

ИР - БАН  
зх. № ..... 82 / 07.02.2024 г.

## СТАНОВИЩЕ

от доц. д-р инж. Иван Проданов, Минно-геологки университет „Св. Иван Рилски”, катедра „Автоматизация на производствени системи”, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“

**Относно:** придобиване на образователна и научна степен „доктор“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, с научна специалност „Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката“, съгласно заповед № 137/22.11.2023 г. на директора на Институт по Роботика при БАН (ИР-БАН) и протокол № 1 от 28.11.2023 г. на научното жури.

**Автор на дисертационния труд:** маг. инж. Екатерина Поповска, Институт по Роботика при БАН.

**Тема на дисертационния труд:** „Математически методи за изследване, моделиране, анализ и прогнозиране в енергийните пазари“.

### 1. Обща характеристика на дисертационния труд.

Обемът на дисертацията на маг. инж. Екатерина Поповска е 183 страници, като включва увод, четири глави, заключение, списък с приноси, библиография, 9 таблици и 37 фигури. Библиографската справка включва 139 заглавия на латиница и 2 интернет адреса. Приложението са форматирани на 22 страници, включително списък с цитирания и кодове на софтуерни програми. Глава 1 представя обширен литературен обзор, обхванал различни методи за прогнозиране и анализ на цените на електроенергията. Главата разглежда методите за краткосрочна и дългосрочна времева устойчивост, концепции и методи, с акцент върху приложението и моделирането в сложни енергийни системи. Глава 2 се фокусира върху методите за анализ на дългосрочна устойчивост чрез фрактален анализ и метода на флукутационен анализ. Главата представя методика за изследване на дългосрочната устойчивост на времеви серии, включваща R/S метода и DFA метода. Създадена е методика за прогнозиране на цените на електроенергията в дългосрочен план, включваща няколко стъпки. В Глава 3 е използван комплексен подход за изследване и прогнозиране на цените на електроенергия, съчетавайки SARIMA и LSTM методи. Работата анализира ефективността на SARIMA за анализ и прогнозиране на стойности върху времеви редове със сезонни ефекти и шумове. В допълнение, е представен алгоритъм, основан на LSTM, който се фокусира върху обработката и анализа на времеви редове. Глава 4 обобщава и анализира резултатите от емпиричното изследване в областта на прогнозирането на цените на електроенергията. Работата включва сравнителен анализ на методите SARIMA, LSTM, ARIMA и методите на Хърст и DFA. Изследването подчертава важността на избора на подходящ метод според характеристиките на данните при различни времеви интервали.

В обобщение, дисертационният труд на маг. инж. Екатерина Поповска е детайллен и обширен, представяйки комплексен анализ и приложение на различни математически методи в областта на енергетиката и енергийните пазари. Структурата на дисертацията е ясна и отговаря на изискванията за обем и съдържание. Засегнатите методи и модели са широко разгледани, като включват както теоретични аспекти, така и конкретни приложения в решаване на проблеми в енергийния сектор. Подходящият брой цитирания и публикации водят до заключението, че докторантката Екатерина Поповска активно е

участва в научни изследвания и успешно представя своите научни приноси в дисертационния труд.

## **2. Актуалност и значимост на разработвания в дисертационния труд проблем.**

Изследването на докторантката в областта на енергетиката и енергийните пазари представлява значим и актуален принос към разбирането на ключови въпроси, свързани с непостоянния характер на борсовите цени на електроенергията. Дисертационният труд предлага новаторски методи и модели за прогнозиране, които не само отразяват нестабилността на енергийните пазари, но и предоставят ценни инструменти за оптимизация на търговските портфолии и възможност за устойчиво управление на енергийните системи. Съчетаването на различни математически методи за анализ на времеви редове предоставя нов подход и важни възможности за подобряване на решенията в енергийния сектор и енергийните пазари. Получените резултати може да спомогнат формирането на стратегии за устойчиво енергийно управление.

## **3. Целесъобразност на поставените цели и задачи. Познаване на проблема. Анализ на резултатите.**

Магистър инженер Екатерина Поповска проявява изключително добро познаване на проблематиката в областта на енергетиката и енергийните пазари. Дисертацията представлява внимателен и задълбочен анализ на целите и задачите, които авторът си е поставил в контекста на изследването на математически методи за анализ, моделиране и прогнозиране в енергетиката и енергийните пазари. Целите на дисертацията са ясно формулирани и насочени към изследване на методи, предназначени за анализ на времеви редове на почасовите цени на електроенергията. Поставените задачи са детайлно описани и съответстват на общата насоченост на труда. Авторът избира целесъобразен подход, обединявайки различни математически методи, като R/S анализ, DFA, ARIMA и LSTM модели. Този подход се оказва целесъобразен, тъй като позволява оценката на различни аспекти на времевите редове, а също така идентифицира оптimalният метод за конкретните условия. Докторантката проявява високо ниво на познание на проблема, като анализира влиянието на различни методи времевите редове на цените на електроенергията. Приложението на тези методи не само илюстрира обхват на познанията на автора, но и добавя ценност към постигнатите резултати в контекста на разбиране на дългосрочни и краткосрочни зависимости в ценовите сигнали. Предоставено е обстойно изложение на получените резултати, включващо стойности на експонентата на Хърст, корелационни свойства и кофициенти на точност на прогнозите. Анализът е системен и осигурява цялостен обзор, позволяващ на читателя да разбере връзката между приложените методи и постигнатите резултати.

Обобщено, целите и задачите, представени в дисертационния труд, са съобразени с актуалните нужди в областта на енергетиката и успешно извлечат важна информация, чрез приложение на разнообразни математически методи.

## **4. Оценка на получените приноси и тяхната значимост**

Дисертационният труд представлява значителен научен принос към областта на енергетиката. Авторът предлага новаторски математически методи и модели, които подпомагат прогнозирането на цените на електроенергията. Получените приноси имат висока значимост, особено в контекста на развиващите се енергийни пазари, като в същото време обогатяват теоретичната основа на

областта. Дисертацията успешно идентифицира основните предизвикателства, пред които се изправят математическите методи при анализа на енергийни пазари, и ги решава със стратегически подход, като е оценена важността на математическите модели за справяне със сложността на съвременните енергийни системи.

В работата се разглеждат различни методи, като R/S анализ, DFA, ARIMA и LSTM, които успешно се прилагат за анализ и прогнозиране на времеви редове на цените на електроенергията.

Дисертационната работа е фокусирана върху краткосрочни и дългосрочни прогнози, предоставящи детайлен анализ на предимствата и ограниченията на всяка методология. В изводите от изследването се подчертава възможността за подобрение на прогнозната точност, като се предоставят ясни препоръки за избор на подходящ метод в зависимост от конкретните условия и характеристики на данните. Обобщените резултати и научните приноси в заключението осигуряват цялостен синтез на постигнатото в изследването.

## **5. Автореферат**

Авторефератът предоставя ясен обзор на дисертационния труд, включващ основните идеи, методи и резултати. Той е достатъчно информативен и възпроизвежда съдържанието на труда с необходимата дълбочина.

## **6. Критични бележки и препоръки**

Въпреки положителната ми оценка на дисертационния труд, бих предложил включването на повече конкретни примери, които илюстрират приложността на постигнатите резултати. Тези примери следва да бъдат избрани така, че да не засягат фирмени интереси, но да допринесат за по-добро разбиране и прилагане на получените знания в реални сценарии. Това ще укрепи приложимостта и практическата стойност на изследването, като го направи по-достъпно и ценно за широката общественост.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

След като се запознах с представената дисертационна работа и съдържащите се в нея научно-приложни приноси, считам, че представеният материал на дисертационен труд отговаря напълно на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и вътрешния Правилник на ИР-БАН. Изпълнени са всички изисквания за получаване на образователната и научна степен „доктор“. Предвид това, давам своята положителна оценка за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и предлагам на членовете на Научното Жури да присъдят образователната и научна степен „доктор“ на Екатерина Поповска в област 5 на висше образование, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“ с научна специалност „Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката“.

София, 06.02.2024 г.

Подпис:

доц. д-р инж. Иван Проданов