



РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р Тодор Стефанов Недев -

УНСС, катедра „Финанси”

Относно: дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен **„доктор“** по *научна специалност* „Финанси, парично обръщение, кредит и застраховка”, в УНСС.

Основание за представяне на рецензията: участие в състава на научното жури по защита на дисертационния труд съгласно Заповед № 293/05. 02. 2025 г. на Ректора на УНСС.

Автор на дисертационния труд: *Петър Стефанов Рангелов*
Тема на дисертационния труд: *„Възможности за използване на фракталните стохастични процеси за оптимизиране на оценката на финансови активи”*

Научен ръководител: Проф. д-р Димитър Ненков Ненков

1. Информация за дисертанта

ПЕТЪР СТЕФАНОВ РАНГЕЛОВ се е обучавал в задочна докторантура, субсидирана от държавата, докторска програма ФИНАНСИ, ПАРИЧНО ОБРЪЩЕНИЕ, КРЕДИТ И ЗАСТРАХОВКА, професионално направление 3.8. Икономика, към катедра „Финанси” със срок на обучение 4 /четири / години , считано от 28.02.2019 г . до 28.02.2023 г .

Със Заповед 3234/30.11.2022 г. на Ректора на УНСС срокът на докторантурата е удължен с една година - до 28. 02. 2023 г.

Със Заповед 2708/16.10.2023 г. на Ректора на УНСС срокът на докторантурата е прекъснат за една година, считано от 01.11.2023 г . до 01.11.2024 г и е обявен краен срок на докторантурата - 28.02.2025 г .

Петър Стефанов Рангелов е роден на 20. 09. 1994 г. в гр. Пловдив.

• 2008 г. – 2013 г. завършва Образцова Математическа Гимназия „Академик Кирил Попов“ – Пловдив;

- 2013 - 2017 - бакалавър по финанси в УНСС;
- 2017-2018 - Магистър по „Финансов мениджмънт“ в УНСС;

Трудов стаж: от септември 2018 г. – до момента заема длъжността Мениджър проекти в БДО АФА ООД, гр. София. Фирмата се занимава с оперативно извършване на независим финансов одит и други консултантски услуги.

Считам, че докторантът се е справил добре с изпълнението на индивидуалния си план въпреки удължаването и прекъсването на срока за обучение.

2. Обща характеристика на представения дисертационен труд

Формалните характеристики на труда са посочени в резюмето на Автореферата:

Структура: въведение, изложение в три глави, заключение и библиография.

Обемът на дисертационния труд е в размер на 223 страници, от които основният текст е в размер на 197 страници.

Използвани са 202 източника, от които 11 са на български език и 191 на английски език, 44 източника са книги, два източника са база данни, а останалите са статии, публикувани в научни журналы или онлайн издания.

Приложен е списък на използваните съкращения, списък на фигурите (3), списък на графиките (12) и списък на таблиците (60).

Обектът на дисертационния труд е фракталният анализ и приложенията му в областите на моделиране на ценовата динамика на активите, с оглед възможно използване при ценообразуването на финансови опции, оценяването на инвестиционни проекти и цели предприятия.

Предмет на изследване са фракталните модели използвани във финансите.

По същество и в обобщена форма, **изследователската теза гласи**, че чрез използването на инструментариума на фракталния анализ може да се изследват в по-голяма цялост и ефективност финансово-икономически процеси, като в частност в настоящото изследване този тип анализ е приложен в анализирането на

ценовото поведение на различни типове финансови активи, както и в областта на тяхното оценяване.

Цел и задачи на изследването

Основната цел на дисертационния труд е да изследва възможностите от използването на инструментариума на фракталната геометрия в областта на анализирането на ценовата динамика на финансовите активи, извличането на по-правдоподобни и интуитивни рискови метрики за финансов анализ, и приложението ѝ в областта на оценяването на финансови активи.

За постигане на основната цел авторът дефинира следните изследователски задачи:

- 1. Изследване на емпиричните характеристики на избрана група от финансови активи.*
- 2. Разширено изследване на разработените финансови модели адресиращ проблематиката свързана с описанието и обяснението на наблюдаваните статистически характеристики и аномалии проявяващи се върху динамиката на цената на финансовите и стокови активи.*
- 3. Проучване на специализираната научна литература свързана с разработените фрактални модели, използвани във финансите и избор на работен фрактален модел за целите на изследването.*
- 4. Дефиниране на основния представен в изследването фрактален процес – достъпност до бази данни, икономическа логика, иконометрично построение на модела, методи за намиране на параметрите на модела, статистическа проверка за адекватност, калибриране, критерий за прогностична ефективност.*
- 5. Литературен преглед и избор на подходяща контролна група иконометрични модели.*
- 6. Сравнителен анализ на резултатите от количествените критерии за сходимост към данните и прогностичната сила между използвания фрактален модел и моделите от контролната група.*
- 7. Кратък литературен преглед на подходите и моделите за оценка на компании и техните акции.*
- 8. Икономическа обосновка на използваните допускания и концептуална проверка на логическата последователност на работния мултифрактален процес.*

В тази връзка са дефинирани и следва да се проверят 4 работни хипотези.

3. Оценка на получените научни и научно-приложни резултати

Първа глава е озаглавена **ВЪВЕДЕНИЕ ВЪВ ФРАКТАЛНИЯ АНАЛИЗ** и започва с:

1. Емпирични характеристики на финансовите данни, които включват 4 пункта:

- Наличие на дебели опашки във вероятностното разпределение на възвръщаемостите
- Концентрация на волатилността в компресирани времеви периоди
- Автокорелация и дълга памет
- Левъридж, корелация, нестационарност

Тук авторът стига до основния проблем и казва: “Очевидно е, че голяма част от възникващата информация **не може да бъде предсказана** или да бъде обект на анализ целящ извличането на повтаряща се закономерност, която да бъде взета предвид при ценообразуването на активите.

2. Анатомия на динамичните системи

Изхождайки от природата на динамичните системи авторът конкретизира и целта на изследването: “Целта на голям брой изследвания включително и настоящето е насочена в **получаването на разбиране и обяснение на самата система** и съответно приложението на това разбиране главно в управлението на риска и оценяването на инвестиционни проекти и предприятия, чиято несигурност зависи от актив, цената, на който се формира на финансовия пазар.”

“конструирането на универсален модел на „реалността“ описващ пазара е изключително трудна задача”

“Нелинейностите могат да се моделират и чрез традиционните иконометрични методи, но един от най-обещаващите и актуален подход за анализ на нелинейности във финансовите данни са алгоритмите и моделите базиращи се на

дълбокото учение (*deep learning*), машинното самообучение (*machine learning*) и изкуствения интелект”

В края на първа глава логично е направен извода: *“Резултатите от изследването свързани с приложението на представената разновидност на мултифракталния модел са задоволителни. Въпреки това приложението на толкова сложен модел в практиката автоматично води до ограничения в обхвата на разбираемост и логическо проследяване и постигане на крайната цел.”*

Втора глава МОДЕЛИРАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ВОЛАТИЛНОСТТА ПОСРЕДСТВОМ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА МУЛТИФРАКТАЛНИЯ АНАЛИЗ

Направен е широкообхвaten емпиричен и иконометричен анализ, насочен и целящ проверката на основната научна хипотеза, а именно приемане или отхвърляне на фракталните модели, като достатъчно добри измерители на динамиката и несигурността, проявяваща се на финансовите пазари, сравнени с едни от най-често цитираните и използвани водещи модели за описание и прогнозиране на ценовите траектории и техните възвръщаемости. Авторът твърди, че всички модели обект на изследването са заредени с данни на различни по характер и времева дължина на реални борсово търгувани активи.

Разработена е и представена е в детайли конкретната спецификация на фракталния модел, а именно *биномната непрекъсната версия на превключващ мултифрактален модел на Марков*. Освен математическото конструиране на модела е направен и преглед на литературните източници посветени в проблематиката на приложението на избраната спецификация на фракталния модел в областта на финансите. Избрани са модели за контролна група, спрямо които ще бъде сравнено представянето на фракталния модел. Контролната група модели се състои от седем различни спецификации на моделите от семейството на авторегресионната хетероскедестичност на условната вариация - ARCH, GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, TARCH, APARCH и FIGARCH.

Авторът стига до извода, че *“Резултатите от оценените параметри от симулацията на моделите спрямо различната големина на извадките показват, че ММП работи според очакванията и възпроизвежда адекватни оценки на параметрите независимо от големината на извадката. Разбира се наблюдава подобрене на стабилността на параметрите при увеличаване на броя на извадката, като и при трите стойности на m_0 , извадките с 10,000 наблюдения възпроизвеждат много близки стойности до първоначално заложените. Следователно, избраният алгоритъм за оценка на параметрите на модела, а именно ММП, работи според очакваното и бихме могли да заключим, че същия е достатъчно надежден за приложението му в контекста на изследването.”*

Използвана е контролна група от 7 модела: Генерализиран модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация (GARCH); Експоненциален генерализиран модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация (EGARCH); Генерализиран модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация на Глостен-Джаганатан-Рънкле (GJR-GARCH); Асиметричен модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация (TARCH); Асиметрично степенен модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация (APARCH); Частично интегриран генерализиран модел на авторегресионната хетероскедастичност на условната вариация (FIGARCH).

Изводите, произтичащи от анализа представен във втора глава потвърждават напълно превъзходството на избрания мултифрактален модел пред избраните най-добри и често цитирани в научната литература иконометрични модели. Авторът твърди, че фракталните метрики представени в главата показват, че същите могат да служат, като допълващ инструментариум за дискриптивен анализ и предоставянето на по-правдоподобна и пълна картина, която да характеризира състоянието на финансовите активи.

В трета глава **ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПОСТИЖЕНИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО** е направено представяне на основните

резултати. Изводите, произтичащи от анализа представен в тази глава потвърждават напълно превъзходството на избрания мултифрактален модел. Това авторът приема като важна предпоставка за разкриване на потенциала, който имат фракталните модели и възможностите за тяхното приложение в анализирането на динамиката на финансовите пазари.

Общата оценка на дисертационния труд е добра. Изложението е логично подредено, а авторовата теза е ясно изложена и аргументирана.

Представени са най-често използваните във финансите математически модели през последните 60-70 години, като направения преглед на научната литература по темата дава възможност да се проследи развитието на моделите и е представен приноса на водещите автори в този процес.

4. Оценка на научните и научно-приложни приноси

В Автореферата са открити пет приносни момента:

- *При допусканията свързани с анализирането на финансовите пазари и икономически явления в среда на несигурност по отношение на качеството и достоверността на разполагаемите данни, включително невъзможността да се получи структурно разбиране за функционалната зависимост на взаимовръзките между икономическите агенти, авторът стига до извода, че обхвата на фундаменталния анализ е лимитиран по определение и следователно се възприема тезата, че реконструирането на статистическите характеристики на генериращия цената процес посредством използването на вероятностни процеси представлява по-правдоподобен и качествен подход за анализ.*
- *Доказва се, че фракталните стохастични процеси обясняват в много по-висока степен статистическите емпирични характеристики на почти всички финансови активи, обект на анализ в изследването, сравнени с водеща контролна група от иконометрични модели.*
- *Доказва се, че избраният мултифрактален модел прави прогнози на структурата на вариацията на част от изследваните активи в краткосрочен план (от 5 до 40 дни), които не се различават статистически от фактически реализираните стойности.*
- *Заклучава се, че основните фрактални метрики произхождащи от фракталния анализ могат да служат за допълващ инструментариум към традиционните количествени финансови измерители, с помощта на които да се правят по-информирани и правдиви изводи за рисковата структура и динамика на финансовите променливи.*
- *Представя се възможността от приложението на фракталния анализ в области на финансовата наука, които биха довели до подобрене и оптимизиране на процесите свързани с оценяването на активи, управлението на риска, алокацията и конструкцията на оптимални инвестиционни портфейли, банковото дело и други области. В частност, са представени възможности за имплементация на фракталния анализ в областта на оценяването на акциите на компании чрез използването на модела на дисконтирани парични потоци и ценообразуването на финансови опции.*

Приемам очертаните приноси моменти за действителни и представящи автора като добре информиран по темата и коректен изследовател, който прилага фракталния анализ и се опитва да дефинира приложения над възможностите и ограниченията, които предлагат съществуващите други модели.

5. Оценка на публикациите по дисертацията

В Списък с научни публикации са посочени:

- Рангелов, П. 2024. "Марковски превключващ мултифрактален модел: Симулиране на рисковия профил на българския финансов пазар". Сборник с доклади от осемнадесета международна научна конференция на младите учени на тема "Икономиката на България и Европейския съюз: инфлация, фискална консолидация и устойчиво развитие", стр. 248-261
- Ненков, Д., Христозов, Я., Рангелов, П. 2023. Актуални проблеми на определяне стойността на акциите на капиталовите пазари. На примера на развитите капиталови пазари и развиващия се капиталов пазар в България. *ИК на УНСС, София*.
- Рангелов, П. 2023. Анализ на българския финансов пазар, посредством приложението на фракталната геометрия. „*Икономически и социални алтернативи*“ (2023, бр. 2).
- Рангелов, П. 2022. Оценяване на реални опции при различна динамика на базовия актив. „*Икономически и социални алтернативи*“ (2022, бр. 3).
- Рангелов, П. 2022. Приложение на симулационните методи за оценка на предприятия, опериращи в среда на несигурност. „*Икономически и социални алтернативи*“ (2022, бр. 1).

Всички публикации са свързани с темата на дисертацията и представят различни части от общото изследване. Това ми дава основание да направя извод, че основните акценти от докторската теза са вече публикувани и предложени за научно обсъждане и дискусии.

6. Оценка на автореферата

Авторефератът отразява пълно направеното изследване и отговаря на изискванията.

7. Критични бележки, препоръки и въпроси

Критичните бележки:

Има нужда от стилова редакция на някои части от текста и отстраняване на правописните грешки. Авторът пише с много дълги изречения и правописните грешки затрудняват възприемането на смисъла на отделни текстове. Но в по-голямата си част на текста авторовата мисъл е изказана ясно и точно, дори на места сухата математика на моделите е представена като приятен за четене текст. Има ясна логическа последователност в цялото изследване.

Пожелавам на докторанта да продължи с усилията да прилага достиженията на математиката в различни области на финансите, включително и за оценка на опции.

8. Заключение

Считам, че представеният за защита дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав и доказва способността на автора да формулира и изследва актуален научен проблем, както и да изведе значими за икономическата теория и практика теоретични и приложни приноси. Убедено предлагам на НЖ докторант Петър Рангелов да получи образователната и научна степен „доктор”.

10. 04. 2025 г.
София

Рецензент:

(проф. д-р Тодор Недев)



REVIEW

by Prof. Todor Stefanov Nedev, Ph.D.

UNWE, Department of Finance

Regarding: Dissertation for awarding the educational and scientific degree of "**Doc-tor**" in the *scientific specialty* "Finance, Money Circulation, Credit and Insurance", at the UNWE.

Reason for submitting the review: participation in the composition of the scientific jury for the defense of the dissertation according to Order No. 293/05. 02. 2025 of the Rector of UNWE.

Author of the dissertation: Petar Stefanov Rangelov
Topic of the dissertation: „*Opportunities to use fractal stochastic processes for optimization of the assessment of financial Assets*”

Supervisor: Prof. Dimitar Nenkov Nenkov, Ph.D.

1. Information about the doctoral student

PETAR STEFANOV RANGELOV has studied in part-time doctoral studies, subsidized by the state, doctoral program FINANCE, MONEY CIRCULATION, CREDIT AND INSURANCE, professional field 3.8. Economics, at the Department of Finance with a period of study of 4 /four/ years, as of 28.02.2019. until 28.02.2023

By Order 3234/30.11.2022 of the Rector of UNWE, the term of doctoral studies has been extended by one year - up to 28. 02. 2023

By Order 2708/16.10.2023 of the Rector of UNWE, the term of the doctoral studies has been interrupted for one year, as of 01.11.2023. until 01.11.2024 and the deadline for doctoral studies has been announced - 28.02.2025.

Petar Stefanov Rangelov was born on 20.09.1994 in Plovdiv.

- 2008 г. – 2013 year. Graduates from “Academic Kiril Popov” High School of Mathematics;
- 2013 - 2017 – Bachelor’s degree in Finance, from UNWE;

- 2017-2018 – Master’s degree in Financial Management, from UNWE;

Work experience: from September 2018 to the present he holds the position of Project Manager at BDO AFA Ltd., Sofia. The company is engaged in operational performance of independent financial audit and other consulting services.

I believe that the Ph.D. student has done well with the implementation of his individual plan despite the extension and interruption of the training period.

2. General characteristics of the presented dissertation

The formal characteristics of the work are indicated in the summary of the Abstract:

Structure: Introduction, exposition in three chapters, conclusion and bibliography.

The volume of the dissertation is 223 pages, of which the main text is 197 pages.

202 sources were used, of which 11 are in Bulgarian and 191 are in English, 44 sources are books, two sources are databases, and the rest are articles published in scientific journals or online journals.

A list of abbreviations used, a list of figures (3), a list of graphs (12) and a list of tables (60) are attached.

The subject of the dissertation is fractal analysis and its applications in the fields of modeling the price dynamics of assets, with a view to possible use in the pricing of financial options, the evaluation of investment projects and entire enterprises.

The object of research is fractal models used in finance.

In essence and in a generalized form, **the research thesis states** that through the use of the tools of fractal analysis, financial and economic processes can be studied in greater integrity and efficiency, and in particular in the present study this type of analysis is applied in the analysis of the price behavior of various types of financial assets, as well as in the field of their valuation.

Purpose and research tasks of the study

The main purpose of the dissertation is to explore the possibilities of using the tools of fractal geometry in the field of analyzing the price dynamics of financial assets, extracting more plausible and intuitive risk metrics for financial analysis, and its application in the field of valuation of financial assets.

To achieve the main purpose, the author defines the following research tasks:

- 1. Study of the empirical characteristics of a selected group of financial assets.*
- 2. An extended study of the developed financial models, addressing the problems related to the description and explanation of the observed statistical characteristics and anomalies manifested on the dynamics of the price of financial and commodity assets.*
- 3. Study of the specialized scientific literature related to the developed fractal models used in finance and selection of a working fractal model for the purposes of the study.*
- 4. Definition of the main fractal process presented in the study – accessibility to databases, economic logic, econometric construction of the model, methods for finding the parameters of the model, statistical check for adequacy, calibration, criterion for predictive efficiency.*
- 5. Literature review and selection of an appropriate control group of econometric models.*
- 6. Comparative analysis of the results of the quantitative criteria for convergence to data and predictive power between the fractal model used and the models from the control group.*
- 7. A brief literature review of the approaches and models for valuation of companies and their shares.*
- 8. Economic justification of the assumptions used and conceptual verification of the logical sequence of the working multifractal process.*

In this regard, 4 working hypotheses have been defined and should be verified.

3. Evaluation of the obtained scientific and applied scientific results

The first chapter is titled “**INTRODUCTION TO FRACTAL ANALYSIS**” and begins with:

1. Empirical characteristics of financial data, which include 4 points:
 - Presence of thick queues in the probability distribution of returns

- Volatility concentration in compressed time periods
- Autocorrelation and long memory
- Leverage, correlation, non-stationarity

Here the author comes to the main problem and says: "It is obvious that much of the emerging information **cannot be predicted** or be the subject of analysis aimed at extracting a recurring pattern to be taken into account in asset pricing.

2. Anatomy of Dynamic Systems

Proceeding from the nature of dynamic systems, the author specifies the purpose of the study: "The purpose of a large number of studies, including the present one, is aimed at **obtaining an understanding and explanation of the system itself** and, accordingly, the application of this understanding mainly in risk management and evaluation of investment projects and enterprises, the uncertainty of which depends on an asset, the price at which it is formed on the financial market."

"Constructing a universal model of 'reality' describing the market is **an extremely difficult task**"

"Nonlinearities can also be modeled using traditional econometric methods, but one of the most promising and current approaches to analyzing nonlinearities in financial data is algorithms and models based on *deep learning*, **machine learning** and **artificial intelligence**."

At the end of the first chapter, the conclusion is logically drawn: "*The results of the study related to the application of the presented variety of the multifractal model are satisfactory. However, the application of such a complex model in practice automatically leads to limitations in the scope of intelligibility and logical tracking and achievement of the final goal.*"

Chapter Two: "MODELING AND FORECASTING VOLATILITY THROUGH THE USE OF MULTIFRACTAL ANALYSIS "

A comprehensive empirical and econometric analysis has been carried out, aimed at testing the main scientific hypothesis, namely the acceptance or rejection of fractal models, as sufficiently good measures of the dynamics and uncertainty manifested in the financial markets, compared with some of the most frequently cited and used leading models for describing and forecasting price trajectories and their returns. The author claims that all models subject to the study are loaded with data of different nature and time lengths of real exchange-traded assets.

The specific specification of the fractal model has been developed and presented in detail, namely *the binomial continuous version of Markov's switching multifractal model*. In addition to the mathematical construction of the model, a review of the literature sources devoted to the problems of application of the selected fractal model specification in the field of finance has been made. against which the performance of the fractal pattern will be compared. The control group of models consists of seven different specifications of the models from the family of autoregressive heteroskedasticity of conditional variation - ARCH, GARCH, EGARCH, GJR-GARCH, TARCH, APARCH and FIGARCH.

The author concludes that *"The results of the estimated parameters of the simulation of the models against the different sample sizes show that the MME works as expected and reproduces adequate parameter estimates regardless of the sample size. Of course, there is an improvement in the stability of the parameters as the sample size increases, and in all three values of m_0 , the samples with 10,000 observations reproduce very close values to the initially set values. **Therefore, the chosen algorithm for estimating the parameters of the model, namely MMP, works as expected and we could conclude that it is reliable enough for its application in the context of the study.**"*

A control group of 7 models was used: Generalized model of autoregressive heteroscedasticity of conditional variation (GARCH); Exponential generalized model of autoregressive heteroskedasticity of conditional variation (EGARCH); Generalized

model of the autoregressive heteroskedasticity of the conditional Glessen-Jagannathan-Runkle variation (GJR-GARCH); Asymmetric model of the autoregressive heteroscedasticity of conditional variation (TARCH); Asymmetrical Power Model of Conditional Variation Autoregressive Heteroskedasticity (APARCH); Partially Integrated Generalized Model of Autoregressive Heteroscedasticity of Conditional Variation (FIGARCH).

The conclusions arising from the analysis presented in Chapter 2 fully confirm the superiority of the selected multifractal model over the selected best and often cited in the scientific literature econometric models. The author argues that the fractal metrics presented in the chapter show that they can serve as a complementary tool for descriptive analysis and providing a more plausible and complete picture to characterize the state of financial assets.

In the third chapter “**MAIN RESULTS AND SCIENTIFIC-APPLIED ACHIEVEMENTS OF THE STUDY**”, a presentation of the main results is made. The conclusions arising from the analysis presented in this chapter fully confirm the superiority of the chosen multifractal model. The author accepts this as an important prerequisite for revealing the potential of fractal models and the possibilities for their application in analyzing the dynamics of financial markets.

The overall assessment of the dissertation is good. The exposition is logically arranged, and the author's thesis is clearly stated and argued.

The most commonly used mathematical models in finance in the last 60-70 years are presented, and the review of the scientific literature on the topic makes it possible to trace the development of models and presents the contribution of the leading authors in this process.

4. Evaluation of scientific and applied scientific contributions

Five contributing points are emphasized in the Abstract

- *Under the assumptions related to the analysis of financial markets and economic phenomena in an environment of uncertainty in terms of quality and reliability of the available data, including the impossibility of obtaining a structural understanding of the functional dependence of the*

interrelationships between economic agents, the author concludes that the scope of fundamental analysis is limited by definition and therefore the thesis is accepted that the reconstruction of the statistical characteristics of the price-generating process through the use of probabilistic processes is a more plausible and qualitative approach to analysis.

- It is proved that fractal stochastic processes explain to a much higher extent the statistical empirical characteristics of almost all financial assets analyzed in the study, compared with a leading control group of econometric models.
- It is proved that the selected multifractal model makes predictions of the structure of variation of part of the studied assets in the short term (from 5 to 40 days), which do not differ statistically from the actually realized values.
- It is concluded that the main fractal metrics originating from fractal analysis can serve as a complementary tool to traditional quantitative financial measures, with the help of which to draw more informed and truthful conclusions about the risk structure and dynamics of financial variables.
- The possibility of applying fractal analysis in areas of financial science, which would lead to improvement and optimization of processes related to asset valuation, risk management, allocation and construction of optimal investment portfolios, banking and other areas, is presented. In particular, opportunities for the implementation of fractal analysis in the field of valuation of company shares through the use of the discounted cash flow model and the pricing of financial options are presented.

I accept the outlined contribution points as actual and present the author as a well-informed and correct researcher who applies fractal analysis and tries to define applications beyond the possibilities and limitations offered by other models.

5. Evaluation of dissertation publications

The List of Scientific Publications includes:

1. Rangelov, P. 2024. "Markovski Switching Multifractal Model: Simulating the Risk Profile of the Bulgarian Financial Market". Proceedings of the Eighteenth International Scientific Conference of Young Scientists on "The Economy of Bulgaria and the European Union: Inflation, Fiscal Consolidation and Sustainable Development", p. 248-261
2. Nenkov, D., Hristozov, Y., Rangelov, P. 2023. Current Problems of Determining the Value of Shares on Capital Markets. On the Example of Developed Capital Markets and the Emerging Capital Market in Bulgaria. *Executive Committee of UNWE, Sofia*.
3. Rangelov, P. 2023. Analysis of the Bulgarian financial market through the application of fractal geometry. *"Economic and Social Alternatives"* (2023, No. 2).
4. Rangelov, P. 2022. Evaluation of real options under different dynamics of the underlying asset. *"Economic and Social Alternatives"* (2022, No. 3).
5. Rangelov, P. 2022. Application of simulation methods for assessment of enterprises operating in an environment of uncertainty. *"Economic and Social Alternatives"* (2022, No. 1).

All publications are related to the topic of the dissertation and present different parts of the general research. This gives me reason to conclude that the main highlights of the doctoral thesis have already been published and proposed for scientific discussion and discussion.

6. Evaluation of the Abstract

The abstract fully reflects the research done and meets the requirements.

7. Critical notes, recommendations and questions

Critical Notes:

There is a need for stylistic editing of some parts of the text and the elimination of spelling mistakes. The author writes in very long sentences and spelling mistakes make it difficult to perceive the meaning of individual texts. But for the most part, the author's thought is expressed clearly and precisely, even in some places the dry mathematics of the models is presented as a pleasant text to read. There is a clear logical sequence throughout the study.

I would recommend the Ph.D. student to continue his efforts to apply the achievements of mathematics in various areas of finance, including the evaluation of options.

8. Conclusion

I believe that the dissertation submitted for defense meets the requirements of the Academic Staff Development Act and proves the author's ability to formulate and research a topical scientific problem, as well as to derive significant theoretical and applied contributions for economic theory and practice. I, with full confidence, propose that Ph.D. student Petar Rangelov receive the educational and scientific degree of "Doctor".

10.04.2025
Sofia

Reviewer:

(Prof. Todor Nedev, Ph.D.)

