deep Learning and IoT big data analytics to support the smart cities development: Review and future directions. *Computer Science Review*, 38, 100303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100303>
23. Wang, W., Liang, D., Chen, Q., Iwamoto, Y., Han, X.-H., Zhang, Q. et al. (2019). Medical Image Classification Using Deep Learning. *Deep Learning in Healthcare*. Springer, 33–51. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32606-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32606-7_3)
24. Papernot, N., McDaniel, P., Jha, S., Fredrikson, M., Celik, Z. B., Swami, A. (2016). The Limitations of Deep Learning in Adversarial Settings. *2016 IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P)*, 372–387. doi: <https://doi.org/10.1109/eurosp.2016.36>
25. Shorten, C., Khoshgoftaar, T. M., Furht, B. (2021). Deep Learning applications for COVID-19. *Journal of Big Data*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00392-9>
26. Udendhran, R., Balamurugan, M., Suresh, A., Varatharajan, R. (2020). Enhancing image processing architecture using deep learning for embedded vision systems. *Microprocessors and Microsystems*, 76, 103094. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103094>
27. Peng, X., Zhang, X., Li, Y., Liu, B. (2020). Research on image feature extraction and retrieval algorithms based on convolutional neural network. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 69, 102705. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2019.102705>
28. Ramprasad, M., Anand, M. V., Hariharan, S. (2018). Image classification using convolutional neural networks. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119 (17), 1307–1319.
29. Liang, G., Hong, H., Xie, W., Zheng, L. (2018). Combining Convolutional Neural Network With Recursive Neural Network for Blood Cell Image Classification. *IEEE Access*, 6, 36188–36197. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2846685>
30. Albawi, S., Mohammed, T. A., Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. *2017 International Conference on Engineering and Technology (ICET)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icengtechnol.2017.8308186>
31. Ajit, A., Acharya, K., Samanta, A. (2020). A Review of Convolutional Neural Networks. *2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (IC-ETITE)*. doi: <https://doi.org/10.1109/ic-etite47903.2020.049>
32. Shaheen, F., Verma, B., Asafuddoula, Md. (2016). Impact of Automatic Feature Extraction in Deep Learning Architecture. *2016 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*. doi: <https://doi.org/10.1109/dicta.2016.7797053>
33. Elangovan, P., Nath, M. K. (2020). Glaucoma assessment from color fundus images using convolutional neural network. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 31 (2), 955–971. doi: <https://doi.org/10.1002/ima.22494>
34. Elkhayati, M., Elkettani, Y. (2022). UnCNN: A New Directed CNN Model for Isolated Arabic Handwritten Characters Recognition. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47 (8), 10667–10688. doi: <https://doi.org/10.1007/s13369-022-06652-5>
35. Li, Z., Ren, K., Jiang, X., Li, B., Zhang, H., Li, D. (2022). Domain generalization using pretrained models without fine-tuning. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.04600>
36. Mehrotra, R., Ansari, M. A., Agrawal, R., Anand, R. S. (2020). A Transfer Learning approach for AI-based classification of brain tumors. *Machine Learning with Applications*, 2, 100003. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100003>
37. Yao, Y., Doretto, G. (2010). Boosting for transfer learning with multiple sources. *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1855–1862. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2010.5539857>
38. Bouhamed, O., Ghazzai, H., Besbes, H., Massoud, Y. (2020). Autonomous UAV Navigation: A DDPG-Based Deep Reinforcement Learning Approach. *2020 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*. doi: <https://doi.org/10.1109/iscas45731.2020.9181245>
39. Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T. et al. (2017). *Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications*. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861>

## ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.268955

### COMPARISON REVIEW BETWEEN MONOFACIAL AND BIFACIAL SOLAR MODULES

pages 24–29

**Mohamed R. Goma'a**, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Al-Hussein Bin Talal University, Ma'an, Jordan, e-mail: Behiri@bhit.bu.edu.jo, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4799-6119>

**Ghayda' A. Matarnneh**, Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Al-Hussein Bin Talal University, Ma'an, Jordan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-3102>

**Mohammad A. Al-Rawajfeh**, Postgraduate Student, Department of Mechanical Engineering, Al-Hussein Bin Talal University, Ma'an, Jordan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3740-5007>

The objects of the study are solar modules. The world has witnessed a change in all aspects of life, especially in

the last period, when the world witnessed an increase in the demand for energy and all regions. Here the imperfection appeared in meeting the energy needs, just as the traditional sources (oil, coal, and natural gas), for example, are no longer hope as they are non-renewable sources. In addition to these sources, to exploit the energy in them, we must burn, which pollutes the environment, in addition to the cost of transportation. Not long ago, solar energy began to produce electricity through photovoltaic modules, and competition began to make photovoltaic modules with higher efficiency. The main aim of this study is to clarify the concept of bifacial photovoltaic modules and show some differences between them and monofacial photovoltaic modules. The current report consists of the definition of bifacial photovoltaic modules and their most important specifications, comparing them with monofacial photovoltaic modules, which are the best, the factors affecting their energy production, and the type of radiation used in each type. In fact, the utilization of albedo radiation for monofacial photovoltaic modules does not exceed 2 %, while this percentage is exceeded in bifacial photovoltaic modules. So, it can be recommended

here that the trend to use bifacial photovoltaic modules can be economical and space-saving space because it produces more amount of electricity for the same unit area, which in turn this spaces it available for other applications, and also, increase the amount of electricity due to the increase in the effective side size (two sides: one upwards and the other is downward) of the solar modules.

**Keywords:** monofacial photovoltaic modules, bifacial photovoltaic modules, photovoltaic efficiency, photovoltaic technology, albedo radiation.

### References

1. Bagher, A. M., Vahid, M. M. A., Mohsen, M. (2015). Types of Solar Cells and Application. *American Journal of Optics and Photonics*, 3 (5), 94–113. doi: <https://doi.org/10.11648/j.ajop.20150305.17>
2. Al-Rawashdeh, H., Hasan, A. O., Al-Shakhanbeh, H. A., Al-Dhaifallah, M., Gomaa, M. R., Rezk, H. (2021). Investigation of the Effect of Solar Ventilation on the Cabin Temperature of Vehicles Parked under the Sun. *Sustainability*, 13 (24), 13963. doi: <https://doi.org/10.3390/su132413963>
3. Gomaa, M. R., Ahmed, M., Rezk, H. (2022). Temperature distribution modeling of PV and cooling water PV/T collectors through thin and thick cooling cross-fined channel box. *Energy Reports*, 8, 1144–1153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.11.061>
4. Gomaa, M. R., Murtadha, T. K., Abu-jrai, A., Rezk, H., Altarawneh, M. A., Marshli, A. (2022). Experimental Investigation on Waste Heat Recovery from a Cement Factory to Enhance Thermoelectric Generation. *Sustainability*, 14 (16), 10146. doi: <https://doi.org/10.3390/su141610146>
5. AlJuhani, M., Gomaa, M. R., Mandourah, T. S., Oreijah, M. M. A. (2021). The Environmental Effects on the Photovoltaic Panel Power: Jeddah Case Study. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44 (6), 251–262. doi: <https://doi.org/10.21608/erjm.2021.57077.1069>
6. Blanc, P., Espinar, B., Geuder, N., Gueymard, C., Meyer, R., Pitz-Paal, R. et al. (2014). Direct normal irradiance related definitions and applications: The circumsolar issue. *Solar Energy*, 110, 561–577. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.10.001>
7. Feister, U., Cabrol, N., Häder, D. (2015). UV Irradiance Enhancements by Scattering of Solar Radiation from Clouds. *Atmosphere*, 6 (8), 1211–1228. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos6081211>
8. Ineichen, P., Guisan, O., Perez, R. (1990). Ground-reflected radiation and albedo. *Solar Energy*, 44 (4), 207–214. doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(90\)90149-7](https://doi.org/10.1016/0038-092x(90)90149-7)
9. Rezk, H., Arfaoui, J., Gomaa, M. R. (2021). Optimal Parameter Estimation of Solar PV Panel Based on Hybrid Particle Swarm and Grey Wolf Optimization Algorithms. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6 (6), 145. doi: <https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.12.001>
10. Gomaa, M. R., Hammad, W., Al-Dhaifallah, M., Rezk, H. (2020). Performance enhancement of grid-tied PV system through proposed design cooling techniques: An experimental study and comparative analysis. *Solar Energy*, 211, 1110–1127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.10.062>
11. Kanagaraj, N., Rezk, H., Gomaa, M. R. (2020). A Variable Fractional Order Fuzzy Logic Control Based MPPT Technique for Improving Energy Conversion Efficiency of Thermoelectric Power Generator. *Energies*, 13 (17), 4531. doi: <https://doi.org/10.3390/en13174531>
12. Gomaa, M. R., Al-Dhaifallah, M., Alahmer, A., Rezk, H. (2020). Design, Modeling, and Experimental Investigation of Active Water Cooling Concentrating Photovoltaic System. *Sustainability*, 12 (13), 5392. doi: <https://doi.org/10.3390/su12135392>
13. Salloom, A. H., Abdulrazzaq, O. A., Ismail, B. H. (2018). Assessment of the Performance of Bifacial Solar Panels. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 8 (7), 13–17. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/326994994>
14. Sun, X., Khan, M. R., Deline, C., Alam, M. A. (2018). Optimization and performance of bifacial solar modules: A global perspective. *Applied Energy*, 212, 1601–1610. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.041>
15. Gomaa, M. R., Mohamed, M. A., Rezk, H., Al-Dhaifallah, M., Al Shammri, M. J. (2019). Energy Performance Analysis of On-Grid Solar Photovoltaic System- a Practical Case Study. *International Journal of Renewable Energy Research*, 9 (3), 1292–1301. doi: <https://doi.org/10.20508/ijrer.v9i3.9629.g7706>
16. Rezk, H., Ali, Z. M., Abdalla, O., Younis, O., Gomaa, M. R., Hashim, M. (2019). Hybrid moth-flame optimization algorithm and incremental conductance for tracking maximum power of solar PV/thermoelectric system under different conditions. *Mathematics*, 7, 875. doi: <https://doi.org/10.3390/math7100875>
17. Guo, S., Walsh, T. M., Peters, M. (2013). Vertically mounted bifacial photovoltaic modules: A global analysis. *Energy*, 61, 447–454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.08.040>
18. Marion, B. (2020). Albedo Data Sets for Bifacial PV Systems. *2020 47th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/pvsc45281.2020.9300470>
19. Russell, T. C. R., Saive, R., Augusto, A., Bowden, S. G., Atwater, H. A. (2017). The Influence of Spectral Albedo on Bifacial Solar Cells: A Theoretical and Experimental Study. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 7 (6), 1611–1618. doi: <https://doi.org/10.1109/jphotov.2017.2756068>
20. Uematsu, T., Tsutsui, K., Yazawa, Y., Warabisako, T., Araki, I., Eguchi, Y., Joge, T. (2003). Development of bifacial PV cells for new applications of flat-plate modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 75 (3-4), 557–566. doi: [https://doi.org/10.1016/s0927-0248\(02\)00197-6](https://doi.org/10.1016/s0927-0248(02)00197-6)
21. Liang, T. S., Pravettoni, M., Deline, C., Stein, J. S., Kopecek, R., Singh, J. P. et al. (2019). A review of crystalline silicon bifacial photovoltaic performance characterisation and simulation. *Energy & Environmental Science*, 12 (1), 116–148. doi: <https://doi.org/10.1039/c8ee02184h>
22. Gu, W., Ma, T., Li, M., Shen, L., Zhang, Y. (2020). A coupled optical-electrical-thermal model of the bifacial photovoltaic module. *Applied Energy*, 258, 114075. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114075>
23. Huld, T., Gottschalg, R., Beyer, H. G., Topič, M. (2010). Mapping the performance of PV modules, effects of module type and data averaging. *Solar Energy*, 84 (2), 324–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.12.002>
24. Tsuno, Y., Hishikawa, Y., Kurokawa, K. (2006). Translation Equations for Temperature and Irradiance of the I-V Curves of Various PV Cells and Modules. *2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conference*. doi: <https://doi.org/10.1109/wcpec.2006.279619>
25. Lopez-Garcia, J., Pavanello, D., Sample, T. (2018). Analysis of Temperature Coefficients of Bifacial Crystalline Silicon PV Modules. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 8 (4), 960–968. doi: <https://doi.org/10.1109/jphotov.2018.2834625>
26. PS-M144(HC)-xxx-W Half-Cell MBB Mono Module. Available at: <https://philadelphia-solar.com/wp-content/uploads/2022/09/PS-m144HC450W.pdf>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.271440

**DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CALCULATION OF OPTIMAL DIRECTION OF SOLAR PANELS DURING «TIME OF USE» IN REGIONS WITH COMPLEX TOPOGRAPHY**

pages 30–34

*Emin Gardashov*, Department of Geophysics, French-Azerbaijani University (University of Strasbourg), Baku, Azerbaijan, e-mail: [emin\\_gardashov@yahoo.co.uk](mailto:emin_gardashov@yahoo.co.uk), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8078-0171>

The object of current research is efficient usage of solar energy via optimal panel orientation. Using the mathematical methods of finding extremal value of function, the software was developed to calculate the daily optimal direction of PV panel. The knowledge of daily optimal direction of PV panels enables to determine the optimal panel direction for any time of use which allows maximizing the amount of harvested solar energy. The proper functioning of this software has been confirmed by field measurements. It was found that panel optimal direction can be determined by considering only the direct solar radiation, since taking into account diffuse solar radiation of sky practically doesn't affect optimal PV panel direction. The essential factors affecting the optimal direction of PV panel are the topography of the considered site and the significant changes of optical thickness, for example, before and after noon. The calculations also show that the partial cloudiness doesn't remarkably affect the optimal PV panel direction, but the regular presence of clouds in same part of the sky does affect it. This software is applied to the Ukrainian site Verkhovyna for which the optimal daily, seasonal and annual solar panel directions are calculated and presented. The formula to calculate the optimal direction for any time of use via daily optimal tilt angle and daily direct solar radiation falling onto the panel is given. The interface of the software has been designed in a user-friendly way and can be easily used by wide range of consumers. This software will especially be useful for quick calculation of optimal direction of solar panels in tourist sites located in mountainous regions.

**Keywords:** solar panel, optimal direction, relief function, optical thicknesses, cloudiness, software.

**References**

1. *World Energy Outlook 2022* (2022). Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
2. Wong, L. T., Chow, W. K. (2001). Solar radiation model. *Applied Energy*, 69 (3), 191–224. doi: [https://doi.org/10.1016/s0306-2619\(01\)00012-5](https://doi.org/10.1016/s0306-2619(01)00012-5)
3. Rigollier, C., Bauer, O., Wald, L. (2000). On the clear sky model of the ESRA – European Solar Radiation Atlas – with respect to the heliosat method. *Solar Energy*, 68 (1), 33–48. doi: [https://doi.org/10.1016/s0038-092x\(99\)00055-9](https://doi.org/10.1016/s0038-092x(99)00055-9)
4. Ruiz-Arias, J. A., Pozo-Vázquez, D., Lara-Fanego, V., Santos-Alamillos, F. J., Tovar-Pescador, J. (2011). A High-Resolution Topographic Correction Method for Clear-Sky Solar Irradiance Derived with a Numerical Weather Prediction Model. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50 (12), 2460–2472. doi: <https://doi.org/10.1175/2011jamc2571.1>
5. Ahmad, M. J., Tiwari, G. N. (2011). Solar radiation models-A review. *International Journal of Energy Research*, 35 (4), 271–290. doi: <https://doi.org/10.1002/er.1690>
6. Katiyar, A. K., Pandey, C. K. (2013). A Review of Solar Radiation Models – Part I. *Journal of Renewable Energy*, 2013, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/168048>
7. Antonanzas-Torres, F., Urraca, R., Polo, J., Perpiñán-Lami-gueiro, O., Escobar, R. (2019). Clear sky solar irradiance models: A review of seventy models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 374–387. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.02.032>
8. Gardashov, R., Eminov, M., Kara, G., Emecen Kara, E. G., Mam-madov, T., Huseynova, X. (2020). The optimum daily direction of solar panels in the highlands, derived by an analytical method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109668. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109668>
9. Emecen, E. G., Kara, G., Erdogmus, F., Gardashov, R. (2006). The Determination of Sunlight Locations on the Ocean Surface by Observation from Geostationary Satellites. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 17 (1), 253–261. doi: [https://doi.org/10.3319/tao.2006.17.1.253\(aa\)](https://doi.org/10.3319/tao.2006.17.1.253(aa))
10. Gardashov, R. H., Eminov, M. Sh. (2015). Determination of sunlight location and its characteristics on observation from a METEOSAT 9 satellite. *International Journal of Remote Sensing*, 36 (10), 2584–2598. doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1042119>
11. *Global Solar Atlas*. Available at: <https://globalsolaratlas.info>

**MECHANICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.270465

**ДОСЛІДЖЕННЯ АТМОСФЕРНОЇ ПЛАЗМИ, ПОВ'ЯЗАНІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ СИГНАЛАМИ ТА ЗЕМЛЕТРУСАМИ** сторінки 6–9

Valentino Straser

У цій роботі наведено результати моніторингу, спрямованого на вивчення сейсмічних кандидатів-провісників за допомогою багатопараметричної системи, що проведено в науковому таборі в липні 2022 року на північному заході італійських Апеннін, у провінції Парма. Передсейсмічні сигнали, що тісно пов'язані з підготовчими етапами землетрусу, були виявлені за допомогою діагностики земної кори, заснованої на фізичних сигналах, породжених тектонічним напруженням. Інструментальні результати показують потенційну тимчасову конкатенацію, яка описує, на рівні гіпотези, фази виникаючого тектонічного стресу. Модель наслідувала теорію Зоу, яка пов'язує утворення плазми в атмосфері з п'єзоелектрикою порід, що знаходяться під напругою. Згідно з цією моделлю, породи, що знаходяться під тектонічною напругою і в присутності вологи, можуть виробляти як заряджені частинки, так і радіоелектромагнітні хвилі, на високих і низьких частотах. Сферичний плазмод виникне з цієї комбінації як ефект взаємодії хвиль та частинок. Згідно з описом Теодорані, високочастотні радіохвилі – зокрема, мікрохвилі – нагрівають та іонізують навколишнє повітря, а низькочастотні хвилі, зокрема, дуже низькі частоти та вкрай низькі частоти, сприяють конденсації плазми, яка, у свою чергу, негайно переходить у вихрові рухи всередині неї, поки не почне утворювати «самодостатню» структуру, що спостерігається в небі як світлове явище. Таким чином, моніторинг включав виявлення низькочастотних хвиль, що передують плазмі в атмосфері, спрямованих електромагнітних сигналів від мережі радіопеленгації (RDF), а також виникнення землетрусу в часовому вікні 5/6 днів вздовж тієї ж лінії розлому. Модель дослідження, у разі підтвердження, може бути використана в інших сейсмічних зонах для моніторингу земної кори.

**Ключові слова:** п'єзоелектрика, наднизька частота, землетруси, радіопеленгаторна мережа, енергетична плазма.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.271675

**РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ З ВИБОРУ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ВИРВ ВИКИДІВ, УТВОРЕНИХ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИБУХІВ СНАРЯДІВ І РАКЕТ** сторінки 10–14

Павличенко А. В., Ложніков О. В., Чебанов М. О.

Об'єктом досліджень є механізація процесу ліквідації вирв викидів на земній поверхні, утворених в результаті вибухів снарядів і ракет. Проблема, що вирішується в роботі, пов'язана з військовими діями на території України, через що з'явилися тисячі гектар земель, порушених в результаті вибухів снарядів і ракет, що унеможливають їх подальше ефективне використання без відновлення. Першим етапом відновлення таких земель є засипка засобами механізації, однак через різні розміри утворених вирв викидів не існує універсального обладнання для реалізації поставленої мети.

В ході роботи визначено основні види порушень земної поверхні, утворених в результаті вибуху снарядів, які представлені вирвами викидів на відкритих площах. Встановлено, що кількість порушених шарів ґрунту в результаті утворення вирви залежить від її глибини. Запропоновано ефективні способи механізації засипки вирв викидів у відповідності до їх параметрів. Представлено схеми п'яти основних типів вирв викидів з урахуванням кількості шарів ґрунту, що порушуються в результаті вибуху, які дозволяють визначити послідовність відновлення порушених ділянок земної поверхні.

Встановлено, що залежність об'єму вирв викидів від їх глибини є степеневою, при цьому значний вплив на величину об'єму вирви також спричиняє кут нахилу укосів. Визначено, що при збільшенні глибини вирви з 1 до 10 м, її об'єм зростає від 350 до 450 разів в залежності від кута нахилу укосу вирви, а збільшення кута укосу вирви на 28 % з 35° до 45° призводить до збільшення її об'єму на 95 %, а площі на 98 %.

Розроблені в роботі рекомендації з вибору засобів механізації для ліквідації вирв викидів, утворених в результаті вибухів снарядів і ракет, в залежності від глибини вирви, можуть бути використані на практиці. Встановлені залежності необхідного часу засипки вирв викидів від їх глибини можуть використовуватися для попередньої оцінки вартості відновлювальних робіт, в залежності від обраного засобу механізації та об'єму вирв викидів.

**Ключові слова:** відновлення земель, вирви викидів, механізація засипки вирв викидів, вибір засобів механізації.

**ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.269861

**РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА З ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖІ ТА АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ НА ОСНОВІ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ** сторінки 15–23

Amin Saif, Gamal Muneer, Yusuf Abdulrahman, Hareth Abdulbaqi, Aimen Abdullah, Abdullah Ali, Abduljalil Derhim

Об'єктом дослідження є прототип мобільного робота для виявлення пожежі та автоматичного пожежогасіння на основі згорткової нейронної мережі. За останні кілька десятиліть пожежі вважаються однією з найсерйозніших катастроф, які трапляються в багатьох місцях по всьому світу. Великі пожежі завдають шкоди будівлям, інфраструктурі та майну. Вони призводять до людських втрат і приносять людям великих збитків. Таким чином, вогонь становить для нас велику загрозу, він також надзвичайно небезпечний для пожежників. Пожежу можуть спричинити такі матеріали, як гума та хімічні продукти. Іншими джерелами пожежі є короткі замикання електрообладнання та несправності в електромережах. Крім того, причиною пожежі можуть бути проблеми з перегріванням і перевантаженням. Всі ці причини призводять до поганих наслідків, коли на такі проблеми не реагують негайно. Поява технології комп'ютерного зору відіграла таку значну роль у житті людини. Сфера штучного інтелекту покращила ефективність і поведінку робототехніки понад очікування. Втручання штучного інтелекту змусило робототехніку діяти розумно. З цієї причини в цій роботі представлено

мобільного робота, заснованого на глибокому навчанні, для виявлення джерела пожежі та визначення його координатної позиції, а потім автоматичного руху до цілі та гасіння пожежі. Алгоритми глибокого навчання є ефективними для програм виявлення об'єктів. Модель CNN є одним із найпоширеніших алгоритмів глибокого навчання, який використовувався в дослідженні для виявлення пожежі. Через недостатню кількість наборів даних і великі зусилля, необхідні для створення моделі з нуля. MobileNet V2 – це одна з моделей CNN, що підтримує метод трансферного навчання. Після навчання моделі та її тестування на 20 % використаних наборів даних точність класифікації досягла 98,01 %. Повторюваність руху робота була реалізована та протестована, що дало середню похибку 0,648 см.

**Ключові слова:** мобільний робот, кероване глибинне навчання, згорточна нейронна мережа (CNN), обробка зображень, трансферне навчання.

## ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.268955

**ОГЛЯД ПОРІВНЯННЯ МІЖ ОДНОСТОРОННІМИ ТА ДВОСТОРОННІМИ СОНЯЧНИМИ МОДУЛЯМИ** сторінки 24–29

**Ghayda' A. Matarneh, Mohammad A. Al-Rawajfeh, Mohamed R. Goma**

Об'єктами дослідження є сонячні модулі. Світ став свідком змін у всіх аспектах життя, особливо в останній період, коли у світі відбулося збільшення попиту на енергію в усіх регіонах. Тут виявилася недосконалість у забезпеченні енергетичних потреб, оскільки традиційні джерела (наприклад, нафта, вугілля, природний газ) уже не є надією, бо вони є невідновлюваними джерелами. На додаток до цього, треба відзначити, що під час використання енергії цих джерел, ми повинні їх спалювати, що забруднює навколишнє середовище, не кажучи вже про вартість транспортування. Не так давно сонячна енергетика почала виробляти електроенергію за допомогою фотоелектричних модулів, і почалася конкуренція за виготовлення фотоелектричних модулів з більшою ефективністю. Основною метою цього дослідження є роз'яснення концепції двосторонніх фотоелектричних модулів і показати деякі відмінності між ними та односторонніми фотоелектричними модулями. Поточна робота містить визначення двосторонніх фотоелектричних модулів та їхніх найважливіших специфікацій, порівняння їх з односторонніми фотоелектричними модулями, які є найкращими, факторів, що впливають на виробництво їх енергії, і типів випромінювання, що використовується в кожному з них. Насправді, використання випромінювання альbedo для односторонніх фотоелектричних модулів не перевищує 2 %, тоді як цей відсоток перевищується для двосторонніх фотоелектричних модулів. Таким чином, тут можна рекомендувати, що тенденція використання двосторонніх фотоелектричних модулів може бути економічною та заощадити простір, оскільки вони виробляють більше електроенергії на тій самій одиниці площі, що, у свою чергу, звільняє простір для інших застосувань, а також, збільшити кількість електроенергії за рахунок збільшення ефективного розміру сторони (дві сторони: одна вгору, інша вниз) сонячних модулів.

**Ключові слова:** односторонні фотоелектричні модулі, двосторонні фотоелектричні модулі, фотоелектрична ефективність, фотоелектрична технологія, випромінювання альbedo.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.271440

**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО НАПРЯМКУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ПРОТЯГОМ «ЧАСУ ВИКОРИСТАННЯ» В РЕГІОНАХ ЗІ СКЛАДНИМ РЕЛЬЄФОМ** сторінки 30–34

**Emin Gardashov**

Об'єктом поточних досліджень є ефективне використання сонячної енергії шляхом оптимальної орієнтації панелей. Використовуючи математичні методи знаходження екстремального значення функції, було розроблено програмне забезпечення для розрахунку щоденного оптимального напрямку фотоелектричної панелі. Знання щоденного оптимального напрямку фотоелектричних панелей дозволяє визначити оптимальний напрямок панелі для будь-якого часу використання, що дозволяє максимізувати кількість зібраної сонячної енергії. Належне функціонування цього програмного забезпечення було підтверджено польовими вимірюваннями. Було виявлено, що оптимальний напрям панелі можна визначити, враховуючи лише пряме сонячне випромінювання, оскільки врахування розсіяного сонячного випромінювання неба практично не впливає на оптимальний напрям фотоелектричної панелі. Істотними факторами, що впливають на оптимальний напрям фотоелектричної панелі, є рельєф розглянутої ділянки та значні зміни оптичної товщини, наприклад, до і після полудня. Розрахунки також показують, що часткова хмарність незначним чином впливає на оптимальний напрямок фотоелектричної панелі, але регулярна присутність хмар у тій самій частині неба впливає на це. Це програмне забезпечення застосовано до українського сайту Verkhovyna, для якого розраховано та представлено оптимальні добові, сезонні та річні напрямки сонячних панелей. Наведено формулу для розрахунку оптимального напрямку для будь-якого часу використання через щоденний оптимальний кут нахилу та щоденну пряму сонячну радіацію, що падає на панель. Інтерфейс програмного забезпечення був розроблений у зручний спосіб і може бути легко використаний широким колом споживачів. Це програмне забезпечення особливо стане в нагоді для швидкого розрахунку оптимального напрямку сонячних панелей у туристичних об'єктах, розташованих у гірських регіонах.

**Ключові слова:** сонячна панель, оптимальний напрямок, функція рельєфу, оптичні товщини, хмарність, програмне забезпечення.