

АНОТАЦІЯ

Кереуш Д.І. Методологія ефективного використання земельних ресурсів для розвитку сонячної енергетики на основі дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 193 - Геодезія та землеустрій (19 «Архітектура та будівництво»). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2019.

Дисертаційна робота присвячена розробленню та обґрунтуванню методології ефективного використання земельних ресурсів для розвитку сонячної енергетики на основі даних дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій. За допомогою застосування даної методології були знайдені найбільш придатні місця для розташування наземних промислових сонячних фотоелектричних електростанцій на території Заставнівського району Чернівецької області.

У розділі 1 «Аналіз використання земельних ресурсів України в альтернативній енергетиці» розглянуто та проаналізовано сучасний стан використання земельних ресурсів, динаміку розвитку альтернативних джерел енергії в паливно-енергетичному комплексі держави та правовий режим земель альтернативної енергетики. Встановлено, що на території України є біля 10 % земель, які можуть бути потенційно придатними для розташування на них об'єктів альтернативної енергетики, а саме наземних сонячних фотоелектричних електростанцій. Визначено, що державне стимулювання виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії у вигляді «зеленого» тарифу, надбавки за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва та аукціонної ціни, позитивно впливає на розвиток альтернативних джерел енергії, що особливо чітко відображається на динаміці розвитку сонячної енергетики протягом 2016 – 2018 років. Встановлено, що в Україні сприятливі кліматичні умови для розвитку сонячної енергетики - річна сума глобальної сонячної радіації у країні (1 070 - 1 750 кВт год на один кв. метр і вище) більша, ніж у Німеччині – світового лідера у галузі сонячної енергетики.

У розділі 2 «Розроблення методології ефективного використання земельних ресурсів для розвитку сонячної енергетики» розроблено методологію для знаходження та аналізу земельних ресурсів для подальшого їх використання для потреб паливно-енергетичного комплексу держави, а саме для об'єктів сонячної енергетики - наземних промислових сонячних електростанцій потужністю від 500 кВт і вище, які виробляють електроенергію за допомогою фотоелектричних панелей. Створено технологію вибору земельних ділянок для оптимального розташування наземних сонячних електростанцій. Запропоновано застосування програмного забезпечення FOSS, даних дистанційного зондування Землі та джерел даних, які є у вільному доступі, що дозволить на безоплатній основі всім зацікавленим інвесторам, підприємцям, органам виконавчої влади використати дану методологію та створити власну карту-схему придатності земель для СЕС. Вдосконалено та обґрунтовано методику вибору критеріїв та вимог щодо розміщення наземних фотоелектричних сонячних електростанцій. Запропоновано застосування методу множинного коефіцієнта рангової кореляції для визначення узгодженості експертних суджень щодо оцінки критеріїв вибору, та методу аналізу ієрархій для присвоєння ваги кожному критерію оцінки, і, таким чином, визначення їх відносної важливості у остаточному рішенні.

У розділі 3 «Експериментальні дослідження (на прикладі Заставнівського району Чернівецької області)» виконано апробацію теоретичних досліджень щодо вибору земельних ділянок для сонячної енергетики на території «пілотного» Заставнівського району Чернівецької області. Визначено критерії оцінки та виключення, що враховуються для оптимального розміщення наземної сонячної електростанції саме для даної території. Встановлено узгодженість експертних суджень, та кожному з критеріїв оцінки визначено надійну вагу у прийнятті остаточного рішення. Виконано процедуру впорядкованого зваженого усереднення для отримання початкової карти-схеми придатності земель для наземних СЕС, та процедуру контрольованої класифікації супутникового зображення для створення маски непридатних земель для розташування СЕС. Створено результуючу карту-схему придатності

земель з визначеними оптимальними місцями розташування сонячних електростанцій, що відображає 58 земельних ділянок загальною площею 7,56 кв.км (755,74 га), які придатні для розташування наземних фотоелектричних сонячних електростанцій. Визначено ефективність трансформації земельних ділянок у землі сонячної енергетики та річну продуктивність наземних сонячних електростанцій розташованих на обраних земельних ділянках.

Ключові слова: ефективне використання земельних ресурсів, сонячні електростанції, дистанційне зондування Землі, ГІС-технології, FOSS, критерії впливу та вимоги до вибору земельної ділянки, метод множинного коефіцієнта рангової кореляції, метод аналізу ієрархій, ефективність трансформації угідь.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія у виданні іншої держави

1. Kereush, D., Perovych, L. (2019). Technology of optimal site selection for Solar PV power plants. *Monography* - LAP Lambert Academic Publishing – P.80, ISBN 978-613-9-45145-6.

Статті у науковому періодичному виданні іншої держави, яке включено до міжнародних наукометричних баз

2. Kereush, D., Perovych, I. (2017). Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *International Scientific Journal “Geomatics, Landmanagement and Landscape”* (Index Copernicus), Volume 4, pp. 39–54, ISSN 2300-1496, <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2017.4.39>.
3. Kereush, D., Perovych, I. (2015). Transformation of agricultural lands. *International Scientific Journal “Geomatics, Landmanagement and Landscape”* (Index Copernicus), Volume 1, pp.45-54, ISSN 2300-1496, DOI: 10.15576/GLL/2015.1.45.

4. Perovych, I., Kazanivska, O., and Kereush, D. (2015). The accuracy of determining of the zones of restricted use of territories along the transmission lines taking into account the magnetic field influence. *International Scientific Journal "Baltic Surveying"* (Agris, CABI CAB Abstracts), Volume 1, pp.40-44, ISSN 2255 – 999X.

Статті у науковому періодичному виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз

5. Kereush, D., Perovych, L. (2017). Technology of optimal site selection for solar photovoltaic power plants using GIS and Remote Sensing techniques. *Interdepartmental scientific and technical review "Geodesy, Cartography and Aerial Photography"* (Index Copernicus), Volume 86, pp. 73-79, ISSN: 2415-3001 online, <https://doi.org/10.23939/istcgcap2017.02>.

Статті у наукових фахових виданнях України

6. Перович, І., Кереуш, Д. (2015). Кадастрове зонування територій у контексті нової адміністративно-територіальної реформи. *Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва»*, Випуск II (30), Видавництво Львівської політехніки, с.47-52.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, а саме матеріали та тези міжнародних і вітчизняних науково-технічних та наукових конференцій

7. Кереуш, Д. (2018). Вимоги та критерії для визначення місця розташування об'єктів сонячної енергетики. *Матеріали ІХ Міжнародної науково – практичної конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні»*, 4-6 жовтня 2018 р., - Ужгород / ДВНЗ "Ужгород. нац. ун-т", ДП "Закарпатський геодезичний центр", Нац.

природ. парк "Синевир"; Ужгород : РІК-У, 2018, с.214-219. – ISBN 978-617-7692-04-0.

8. Перович, Л., Кереуш, Д. (2017). Concept of Optimal Site Selection for Solar Photovoltaic Power Plants using GIS and Remote Sensing Techniques. *Матеріали Восьмої міжнародної науково-технічної конференції «Моніторинг довкілля, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та перспективи розвитку*, - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017, с.128-131. – 1 електр. опт. диск (CD-ROM), ISBN 978-966-941-083-2.

ANNOTATION

Kereush D.I. Methodology for the efficient use of land resources for the purpose of developing the solar industry on the basis of Remote Sensing and GIS-technologies. – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) on specialty 193 - Geodesy and Land Management (19 «Architecture and Construction»). – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2019.

This dissertation is devoted to the development and the substantiation of a methodology for the efficient use of land resources for the purpose of developing the solar industry on the basis of Remote Sensing data and GIS-technologies. With the help of this methodology, the most suitable places for the location of ground-mounted industrial solar photovoltaic power plants were found on the territory of Zastavna district in the Chernivtsi region.

In section 1 "Analysis of the use of Ukraine's land resources in the renewable energy industry", the current state of the use of land resources, the dynamics of renewable energy sources development in the fuel and energy complex of Ukraine and the legal regime of land of renewable energy industry are reviewed and analyzed. It is established that on the territory of Ukraine there is about 10% of land that may be potentially suitable for placing solar photovoltaic power plants. It is determined

that state incentives for the production of electric energy from renewable energy sources in the form of a “green” tariff, an allowance for compliance with the level of use of Ukrainian production equipment and auction prices have a positive effect on the development of renewable energy sources, which is particularly reflected in the dynamics of solar energy development in years 2016 - 2018. It is established that in Ukraine there are favorable meteorological conditions for the development of solar energy - the annual amount of global solar radiation in the country (1 070 - 1 750 kWh per square meter and above) is higher than in Germany - the world's leader in the field of solar energy.

In section 2 "Development of a methodology for the efficient use of land resources for the purpose of developing the solar industry" a methodology for finding and analyzing land resources for their further use for the needs of the country's fuel and energy complex, namely for solar energy facilities - ground-mounted industrial solar photovoltaic power plants with a capacity of 500 kW and higher is developed. A technology of selection of the land plots for optimal location of ground-mounted solar power plants is created. It is proposed to apply FOSS (Free and Open Source Software), Remote Sensing data and data sources which are freely available, in order to allow all interested investors, entrepreneurs, authorities to follow this technology and create their own Land Suitability Map for solar power plants for free. The method for selecting the criteria and requirements for the optimal site selection of ground-mounted solar photovoltaic power plants has been improved and substantiated. Application of the method of multiple coefficient of rank correlation for determination of the consistency of expert judgments with respect to the selection of evaluation criteria, and the method of Analytical Hierarchy Process for assigning the weights to each evaluation criteria to determine their relative importance in the final decision, are proposed.

In section 3 “Experimental studies (on the example of Zastavna district in the Chernivtsi region)” an approbation of theoretical studies on selection of land plots for solar industry on the territory of the "pilot" Zastavna district in the Chernivtsi region was performed. The evaluation and exclusion criteria, which are taken into account for the optimal site selection for solar power plants, are determined for this territory.

The consistency of expert judgments is established, and the reliable weight for each evaluation criteria is determined. The procedure of Ordered Weighted Averaging is performed to obtain an initial Land Suitability Map for ground-mounted solar power plants, and a procedure of supervised satellite image classification was applied to create a mask of unsuitable lands for solar power plants. The final Land Suitability Map with optimal locations for solar power plants is created. It represents 58 land plots with a total area of 7.56 sq.km (755.74 hectares), which are suitable for the placement of ground-mounted solar photovoltaic power plants. The efficiency of transformation of land plots into the category of lands of the solar energy industry and the annual performance of solar power plants located on selected land plots are determined.

Key words: efficient use of land resources, solar power plants, Remote Sensing, GIS technologies, FOSS, criteria and requirements for site selection, method of multiple coefficient of rank correlation, Analytical Hierarchy Process, efficiency of transformation of lands.

THE RESEARCHER LIST OF PUBLICATIONS WHICH CONTAIN THE MAIN SCIENTIFIC RESULTS OF THIS DISSERTATION

Monography in scientific editions of other countries

1. Kereush, D., Perovych, L. (2019). Technology of optimal site selection for Solar PV power plants. *Monography* - LAP Lambert Academic Publishing – P.80, ISBN 978-613-9-45145-6.

Publications in scientific editions of other countries, which are included in international science-computer databases

2. Kereush, D., Perovych, I. (2017). Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *International Scientific Journal “Geomatics, Landmanagement and Landscape”* (Index Copernicus), Volume 4, pp. 39–54, ISSN 2300-1496, <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2017.4.39>.

3. Kereush, D., Perovych, I. (2015). Transformation of agricultural lands. *International Scientific Journal "Geomatics, Landmanagement and Landscape"* (Index Copernicus), Volume 1, pp.45-54, ISSN 2300-1496, DOI: 10.15576/GLL/2015.1.45.
4. Perovych, I., Kazanivska, O., and Kereush, D. (2015). The accuracy of determining of the zones of restricted use of territories along the transmission lines taking into account the magnetic field influence. *International Scientific Journal "Baltic Surveying"* (Agris, CABI CAB Abstracts), Volume 1, pp.40-44, ISSN 2255 – 999X.

Publications in scientific editions of Ukraine, which are included in international science-computer databases

5. Kereush, D., Perovych, L. (2017). Technology of optimal site selection for solar photovoltaic power plants using GIS and Remote Sensing techniques. *Interdepartmental scientific and technical review "Geodesy, Cartography and Aerial Photography"* (Index Copernicus), Volume 86, pp. 73-79, ISSN: 2415-3001 online, <https://doi.org/10.23939/istcgcap2017.02>.

Publications in scientific professional editions of Ukraine

6. Perovych I., Kereush D. (2015): «Cadastral zoning of territories in the context of new administrative and territorial reform», Perovych I., Kereush D. - Modern achievements of geodesic science and industry. – Issue II (30), 2015, Lviv, pp.47-52

Publications that testify to the approbation of the dissertation materials, namely the materials and abstracts of international and national scientific and technical conferences

7. Kereush, D. (2018). Criteria and requirements for determining the location of solar power plants. *Proceedings of the IX international scientific-practical conference «New technologies in Geodesy, Land Management,*

Forest Management and Nature Management, - Uzhhorod, 4-6 October 2018, pp.214-219. – ISBN 978-617-7692-04-0.

8. Perovych, L., Kereush, D. (2017). Concept of Optimal Site Selection for Solar Photovoltaic Power Plants using GIS and Remote Sensing Techniques, – *Proceedings of the 8th international scientific-technical conference «Environmental monitoring, photogrammetry, geoinformatics - modern technologies and development perspectives»*, - Lviv – Shidnytsya, 2017, pp.128-131. – 1 CD-ROM, ISBN 978-966-941-083-2.