

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**ПОРАДЮК ТЕТЯНА ІВАНІВНА**

УДК 004.032.2

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ  
СПОЖИВАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ  
МЕТЕОФАКТОРІВ**

8.05010201 «Комп'ютерні системи та мережі»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль 2017

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж  
**Яцишин Василь Володимирович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук  
**Боднарчук Ігор Орестович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 лютого 2017 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №35 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 603

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Сьогоднішній стан в енергетичному розвитку України характеризується переоцінкою сучасних енергетичних технологій виробництва та споживання енергії. Це період стрімкого розвитку технічних засобів і технологій з високими показниками ефективності, що призвів до створення та запровадження передових методів аналізу та опрацювання даних на основі підходів штучного інтелекту. У зв'язку з цим, спостерігається підвищений інтерес до нейроподібних структур, які мають потенціал отримати широке застосування у галузі прогнозування виробництва і споживання електроенергії.

Однак, не зважаючи на досягнення у розвитку альтернативних джерел енергії, впровадження технологій геліоенергетики в Україні знаходиться на вкрай низькому рівні. Саме удосконалення методів і засобів спрямованих на покращення інтелектуальних систем прийняття рішень щодо прогнозування виробництва сонячної електроенергії дозволить пришвидшити цей процес.

Завдання прогнозування спирається на складні математичні або емпіричні (інтуїтивні) методи пошуку закономірностей і розглядаються в часовому інтервалі. Точність короткострокового прогнозу навантажень істотно впливає на завантаження генеруючого обладнання електростанцій і як наслідок, на вартість виробництва електроенергії. Недооцінка навантаження може привести до зниження необхідних резервів, що в свою чергу веде до зростання вартості виробництва електроенергії і необхідності використання більш дорогого пікового обладнання. Завищений прогноз навантаження може привести до необґрунтованого збільшення обертового резерву і вартості виробництва електроенергії. Тому дуже важливо мати якісно складений оперативний прогноз графіка навантаження.

Вагомий внесок у розробку теоретичних основ і методології аналізу та моделювання систем прогнозування зробили провідні вітчизняні та зарубіжні науковці, зокрема: А. Камінський, Т. Клебанова, М. Клименюк, Г. Лисенко, В. Матвійчук, С. Рамазанов, Л. Сергєєва, М. Скрипниченко, Е. Гейтлі, Г. Дженкінс, К. Армстронг, І. Шарп, О. Мінц, Е. Петерс та ін. У цих роботах досліджується ряд методів та моделей, що дають змогу підвищити якість даних прогнозування, врахувати особливості адаптації систем до різних вибірок вхідних даних та забезпечити ряд додаткових характеристик якості. Та ефективного підходу щодо прогнозування виробництва та споживання саме альтернативних видів енергії, який би давав змогу отримувати оптимальні дані прогнозу на основі метеофакторів недостатньо досліджені.

Доцільність побудови нейронної мережі прогнозування, яка б ефективно працювала з метеоданими, обґрунтована труднощами у формулюванні чіткого детермінованого опису, на основі якого можна робити висновки про опрацьовані вхідні дані та навчальну вибірку. Надто ускладнена структура приводить до надлишкового збільшення часу навчання, а також підвищує ймовірність перенавчання мережі, тоді як використання спрощеного варіанту може не дати очікуваних результатів. Тому питання визначення структури мережі, а також побудови на її основі прогностичних даних для фотоелектричних станцій є актуальною задачею, що розв'язується у дипломній роботі.

**Мета роботи** полягає у дослідженні методів і засобів прогнозування та керування споживанням альтернативної енергії на основі метеофакторів та оптимізація їх шляхом застосування нейромережових підходів.

**Об'єкт дослідження** – процеси опрацювання даних метеопрогнозів в системах прогнозування.

**Предмет дослідження** – моделі і методи синтезу штучних нейронних мереж.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань використовувалися: теорія автоматичного керування та математичного моделювання, методи теорії нейронних мереж, планування експерименту, теорія похибок вимірювань.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

– уперше, запропоновано використовувати систему прогнозування роботи фотоелектричних станцій на основі нелінійної авторегресійної екзогенної моделі, яка підвищила якість результатів прогнозу;

– уперше запропоновано нове застосування методу первинної обробки даних метеопрогнозу, що базується на використанні нормалізації даних відносно кумулятивної потужності фотоелектричної станції, що дає змогу більш адекватно опрацювати дані для системи прогнозування, у порівнянні з іншими методами;

– удосконалено метод синтезу даних різних фотоелектричних установок залежно від їх геолокації та формування відповідних покрокових прогнозів на основі різних часових кроків.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Полягає в підвищенні точності прогнозування споживанням альтернативної електроенергії та можливості планового використання енергоресурсів. На базі розроблених методів навчена система здатна працювати з керованими інверторами та дає змогу збільшити якість подачі струму при умові допрацювання моніторингу значень струмів та напруг в трьох фазах та гармонічного спектру.

**Апробація.** Результати дослідження апробовано на двох науково-практичних конференціях Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у вигляді тез конференцій.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається із вступу, 6 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 123 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження методів та засобів прогнозування та керування, споживання альтернативної електроенергії на основі аналізу метеофакторів, розглянуто аспект використання нейромережових технологій, визначено задачі наукового та практичного дослідження і шляхи реалізації та покращення якості прогнозів з використанням метеоданих.

У першому розділі дипломної роботи «Особливості прогнозування споживання альтернативної електроенергії на основі нейронних мереж»

проведено аналіз сучасного стану технологій прогнозування, визначено задачі прогнозування, досліджено стандарти і моделі роботи фотоелектричних систем. Зроблено висновки щодо недосконалості моделей і засобів прогнозування в альтернативній енергетиці.

У другому розділі дипломної роботи **«Методи і моделі прогнозування споживання електроенергії з використання штучних нейронних мереж»** запропоновано критерії якості навчання системи, які відображено у методах і моделях прогнозування споживання електроенергії з використанням штучних мереж. На основі отриманих даних розроблено алгоритм навчання нейронної мережі, та проведено тестові короткострокові та довгострокові прогнозування, проведена навчальна валідація даних. Це дало змогу більш повно та адекватно, в порівнянні з іншими моделями, представити особливості роботи системи прогнозування навантаження та провести обробку якості даних прогнозу.

У третьому розділі **«Реалізація прогнозування електричних навантажень на основі метеофакторів»** реалізовано систему прогнозування з використанням метеофакторів, проведена первинна обробка даних фотоелектричних станцій, проведено дослідження розробленої роботи нелінійної авторегресійної екзогенної моделі мережі з метеоданими. Проаналізовано результати згенеровані системою та можливості роботи її з багатокроковим прогнозуванням.

У четвертому розділі **«Обґрунтування економічної ефективності»** виконано обчислення показників економічної ефективності від реалізації системи прогнозування споживання електроенергії з використанням метеоданих при реалізації її на фотоелектричних установках, що забезпечило можливості для обґрунтування доцільності проведення НДР.

У п'ятому розділі дипломної роботи **«Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведено аналіз вимог з охорони праці та техніки безпеки в процесі використання комп'ютерної техніки, та роботи з фотоелектричними станціями,.

У шостому розділі дипломної роботи **«Екологія»** розглянуто питання забезпечення охорони навколишнього середовища, роль ефективної роботи енергозабезпечувальних систем на оточення.

У загальних висновках щодо дипломної роботи описано одержані в процесі виконання дипломної роботи магістра результати, що відображають сучасний стан досліджень в області прогнозування, автоматизації фотоелектричних систем, обґрунтовано значення одержаних наукових і практичних результатів, які запропоновані автором.

У додатках до пояснювальної записки приведено копії наукових публікацій автора та лістинг коду реалізованого програмного засобу.

У графічній частині до дипломної роботи магістра наведено результати аналізу методів та засобів прогнозування споживання альтернативної електроенергії на основі метеофакторів, представлено модель нелінійної авто регресійної екзогенної моделі мережі, результати контрольних зрізів даних та прогнозів.

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дали змогу покращити точність, гнучкість та ефективність використання нейромережових технологій в задачах прогнозування споживання альтернативної електроенергії з використанням метеоданих.

Проведено аналіз сучасного стану технологій прогнозування, визначено задачі прогнозування, досліджено стандарти і моделі роботи фотоелектричних систем.

Розроблено алгоритм навчання нейронної мережі, та проведено тестові короткострокові та довгострокові прогнозування, що дало змогу більш повно та адекватно, в порівнянні з іншими моделями, представити особливості роботи системи прогнозування навантаження.

Запропоновано нове застосування методу прогнозування навантаження фотоелектричних систем, при реалізації якого подані на вхід тестові сигнали та врахування перехідного стану дало змогу формувати послідовності для проведення навчання нейромережевого контролера прогнозування без використання детального математичного опису.

Реалізовано систему прогнозування з використанням метеофакторів, проведена первинна обробка даних фотоелектричних станцій, проведено дослідження розробленої роботи нелінійної авторегресійної екзогенної моделі мережі з метеоданими. Проаналізовано результати згенеровані системою та можливості роботи її з багатокроковим прогнозуванням.

Виконано обчислення показників економічної ефективності від реалізації системи прогнозування споживання електроенергії з використанням метеоданих при реалізації її на фотоелектричних установках, що забезпечило можливості для обґрунтування доцільності проведення НДР.

Проведено аналіз вимог з охорони праці та техніки безпеки в процесі використання комп'ютерної техніки, та роботи з фотоелектричними станціями. Розглянуто питання забезпечення охорони навколишнього середовища, роль ефективної роботи енергозабезпечувальних систем на оточення.

Результати дослідження використані для мережі прогнозування енергонавантаження, синтезованої засобами Matlab, і через які вхідні дані зчитує поточне значення роботи фотоелектричних систем, обробляє дані прогнозу та генерує дані майбутнього навантаження, що може бути використано для керування модулями сонячної батареї та планування навантажень роботи електросистем.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Порадюк Т. Інтелектуальні системи для прогнозу споживання альтернативної енергії [Електронний ресурс] / Порадюк Тетяна // ІХ Всеукраїнська студентська науково-технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/16576>

2. Порадюк Т. Інтелектуальні компоненти енергетичних систем на основі нечіткої логіки [Електронний ресурс] / Порадюк Тетяна // V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://tntu.edu.ua/storage/news/00002763/konf2016p2.pdf>.

## **АНОТАЦІЯ**

**Порадюк Т.І. Дослідження методів і засобів прогнозування та керування споживанням альтернативної енергії на основі аналізу метеофакторів.**

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 8.05010201 – Комп'ютерні системи та мережі. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2017.

У дипломній роботі магістра проведено аналіз сучасного стану технологій прогнозування, визначено задачі прогнозування, досліджено стандарти і моделі роботи фотоелектричних систем. Визначено недоліки існуючих моделей і засобів прогнозування в галузі альтернативної енергетики.

Визначено критерії якості альтернативної енергії, які враховано у методах і моделях прогнозування споживання електроенергії з використанням штучних мереж. Запропоновано нове застосування методу прогнозування навантаження фотоелектричних систем, при реалізації якого подані на вхід тестові сигнали та врахування перехідного стану дало змогу формувати послідовності для проведення навчання нейромережевого контролера прогнозування без використання детального математичного опису.

Запропоновано нове застосування методу первинної обробки даних метеопрогнозу, що базується на використанні нормалізації даних відносно кумулятивної потужності фотоелектричної станції, що дає змогу адекватно опрацювати дані для системи прогнозування. Проаналізовано результати згенеровані системою та можливості роботи її з багатокроковим прогнозуванням. Продукт реалізований із можливостями подальшої модернізації. На базі розроблених методів навчена система здатна працювати з керованими інверторами та дає змогу збільшити якість подачі струму при умові доопрацювання моніторингу значень струмів та напруг в трьох фазах та гармонічного спектру.

**Ключові слова:** НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ПРОГНОЗУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГІЯ.



## ANNOTATION

**Poradiuk T.I. Methods and tools study for alternative energy consumption prediction and management based on meteorological parameters analysis.**

The diploma paper for obtaining the Master's degree 8.05010201 – Computer systems and networks – Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil 2017.

In the master's degree work analyzed the current state of forecasting technology, identified prediction problems, investigated common models of photovoltaic systems. Conclusions made on imperfect models and tools in alternative energy forecasting.

New elements of methods and models of electricity consumption forecasting there used in artificial networks. A new forecasting method use photovoltaic systems, the implementation of which is given to the input test signals and taking into account the transition state made it possible to generate sequences for training neural network forecasting controller without detailed mathematical description.

Implemented forecasting system using meteorological factors conducted primary processing of photovoltaic stations, developed by the research of nonlinear autoregressive exogenous model network of meteo data. Tthe new use of the method of primary data forecasting based on normalization using data regarding the cumulative photovoltaic power station, which allows to adequately process the data forecasting system. The results generated by the system and its ability to work with multi-forecasting. Product realized with the possibility of further modernization. On the basis of the developed methods trained system can operate with controlled inverters and enables you to increase the quality of the power supply provided revision and modification monitoring values currents and voltages in three phases and harmonic spectrum.

**Keywords:** NEURAL NETWORKS, FORECASTING, AUTOMATION, ALTERNATIVE ENERGY.