



Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

Informatyka temat nr 5	Computer and information sciences topic No. 5
Uczenie maszynowe w predykcji nasłonecznienia i produkcji energii fotowoltaicznej z wykorzystaniem sieci lokalnych klasyfikatorów	Machine learning for solar irradiance prediction and photovoltaic energy production using local classifier networks
PhD supervisor: dr hab. Małgorzata Przybyła-Kasperek, prof. UŚ https://scholar.google.com/citations?hl=pl&user=2hDgv3gAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate	
Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych Obecnie duży nacisk kładzie się na badanie metod efektywnego wykorzystania energii odnawialnej i ograniczania emisji gazów cieplarnianych związanych ze spalaniem węgla lub gazu. Kluczowe źródła energii odnawialnej obejmują panele fotowoltaiczne (PV), turbiny wiatrowe, prąd rzeczny lub źródła geotermalne. Chociaż zasoby te mają ogromny potencjał, ich wykorzystanie nie jest jednakowe, przy czym najczęściej stosowane są instalacje fotowoltaiczne. Jednym z wyzwań związanych z pełną integracją energii odnawialnej z codzienną siecią energetyczną jest nieprzewidywalny charakter produkcji. Ilość energii generowanej z tych źródeł jest trudna do przewidzenia, a produkcja nie jest stała i zmienia się w zależności od położenia geograficznego, pory dnia czy pory roku. Różnorodne czynniki naturalne odgrywają znaczącą rolę w poziomie produkcji energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych. Nawet najbardziej skomplikowane numeryczne modele prognozowania pogody i nasłonecznienia, a także statystyczne modele prognozowania oparte na danych historycznych często obarczone są dużymi błędami ze względu na postępujący i nieprzewidywalny charakter zmian klimatycznych. W rezultacie dokładne i wiarygodne prognozy pogody stają się trudne w regionach charakteryzujących się znaczną zmiennością	Brief description of research assumptions and goals A great deal of attention is currently being devoted to developing methods for the efficient use of renewable energy and for reducing greenhouse gas emissions associated with the combustion of coal and natural gas. Key sources of renewable energy include photovoltaic (PV) panels, wind turbines, river flow, and geothermal resources. Although these resources have considerable potential, their use is uneven, with photovoltaic installations being the most widespread. One of the major challenges in fully integrating renewable energy into the power grid is the highly unpredictable nature of its generation. The amount of energy produced from these sources is difficult to forecast, since output varies with geographic location, time of day, and season. Numerous natural factors play an important role in determining the level of electricity generated by photovoltaic panels. Even advanced numerical weather and irradiance forecasting models, as well as statistical models based on historical data, often exhibit substantial errors due to the increasing and unpredictable impact of climate change. As a result, accurate and reliable weather forecasts are particularly difficult in regions with high climatic variability. The literature offers many machine learning approaches that combine irradiance prediction





klimatyczną. W literaturze można znaleźć wiele różnych podejść opartych na uczeniu maszynowym, które łączą predykcję nasłonecznienia z prognozowaniem pogody i zachmurzenia. Jednak, według najlepszej wiedzy, w literaturze nie zaproponowano modeli, które byłyby na tyle uniwersalne, aby można było je zastosować dla różnych położeń geograficznych oraz uwzględniałyby wiele czynników mających wpływ na nasłonecznienie i produkcję paneli fotowoltaicznych. Ponadto ważnym problemem jest odpowiednie zagospodarowanie energii wyprodukowanej przez panele. W literaturze w tym celu stosowane są często metody optymalizacji rojowej, algorytmy ewolucyjne lub sieci neuronowe.

Projekt zakłada również opracowanie i analizę sieci lokalnych klasyfikatorów, z których każdy jest trenowany dla konkretnej lokalizacji, warunków pogodowych lub profilu energetycznego. Na podstawie stopnia podobieństwa między klasyfikatorami (np. korelacja predykcji, podobieństwo strukturalne sieci neuronowych, podobieństwo błędów, ważności atrybutów) będą tworzone koalicje klasyfikatorów. Pozwoli to na budowę dynamicznych zespołów modeli, które samodzielnie łączą się w grupy w zależności od kontekstu danych.

Cele badawcze:

- Predykcja nasłonecznienia z wykorzystaniem modeli uczenia maszynowego. Zbadanie i rozwój modeli uczenia maszynowego do predykcji dziennego nasłonecznienia, z uwzględnieniem lokalnych zmiennych środowiskowych.
- Predykcja produkcji energii z instalacji fotowoltaicznych na podstawie prognozy nasłonecznienia w różnych warunkach geograficznych i klimatycznych.
- Analiza wpływu zmiennych środowiskowych (lokalizacja geograficzna, kąt padania słońca, pogoda, zachmurzenie, opady, kolor podłoża) na dokładność predykcji.
- Budowa lokalnych sieci klasyfikatorów – zestawów modeli trenowanych w różnych warunkach (geograficznych, czasowych, pogodowych), które wspólnie tworzą system rozproszony.

with weather and cloud-cover forecasting. However, to the best of our knowledge, no existing model is universal enough to be applied across different geographic locations while simultaneously accounting for the wide range of factors that influence solar irradiance and PV production. Another important challenge is the effective management of energy generated by PV panels. Various optimization techniques - such as swarm optimization methods, evolutionary algorithms, and neural networks - are commonly used for this purpose.

The project also involves developing and analysing networks of local classifiers, each trained for a specific location, weather pattern, or energy-generation profile. Coalitions of classifiers will be formed based on their degree of similarity (e.g., prediction correlation, structural similarity of neural networks, error similarity, or attribute-importance similarity). This approach will enable the construction of dynamic ensembles of models that autonomously group themselves depending on data context.

Research objectives:

- Solar irradiance prediction using machine learning models.
- Investigation and development of machine learning methods for daily irradiance forecasting, incorporating local environmental variables.
- Prediction of energy production from photovoltaic installations based on irradiance forecasts under different geographic and climatic conditions.
- Analysis of the impact of environmental variables (geographic location, solar angle, weather conditions, cloud cover, precipitation, ground-surface color) on prediction accuracy.
- Development of local classifier networks - a set of models trained under different environmental, temporal, or weather-related conditions, forming a distributed predictive system.
- Formation of classifier coalitions based on similarity measures - analysis of methods for combining predictive models into dynamic coalitions and evaluation of how such coalitions affect prediction quality.

Research hypotheses:





<ul style="list-style-type: none">– Tworzenie koalicji klasyfikatorów na podstawie miar podobieństwa – analiza metod łączenia modeli predykcyjnych w dynamiczne koalicje oraz badanie, jak koalicje wpływają na jakość predykcji. <p>Hipotezy badawcze:</p> <ul style="list-style-type: none">– Koalicje klasyfikatorów tworzone na podstawie miar podobieństwa poprawią jakość predykcji w porównaniu z pojedynczymi modelami trenowanymi lokalnie.– Modele uczenia maszynowego uwzględniające zmienne środowiskowe pozwolą na bardziej precyzyjną predykcję nasłonecznienia niż tradycyjne metody.	<ul style="list-style-type: none">– Classifier coalitions formed on the basis of similarity measures will improve prediction quality compared to individual locally trained models.– Machine learning models that incorporate environmental variables will enable more accurate irradiance prediction than traditional methods.
<p>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</p> <p>W literaturze można znaleźć wiele badań dotyczących przewidywania produkcji paneli słonecznych z uwzględnieniem warunków pogodowych. Badania te często zależą od położenia geograficznego. Do prognozowania energii słonecznej wykorzystywane są różne metody. Podejścia oparte na szeregach czasowych umożliwiają modelowanie wpływu historycznych danych meteorologicznych na obecne warunki pogodowe w określonych ramach czasowych. Algorytmy uczenia maszynowego uwzględniające prognozę pogody są również często wykorzystywane do prognozowania natężenia irradiancji. Stosowane są tutaj różne metody, od prostych i interpretowalnych drzew decyzyjnych po bardziej skomplikowane metody zespołowe. Ponadto stosowane są różne modele głębokiego uczenia, takie jak rekurencyjne sieci neuronowe czy splotowe sieci neuronowe. Alternatywnym podejściem jest przewidywanie natężenia irradiancji na podstawie obrazów nieba pochodzących z satelity lub kamery.</p> <p>Nowatorstwo projektu polega na zastosowaniu lokalnych sieci klasyfikatorów, które tworzą dynamiczne koalicje modeli oparte na podobieństwie predykcji. Jest to zgodne z trendami w kierunku rozproszonych, samoorganizujących się systemów sztucznej inteligencji.</p> <p>Proponowany projekt ma kluczowe znaczenie zarówno w kontekście rozwoju dyscypliny informatyki, jak i w kontekście społecznym i</p>	<p>Planned contribution to the development of the discipline</p> <p>There is a substantial body of literature devoted to predicting the energy output of solar panels while taking weather conditions into account. Such studies are often highly dependent on geographic location. Various methods are used for solar energy forecasting. Time-series approaches make it possible to model the influence of historical meteorological data on current weather conditions within specific time windows. Machine learning algorithms that incorporate weather forecasts are also commonly applied to predict irradiance intensity; these methods range from simple and interpretable decision trees to more advanced ensemble techniques. In addition, different deep-learning models are employed, including recurrent neural networks and convolutional neural networks. An alternative line of research focuses on predicting irradiance intensity based on sky images captured by satellites or ground-based cameras.</p> <p>The innovative aspect of the proposed project lies in the use of local classifier networks that form dynamic coalitions of models based on prediction similarity. This approach is consistent with current trends toward distributed and self-organizing artificial intelligence systems.</p> <p>The proposed project is important not only for advancing computer science as a discipline but also in broader social and environmental contexts. Developing models for predicting solar irradiance</p>





<p>ekologicznym. Opracowanie modeli predykcji nasłonecznienia i produkcji energii z instalacji fotowoltaicznych oraz optymalizacja ich wykorzystania przyczyni się do bardziej efektywnego zarządzania zieloną energią. Dzięki temu możliwe będzie lepsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, co ma istotne znaczenie dla zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska.</p>	<p>and photovoltaic energy production, as well as optimizing the use of the generated energy, will contribute to more efficient management of renewable energy resources. This, in turn, enables better utilization of green energy sources, which is crucial for sustainable development and environmental protection.</p>
<p>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</p>	<p>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</p>

