

РЕЦЕНЗИЯ

на

**на дисертационен труд,
представен за получаване на образователната и
научна степен „доктор“**

Автор на дисертационния труд: редовен докторант **Ивайло Владимиров Боюклиев**

Тема на дисертационния труд: Моделиране и изследване на валутни финансови пазари

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.5. Математика

Докторска програма: Математическо моделиране и приложение на математиката

Рецензент: проф. д-р Михаил Д. Тодоров, секция Диференциални уравнения и математическа физика, ИМИ – БАН, София, зап. РД-21-238/29.01.2024 г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“

Кратки биографични данни за дисертанта

Ивайло Боюклиев е роден през 1969 г. в София. През 1987 г. завършва средно образование. В периода 1989-1993 г. следва и се дипломира в УНСС. От 1994 г. и досега дисертантът развива активна банкова дейност: 1994-98 г. дилър в дирекция „Ликвидност и финансови пазари“ Българска пощенска банка; 1998-99 г. ст.дилър в същата дирекция на Париба Банк България; 1999-2000 г. началник на дирекция „Ликвидност и финансови пазари“ Сосиете Женерал Банк България; 2000-09 г. началник „Ликвидност и финансови пазари“ Банка Пиреос България АД; 2009-19 г. директор на дирекция „Ликвидност и финансови пазари“ Банка Пиреос България АД; от ноември 2019 г. и досега директор на дирекция „Пазари и ликвидност“ Общинска Банка АД. През 2020 г. е зачислен в редовна докторантура във ФМИ на ПУ „Паисий Хилендарски“, от която е отчислен с право на защита през 2023 г.

Представената дисертация е написана на български език и има обем от 160 стр., формат В5+1/2, в.т.ч. увод, 4 глави и заключение, 68 фигури, 46 таблици и библиография от 135 заглавия почти всички на английски език.

1. Актуалност на дисертационния труд

В настоящия дисертационен труд се прилагат класически методи за статистическо моделиране и анализ на данни в приложната област на валутните и финансови пазари, които се допълват с най-съвременни интелигентни методи с машинно обучение (МО). Наред с това съществуват редица актуални задачи, които изискват по-нататъшното развитие на моделирането и изследването на временни редове, свързани с необходимостта да разполагаме със стойности на предикторите в бъдещ времеви период, както и идентифицирането на факторите, които влияят на процеса на прогнозиране. Съвместяването на подобен вид дейности изисква еднакво добро познаване на реалните процеси от една страна и съответен математически инструментариум за аналитична, изчислителна и софтуерна реализация на съответните модели и постановки. Тематиката е с ясен фундамент и с необходимост от конкретни приложения, което е достатъчна обосновка и мотивация за провеждане на изследванията. Всичко това предполага нужната математическа квалификация и практически знания, които дисертантът несъмнено притежава и умело прилага.

2. Анализ на състоянието на проблема

Основа на изследванията са реално съществуващи исторически данни от финансовите пазари и системи, като за прогнозирането на бъдещата им динамика и инвестиционни стратегии да се използват нови подходи за моделиране на временни редове, базирани на стохастични и мощни интелигентни методи. Целта е изследване, анализ и прогнозиране на валутни финансови пазари. Това предполага разработка на обща рамка за моделиране на едномерни и многомерни временни редове с интелигентни методи, базирани на машинно обучение, приложение на ансамблови методи, хибриден подход с ARIMA корекция за моделиране на колебанията в банковите депозити.

3. Методика на изследванията

Изследването на валутните финансови пазари се свежда до обработка, анализ и моделиране на временни редове. Задачата се решава с регресионен тип методи. Целта на регресионния тип модел е както да опише и предскаже наблюдаваните данни, така и да даде възможност за получаване на прогнози за следващите във времето моменти. За източник най-често се използват база-данните на централните банки или статистически институти в изследваните държави, а за статистическата им обработка се прибегва до помощта на определени специализирани и автоматизирани софтуерни продукти и статистически софтуер: Метод на авторегресионна интегрирана с подвижна средна (Box Jenkins ARIMA), Ансамблов метод на класификационните и регресионни дървета с багинг (CART Ensembles and Bagging), Ансамблов метод с адаптивен бустинг (Adaptively resampling and combine – Arcing), Метод на случайните гори (Random Forests, RF), Хибридизация на модели. Всичко това налага гъвкав подход при решаване на съответните задачи. Според мен дисертантът е приложил всичко това на високо професионално ниво. Тук става дума, както за методиките и софтуера, така и за качеството и значимостта на получените резултати.

4. Характеристика и оценка на получените резултати

В дисертационния труд обект на разглеждане и решаване са следните пет задачи:

- Разработка на обща рамка за моделиране на едномерни и многомерни временни редове с интелигентни методи, базирани на машинно обучение;
- Изследване на временни редове от сферата на валутните финансови пазари и развитие на методи за избор на предиктори с цел кратковременни бъдещи прогнози;
- Приложение на ансамблови методи за моделиране и прогнозиране на едномерни временни редове за депозитите в чуждестранна валута на българските граждани;
- Приложение на ансамблови методи за моделиране на многомерни временни редове за валутни курсове и макроикономически показатели;
- Развитие на хибриден подход с ARIMA корекция за моделиране на колебанията в банковите депозити на граждани.

В Глава 1 са представени основните елементи и етапи на статистическото моделиране, дефинирана е приложната област, направен е подробен литературен обзор по темата на дисертационния труд, обяснени са използваните методи, посочен е помощният софтуер и са формулирани целите и задачите на изследванията.

В Глава 2 е описана разработената обща рамка на изследванията, развит е нов подход за моделиране и прогнозиране на едномерни времеви редове от финансовия сектор с официални банкови данни от Българската национална банка за краткосрочните депозити на български граждани в USD валута. С помощта на кандидатите за предиктори се построяват модели с ансамбловия метод с машинно обучение CART Ensembles and Bagging (EBag). Построяват се и се оценяват EBag модели в два случая – с предварителна трансформация на данните за подобряване на разпределението към нормалното и без трансформация на данните. За моделирането с CART Ensembles and Bagging са построени и анализирани множество модели чрез калибриране на хиперпараметрите за обучение на моделите.

В Глава 3 е развит нов подход за моделиране и краткосрочно прогнозиране на динамиката на валутния курс евро/американски долар (EUR/USD) като функция на 8 основни макроикономически показатели. Моделирането се провежда по общата рамка на изследванията. В първия етап са анализирани компонентите на многомерните временни редове с едномерен ARIMA метод, статистически тестове и други анализи. На втори етап са приложени и сравнени резултатите от три различни ансамблови метода с МО: CART-Ensembles and bagging (EBag), Arcing и Random Forests (RF). Прилагат се трите ансамблови метода EBag, Arcing и RF за моделиране и прогнозиране на валутния курс с един месец напред. С всеки от ансамбловите методи са построени и анализирани множество модели. От тях са представени по четири избрани модела, с използване на четири групи предиктори. Получените модели могат да бъдат класифицирани като много точни.

В Глава 4 са развити и изследвани хибридни методи. Изследван е едномерен динамичен ред с месечни данни за депозити на български лица в щатски долари за период от 227 месеца. Моделираните данни са разделени на две части, от които по-големите части с наблюдения са използвани за изграждане на моделите, а последните три стойности са оставени за тест и проверка на точността на моделите да предсказват „нови данни“. Най-напред са построени хибридни Arcing-ARIMA модели с трансформирани данни поотделно за две извадки от данни – извадка с всички налични данни (A) и редуцирана извадка (B), включваща 70% от началните данни. След трансформиране на данните са изградени параметрични ARIMA модели за сравнение. За да се елиминира серийната корелация, грешките на тези модели са моделирани допълнително с едномерен ARIMA модел и са конструирани хибридни Arcing-ARIMA модели. Разработени са Arcing-ARIMA хибридни модели с нетрансформирани данни. Накрая за сравнение са построени и модели с Random Forests с нетрансформирани данни.

Основните приноси са обобщени в четири точки:

1. Разработена и приложена е обща рамка на изследванията за статистическо моделиране на едномерни и многомерни временни редове в областта на валутните и финансови пазари. Рамката включва подход за идентифициране на предиктори и приложение на слабоизучени интелигентни методи с машинно обучение за предсказване и краткосрочно прогнозиране.

2. Построени и анализирани са ефективни предсказващи модели на едномерни временни редове за депозитите в чуждестранна валута на българските граждани. За целта за първи път в тази област е приложен и изследван ансамбловият метод CART Ensembles and Bagging (EBag).

3. Построени и анализирани са високоефективни предсказващи модели на многомерни временни редове за валутния курс EUR/USD в зависимост от макроикономически фактори с три метода - EBag, Arcing и Random Forests

4. Развит и приложен е подход за хибридно Arcing-ARIMA моделиране на данни за депозитите на български граждани с трансформирани и нетрансформирани данни. Демонстрирано е, че тези резултати превъзхождат предсказващите възможности на стандартните ARIMA и Random Forests методи.

5. Преценка на авторската справка

Авторската справка отразява приносите и акцентите в дисертацията като цяло. Приносите имат както научен, така и научно-приложен характер в банковото дело.

Оценявам приносите като колективни, оценявам ролята на научните ръководители, но водещата роля на дисертанта е несъмнена. Всички приноси могат да бъдат причислени към направлението „Обогатяване на съществуващи знания с цел приложение в практиката“. При решаване на подобни задачи връзката между теорията и практиката е двустранна – взаимно допълване и обогатяване. Несъмнено дисертантът притежава квалификация и за двете.

6. Критични бележки по трудовете и литературна осведоменост на дисертанта

Дисертацията прави отлично впечатление. Написана е на правилен български език, изложението е стегнато и логически последователно. Нямам критични бележки по същество. Налице е и задълбочено познаване на литературата по разглежданите в дисертацията въпроси. Литературната осведоменост на дисертанта се основава на най-нови източници. Налице е също отлична симбиоза и допълване на практически умения и теоретична подготовка.

7. Публикации по дисертацията

Резултатите са докладвани многократно на конференции и семинари у нас и в чужбина. Публикувани са в *AIP Conference Proceedings, Cybernetics & Information Technologies, Proceedings of ICoMS, Sciences of Europe*. Всички работи са в съавторство с научните ръководители. *AIP CP* има *SJR, Cybernetics & Information Technologies* има $IF = 1.2$ и принадлежи на *Q3, Proceedings of ICoMS* е видимо в *SCOPUS, Sciences of Europe* – в *Index Copernicus*.

Таблица: Справка за трудовете

Статии – 4 бр.	<i>В чужбина - 4 бр. AIP Conference Proceedings, Cybernetics & Information Technologies, Proceedings of ICoM, Sciences of Europe</i>
Доклади на семинари и международни научни прояви – 5 бр.	<i>AMiTaNS'21, ICoM'23, 3 семинара на кат.Мат. Анализ, ПУ.</i>

Дисертантът има участие в 2 научно-изследователски проекта – един, финансиран от ПУ, а вторият – финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при МОН. От представената справка за изпълнение на минималните изисквания за придобиване на ОНС „доктор“ се вижда, че той ги изпълнява, а по показател Г ги надхвърля трикратно.

От казаното дотук и след справка с НАЦИД и Допълнителните изисквания на ПУ е видно, че той покрива изискванията за заемане на академичната длъжност „доцент“ по природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5. Математика, чл. 26 от ЗРАСРБ и няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

8. Приложение на резултатите в практиката

Както вече отбелязах налице е отлична симбиоза и допълване на практически умения и теоретична подготовка. Получените в дисертацията резултати имат определено приносен характер към банковото дело. Създадена е обща рамка на изследванията за статистическо моделиране на едномерни и многомерни временни редове в областта на валутните и финансови пазари с машинно обучение за предсказване и краткосрочно прогнозиране.

Успешната реализация и надграждане предполагат решаването на нови интересни задачи. Напълно подкрепям и насърчавам намеренията на дисертанта да подготви монография.

9. Преценка на автореферата

Авторефератът отразява правилно и пълно съдържанието на дисертационния труд.

10. Лични впечатления

Не познавам дисертанта и нямам преки впечатления от него.

Заключение

Отчитайки значимостта на проведените изследвания и след справка с ППЗРАСРБ и специфичните изисквания на ПУ, мога да твърдя, че представената дисертация напълно отговаря на препоръчителните наукометрични критерии за присъждане на научни степени. Въз основа на гореизложеното давам **положителна оценка** и препоръчам на членовете на уважаемото НЖ да гласуват даване на ОНС „доктор” на **Ивайло Владимиров Боюклиев**, област на висше образование: *4. Природни науки, математика и информатика*; професионално направление: *4.5. Математика*; докторска програма: *Математическо моделиране и приложение на математиката*.

СЪСТАВИЛ:

Проф. д-р Михаил Тодоров
Секция „Диференциални уравнения и
математическа физика”,
ИМИ – БАН, София

19 март 2024 г.
София