Al-Farabi Kazakh National University 01.09.2025

Faculty of Physics and Technology

Department of Electronics and Astrophysics

Co-supervisor report for the Ph.D. thesis

Name: **Nursultan Koshkarbay**

Title: **Optimization and efficiency improvement of photovoltaic systems with power output prediction based on artificial intelligence**

Specialty: **8D06201 – Radio engineering, electronics, and telecommunications**

The candidate has demonstrated strong interest and dedication in completing his research work. He has met the requirements for a Doctor of Philosophy degree. In his projects, the candidate has performed theoretical, simulation, and practical evaluations on optimizing and enhancing the efficiency of photovoltaic systems, including power output prediction using artificial intelligence.

The study aims to optimize and enhance the efficiency of photovoltaic system power output forecasting using artificial intelligence and intelligent algorithms. High-accuracy forecasting of photovoltaic power output, their integration with solar trackers, and the use of intelligent algorithms enable the full realization of their potential.

The main research work achievements are :

- The proposed intelligent dual-axis tracker, using the clear-sky index and AI-based power output forecasting under conditions of strong diffuse sunlight, generates 18.3%, 14.9%, and 10.01% more energy compared to horizontal, single-axis, and dual-axis trackers, respectively.
- The Maximum Power Point Tracking (MPPT) controller based on the Improved Social Spider Optimization (ISSO) algorithm converts photovoltaic system energy with an efficiency of 99.8% under various weather conditions.
- Under changing load conditions, the MPPT controller based on the Heavy Ball algorithm identifies the maximum power point within 0.1 seconds.

Mr. Nursultan's work has been published in three leading journals and includes a patent, as listed below.

1. Koshkarbay N., Mekhilef S., Saymbetov A., Kuttybay N., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. (2024). Adaptive control systems for dual axis tracker using clear sky index and output power forecasting based on ML in overcast weather conditions. Energy and AI, 18, 100432. IF 9.6, Q1
2. Koshkarbay, N., Mohammed, K. K., Mekhilef, S., Kuttybay, N., Almen, D., Saymbetov, A., Nurgaliyev, M. (2025). Improved MPPT technology for PV systems using Social Spider optimization (SSO): Efficient handling of partial shading and load variations. Electric Power Systems Research, 247, 111822. IF 4.2, Q2
3. Kuttybay N., Mekhilef S., Koshkarbay N., Saymbetov A., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. (2024). Assessment of solar tracking systems: A comprehensive review. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 68, 103879. IF 7, Q2

Patent

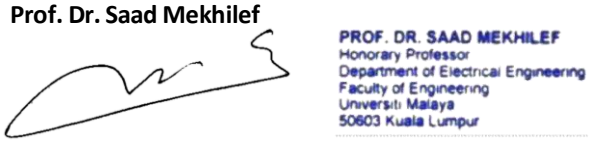
Kuttybay N, Koshkarbay N., Saymbetov A., Nurgaliev M., Zholamanov B., Orynbasar S., Bolatbek A., Almen D., Meteorological parameter measurement system for photovoltaic installation optimization, Utility model patent No. 10890, Republic of Kazakhstan. The applicant and patent owner is Al-Farabi Kazakh National University. 07.03.2025, №10890

As part of his Ph.D. work, Mr. Nursultan visited my laboratory at the University of Malaya, and he showed outstanding commitment and hard work in conducting his research. I was very pleased with his presence at our laboratory.

In conclusion, the work presented by Mr. Nursultan Koshkarbay, titled "Optimization and Efficiency Improvement of Photovoltaic System with Power Output Prediction Based on Artificial Intelligence," submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.), demonstrates the scientific novelty, practical significance, and original contribution necessary for the Ph.D. degree.

Best regards,

Prof. Dr. Saad Mekhilef



Director,

Power Electronics and Renewable Energy Research Laboratory –PEARL-

Faculty of Engineering, University of Malaya

50603 KUALA LUMPUR, MALAYSIA

Tel: +603 7967 6851

Fax: +603 7967 5316

E-mail: saad@um.edu.my

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті 01.09.2025
Физика-техникалық факультеті
Электроника және астрофизика кафедрасы

PhD диссертациясына шетелдік жетекшінің есебі

Аты-жөні: Нұрсұлтан Қошқарбай
Тақырып: Жасанды интеллект негізінде фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын болжау арқылы оңтайландыру және тиімділігін арттыру
Мамандығы: 8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Үміткер өзінің ғылыми жұмысын аяқтауға үлкен қызығушылық пен сенмділікті көрсетті. Философия докторы дәрежесіне қойылатын талаптарды орындады. Өз жобаларында кандидат жасанды интеллект арқылы фотоэлектрлік жүйенің (ФЖ) шығыс қуатын болжауды қоса алғанда, фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін оңтайландыру және арттыру бойынша теориялық, симуляциялық және практикалық бағалауларды орындады.

Зерттеу жасанды интеллект пен интеллектуалды алгоритмдерді пайдалана отырып, фотоэлектрлік жүйенің қуатын болжау тиімділігін оңтайландыруға және арттыруға бағытталған. Фотоэлектрлік шығыс қуаттын жоғары дәлдікпен болжау, оларды күн трекерлерімен біріктіру және интеллектуалды алгоритмдерді пайдалану олардың әлеуетін толық іске асыруға мүмкіндік береді.

Ғылыми жұмыстың негізгі жетістіктері:

- Бұлтты күндері ашық аспан индексін және жасанды интеллектке негізделген шығыс қуатын болжауды қолданатын ұсынылған интеллектуалды екі осьті күн трекері көлденең конфигурация, бір осьті және екі осьті күн трекерлеріне қарағанда сәйкесінше 18,3%, 14,9% және 10,01% жоғары энергия өндіреді.
- Жақсартылған әлеуметтік өрмекшілер оңтайландыру (ISSO) негізіндегі максималды қуат нүктесін бақылау контроллері әртүрлі ауа райы жағдайында 99,8% тиімділікпен фотоэлектрлік жүйенің энергиясын түрлендіреді.
- Фотоэлектрлік жүйенің жүктеме өзгеру режимінде, Heavy ball алгоритміне негізделген максималды қуат нүктесін бақылау контроллері 0,1 секундта максималды қуат нүктесін анықтайды.

Нұрсұлтан мырзаның жұмысы үш жетекші журналда жарияланған және төменде көрсетілген патентті қамтиды.

1. Koshkarbay N., Mekhilef S., Saymbetov A., Kuttybay N., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. Adaptive control systems for dual axis tracker using clear sky index

and output power forecasting based on ML in overcast weather conditions //Energy and AI. – 2024. – Т. 18. – Б. 100432. IF 9.6, Q1

2. Koshkarbay N., Mohammed K. K., Mekhilef S., Kuttybay N., Almen D., Saymbetov A., Nurgaliyev M. Improved MPPT technology for PV systems using Social Spider optimization (SSO): Efficient handling of partial shading and load variations //Electric Power Systems Research. – 2025. – Т. 247. – Б. 111822. IF 4.2, Q2

3. Kuttybay N., Mekhilef S., Koshkarbay N., Saymbetov A., Nurgaliyev M., Dosymbetova G., Orynbassar S., Yershov E., Kapparova A., Zholamanov B., Bolatbek, A. Assessment of solar tracking systems: A comprehensive review //Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2024. – Т. 68. – Б. 103879. IF 7, Q2

Патент

1. Құттыбай Н.Б., **Қошқарбай Н.Ж.**, Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Жоламанов Б.Н., Орынбасар С.О., Болатбек А.Б., Әлмен Д.Б., Система измерения метеорологических параметров для оптимизации фотоэлектрических установок, Пайдалы модельге патент №10890, Қазақстан Республикасы. Өтініш беруші және патентке иелік етуші әл-Фараби атындағы ҚазҰУ. 07.03.2025 жыл, №10890

Өзінің Ph.D жұмысының бір бөлігі ретінде Нұрсұлтан мырза Малайя университетіндегі менің зертханамды аралады және ол өз зерттеулерін жүргізуде ерекше сенімділік пен еңбекқорлық көрсетті. Мен оның біздің зертханада болуына өте риза болдым.

Қорытындылай келе, Нұрсұлтан Қошқарбай мырзаның философия докторы (Ph.D.) дәрежесін алу үшін ұсынылған «Жасанды интеллект негізінде фотоэлектрлік жүйенің шығыс қуатын болжау арқылы оңтайландыру және тиімділігін арттыру» атты жұмысы Ph.D докторы дәрежесіне қажет ғылыми жаңалықты, практикалық маңыздылықты көрсетеді.

Ең жақсы тілектер,

Профессор, доктор Саад Мехилеф
Директор,
Күштік электроника және жаңартылатын энергия көздерін зерттеу зертханасы – PEARL
Малайя университетінің инженерлік факультеті
50603 Куала-Лумпур, Малайзия
Тел: +603 7967 6851
Факс: +603 7967 5316
E-mail: saad@um.edu.my