

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0424U000364

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-12-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Карпенко Олег Вікторович

2. Oleg V. Karpenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.13.07

Назва наукової спеціальності: Автоматизація процесів керування

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 26-12-2024

Спеціальність за освітою: системи управління і автоматики

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070743

Місцезнаходження: проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 08.080.07

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 50.43

**Тема дисертації:**

1. Система моніторингу фотоелектричних станцій з системою інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі прогностичних моделей
2. The system for monitoring photovoltaic stations with intelligent decision support system based upon prognostic models

**Реферат:**

1. Дисертація спрямована на вирішення актуальної науково-технічної задачі підтримки необхідних умов збалансованого функціонування енергосистеми та енергоринку шляхом інтеграції відповідних методів моделювання та прогнозування часових рядів виробітку фотоелектричної енергії мережевими фотоелектричними станціями з керуючими та інформаційно-вимірювальними системами, які забезпечують моніторинг всієї необхідної для цього інформації. В роботі проаналізовано особливості системи управління фотоелектричними процесами, які вимагають інтелектуальної підтримки прийняття рішень на основі прогностичних моделей, а також процес фотоелектричного перетворення сонячної енергії у якості об'єкту автоматичного прогнозування. За результатами цього аналізу прийнято рішення відносно побудови

структури моделі за екзогенним типом, який враховує як ретроспективні дані, так і одночасний з цими даними вектор параметрів, які впливають на рівень генерації. До цих параметрів відносяться метеорологічні дані та дані, що характеризують у часовій послідовності положення сонця на небосхилі відносно позиції геолокації фотогальванічної станції. Обчислювач екзогенної моделі базується на математичному опису фотогальванічного процесу. При цьому для побудови цього математичного опису використано гібридний підхід. Згідно цього підходу прогностична модель включає два функціональних блоки: блок аналітичного прогнозування та блок статистичного прогнозування з використанням методів машинного навчання. Блок аналітичного прогнозування для кожної години кожного дня і місяця року в залежності від положення сонця обчислює величину енергії сонячного випромінювання, яке досягає панелей фотоелектричної станції за ідеальних умов безхмарного неба. Блок статистичного прогнозування обчислює з урахуванням прогнозованого стану атмосфери прогнозований щогодинний виробіток електричної енергії фотоелектричною станцією. Розглянуто існуючі підходи до побудови блоків прогностичної моделі. Відзначено, що головним недоліком розглянутих підходів до побудови блоку статистичного прогнозування являється відсутність в них ефективного механізму захисту результатів прогнозування від помилкових ознак метеорологічного стану довкілля у ретроспективних базах даних, які використовуються для машинного навчання моделей. За наявності таких помилкових ознак модель навчається некоректно, що призводить до значних відхилень прогнозу від факту у подальшому, навіть при якісних, безпомилкових метеорологічних прогнозах на прогнозовану годину.

2. The thesis deals with solution of the actual scientific and technical problem to maintain the required conditions of the balance operation by energy network and energy market through integration of adequate simulation methods and temporal series of photovoltaic energy generation, using photovoltaic stations with controlling and information and measurement systems monitoring all the necessary information. The thesis has analyzed features of the system, controlling photovoltaic processes, involving intelligent support to make decisions based upon prognostic models, and the process of photovoltaic conversion of solar energy as an object of the automated predicting. The analysis results have helped make the decision concerning the development of exogenous model taking into consideration both retrospective data and simultaneous with the data vector of parameters influencing the generation level. Meteorological data as well as data characterizing timely the sun position in the sky relative to geolocation of the photovoltaic station are among the parameters. The exogenous model predictor is based upon mathematical description of the photovoltaic process. In this regard, the mathematical description development has involved a hybrid approach. According to the approach, the prognostic model includes the two functional blocks: analytical predicting block and statistical predicting block with the use of machine learning methods. The analytical predicting block calculates the value of solar radiation energy, achieving photovoltaic station panels if the sky is cloudless, for each hour of each day and a year month depending upon the sun position. The statistical predicting block calculates the predicted hourly electric energy generation by the photovoltaic station taking into consideration the predicted atmospheric state. Available approaches have been considered as for the development of a prognostic model blocks. It has been mentioned that lack of efficient mechanism, protecting predicting results from false signs of the meteorological state of the environment in the retrospective databases used for machine learning models, is the key disadvantage of the considered approaches to develop such a statistical predicting block. Due to the false signs, a model is learnt incorrectly which results in significant future deviations of the forecast from reality even if meteorological forecasts at the predicted hour are qualitative and unmistakable. To overcome the drawback, it is proposed to develop such a model structure, which would apply reverse (reflexive) mathematical transformation (i.e. physical use of photovoltaic modules as solar radiation sensors) for automatic correction of selective retrospective meteorological data in accordance with functional relation between them, other data, and actual level of electric energy generation. It has been noted that polynomial prognostic model, developed using the least square method where dependence of the generation station capacity upon influencing factors is obtained through the machine learning results in the form of a polynomial (i.e. analytically) matches the problem most of all. Hence, it becomes possible to derive in an explicit-form influence functions of meteorological factors on the level of photovoltaic energy generation and use the available

mathematical apparatus relative to the polynomial model transformations. The model in the work has been developed relying upon the proposed hypothesis to factorize influence function of meteorological factors on the generated photovoltaic energy level. According to the hypothesis, the general influence function can be represented in the form of product of partial influence functions which of them takes into consideration the influence of one of the factors. The hypothesis has been supported in the work through a method of correlation analysis of photovoltaic transformation of the solar energy at the operating network photovoltaic stations using Pearson coefficient of determination as the criterion.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

### **Публікації:**

- 1. Zaslavskiy, A., Karpenko, O.: Prognostic model of a photovoltaic power plant. In: Shkarlet, S., et al. (eds.) Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2021. LNNS, vol. 344, pp. 91–103. Springer, Cham (2022).
- 2. Karpenko, O., Zaslavskiy, A., Tkachev, V. (2024). On the Issue of Reducing the Negative Impact of Erroneous Data in the Training Sequence of a Predictive Model. In: Kazymyr, V., et al. Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1091. Springer, Cham.
- 3. О.М. Заславський, О.В. Карпенко, С.М. Проценко, В.В. Ткачов, Принципи побудови технічних засобів моніторингу енергетичних та матеріальних потоків. Науково-технічний збірник «Гірничя електромеханіка та автоматика». 2019 №102, с. 37–42.
- 4. О.М. Заславський, В.В. Ткачов, С.М. Проценко, О.В. Карпенко, Принципи побудови програмних засобів моніторингу неелектричних енергетичних та матеріальних потоків. Енергозбереження та енергоефективність. 2020. №103, с. 115–120.
- 5. О.В. Карпенко, О.М. Заславський, Прогностична модель фотоелектричної станції з урахуванням термічного зниження потужності фотоелектричних модулів. – ISSN 1997–9266. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2024. №2, с. 47–52.
- 6. Заславський О.М, Карпенко О.В, Проценко С.Н., Ткачов В.В. Автоматизований комплекс моніторингу енергоносіїв на Дніпровському коксохімічному заводі. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні імені професора Михальова О.І.: – матеріали Міжнар. наук.–техн. конф. Національна металургійна академія України, ІБК «Системні технології», 2020, с. 321 – 324.
- 7. Zaslavskiy Alexandr, Karpenko Oleh, Prognostic model of a photovoltaic power plant. – Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2021: матеріали Міжнар. наук.–техн. конф. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», с. 61 – 64.

### **Наукова (науково-технічна) продукція:**

### **Соціально-економічна спрямованість:**

### **Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:**

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ткачов Віктор Васильович
2. Viktor V. Tkachov

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2079-4923

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070743

**Місцезнаходження:** проспект Дмитра Яворницького, буд. 19, Дніпро, Дніпровський р-н., 49005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Купін Андрій Іванович
2. Andrii Kupin

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-7569-1721

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Криворізький національний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 37664469

**Місцезнаходження:** ул. Віталія Матусевича, буд. 11, Кривий Ріг, Криворізький р-н., 50027, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Осадчий Сергій Іванович
2. Serhij Osadchy

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1811-3594

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Льотна академія Національного авіаційного університету

**Код за ЄДРПОУ:** 37939527

**Місцезнаходження:** вул. Степана Чобану, 1, Кропивницький, Кропивницький р-н., 25005, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

### **VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Алексеев Михайло Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Алексеев Михайло Олександрович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Макуріна Олександра Андріївна

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна