

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в професионалното направление 4.6. Информатика и компютърни науки, научна специалност „Информатика“

Автор на дисертационния труд: маг. ВЕСЕЛИН ЛАЗАРОВ ШАХПАЗОВ

Тема на дисертационния труд: Изследване на модели за прогнозиране на капиталовите пазари с невронни мрежи

Рецензент: проф. дтн инж. Чавдар Иванов Дамянов

Получени материали: Дисертация, автореферат, папка с документи и копия на публикациите по дисертацията.

Настоящата рецензия е изготвена в съответствие с решението на научното жури, назначено със заповед №:262/31.10.2019 г. на Директора на ИИКТ, БАН-София, от заседанието му на 04.11.2019 г.

Дисертационният труд е разработен основно в Института по информационни и комуникационни технологии към Българската академия на науките (ИИКТ - БАН). Той е оформен на 148 страници (формат А4) стандартен компютърно набран текст, съдържащ 12 таблици, 21 фигури, Увод – 5 стр., Осем глави (Глава 1. *Модели за прогнозиране на капиталови пазари* – 24 стр.; Глава 2 – *Анализ на методите, основани на невронни мрежи за прогнозиране на капиталовите пазари* – 49 стр.; Глава 3 – *Резултати от изследването на модели за прогнозиране на капиталови пазари с невронни мрежи и разработване на хибриден модел от невронни мрежи и системи, основани на правила за прогнозиране на капиталовия пазар* – 45 стр.; Глава 4 – *Насоки за бъдещи изследвания* – 1 стр. Глава 5 - *Заключение* – резюме на постигнатите резултати - 6 стр.). Дисертантът е посочил като отделни и самостоятелни глави 6, 7 и 8: публикациите по темата на дисертацията, участието в проекти и библиография, което на практика не се прави.

Представените материали и документи отговарят на изискванията и са в съответствие със Закона за висше образование (ЗВО), Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на Закона за развитието на академичния състав в Република България (ППЗРАСРБ) и Правилника за условията и редът за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в ИИКТ, БАН – София.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Дисертационният труд е в актуална и значима научно-приложна област. Несъмнено изследването на модели за прогнозиране на капиталовите пазари има пряк икономически смисъл и ефективното им приложение е актуална тема, която напоследък става особено актуална и у нас, в България, като част от формирането на наша устойчива пазарна среда в рамките на Европейската общност.

Силното развитие на компютърните науки и информационните технологии направи възможно прилагането на нови методи за анализ и синтез на сложни алгоритми за управление на обекти, процеси и среди, каквито доскоро бяха недостъпни с

конвенционалните средства. Към последните би трябвало да се отнесе и търсенето на нови формални методики за моделиране и прогнозиране на капиталовите пазари с елементи на изкуствения интелект. Голяма част от борсите, банките и хедж-фондовете разполагат със системи, които прогнозират бъдещите движения на пазара посредством вероятностно-статистически и регресионни модели, но все още изкуственият интелект не е чак толкова доминантна сила на пазарите. Скоро обаче това ще се промени.

В момента се наблюдава как капиталовият пазар постепенно разбира, че изкуственият интелект (ИИ) има огромен бизнес потенциал. Той ще позволява бърза реакция за прогнозиране на данни, ще повиши качеството и ще даде по-добро тълкуване на работните процеси, данните и клиентите. Както всяка една друга индустрия, финансовите пазари са ориентирани към печалба и непрекъснато търсят бизнес стратегии за получаване на такава. Осъзнавайки, че има много потенциал в прилагането на ИИ, те се обръщат към него. Очаква се изкуственият интелект да намали рисковете от кибератаки и да доведе до по-ефективното функциониране на финансовия сектор чрез премахване на човешката намеса. Твърди се, че ИИ със сигурност ще промени добре познатата ни финансова индустрия.

Причината, поради която изкуственият интелект е напълно подходящ за финансовия пазар, може да се открие в огромното количество данни, които се обработват и съхраняват в този сектор ежедневно. В цялата тази информация има не само данни за приложение, но и такива за контрагентите. Освен това са записани действията на потребителите, например, това, което се счита за редовна ситуация, или това, което е изключение и е изисквало намеса. Също така има данни за поведението на клиентите през годините. И всичко това е, от което се нуждае ИИ, тъй като за машинното обучение са необходими много данни, за да може да функционира ефективно.

Актуалността и значимостта на един дисертационен труд зависят от поставените цели и задачи. Доколкото целта на дисертационния труд обогатява съвременните познания в конкретна научна област, което се постига чрез адекватно поставените и изпълнени задачи, то и актуалността би следвало да е логично следствие от това.

От гледна точка на по-горе казаното определено считам, че представеният труд на тема „Изследване на модели за прогнозиране на капиталовите пазари с невронни мрежи“ е не само актуален, но бих казал, че разкрива и нови хоризонти за изследване в това изключително перспективно направление на прогнозиране на финансовите пазари. В този смисъл поставената цел на дисертационния труд, дефинирана и в самото заглавието „Изследване на модели за прогнозиране на капиталов пазар с невронни мрежи“, намирам за определено актуална и важна за анализа на капиталовия пазар. Резултатите от изследванията, представени в него биха имали определен принос както в научен, така и в научно-приложен аспект.

В конкретния случай, определена новост представлява предложената подходяща структура на изкуствена невронна мрежа за постигането на по-добро качество на прогнозирането на ниско ликвиден финансов пазар, какъвто е българският капиталов пазар, с подходяща селекция на входящите параметри за избрания модел за прогнозиране, така че да бъде той в състояние да направи точни предвиждания.

Приемам, че постановката, целта и приетите за изпълнение задачи в представената дисертация обуславят нейната актуалност.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

При разработването на дисертационния труд авторът е ползвал 139 литературни и електронни източници. Използваните източници са предимно на латиница (само 3 са на кирилица – [113÷115]). Повечето от тях са публикувани след 2000 г. и отразяват съвременното състояние на третираната в дисертацията проблематика. В основната си

част те са пряко свързани с темата на дисертацията и илюстрират добрата осведоменост, задълбоченото познаване на проблема и компетентност на докторанта. В библиографията са включени и публикации по дисертационния труд.

Считам, че Веселин Шахпазов познава обстойно проблема, което е свързано и се дължи и на преките му професионални задължения. Дисертантът творчески е оценил и интерпретирал литературния и справочен материал.

3. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.

Целта на дисертационната работа на маг. Веселин Шахпазов е да се предложат работещи ефективни модели за прогнозиране на капиталовия пазар с изкуствени невронни мрежи.

За постигане на целта са формулирани шест задачи:

- Изследване формирането, развитието и способността на невронните мрежи за прогнозиране на капиталовия пазар.
- Анализ на методите за прогнозиране на капиталовите пазари с невронни мрежи.
- Изследване на българския фондов пазар, като обект на прогнозиране.
- Формиране на хибриден модел за прогнозиране на капиталов пазар.
- Провеждане на експерименти с хибридният модел в реалните условия на българския капиталов пазар.
- Обобщаване на постигнатите резултати и бъдещо развитие на модела.

Дисертантът методически правилно е избрал най-напред да систематизира необходимите за изпълнение задачи, като тези задачи последователно са разработвани в съответните глави на дисертацията.

Обект на изследване в дисертационната работа е прогнозирането на борсовите индекси BG40 и Sofix на Българската фондова борса (БФБ).

Запознаването със съдържанието на дисертационния труд, създадените методики и модели, проведените анализи и симулационни изследвания налагат извода, че избраните методики на изследване са в пряко съответствие с поставената цел и задачи на дисертационния труд. Симулационните изследвания са извършени в средата на програмния пакет *STATISTICA 7 Neural Networks*.

Необходимо е да се отбележи, че получените резултати потвърждават валидността на избраните методики на изследване.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Докторантът е показал задълбочено познаване на дисертационната проблематика и е демонстрирал натрупания си опит и знания по създаването на модели и проекти, притежаващи вътрешна сложност и многоаспектност на предлаганите решения.

Не забелязах в дисертационния труд на Веселин Шахпазов постановки и методологии, които да поставят под съмнение крайните изводи и заключения. Приемам, че приносните резултати, за които претендира са негово лично дело.

Част от своите резултати дисертантът е представил на научни форуми или е публикувал в специализирани издания, което също е гаранция за тяхната достоверност. Веселин Шахпазов е участвал в 2 научноизследователски проекта, но в материалите липсва официална справка от съответните организации за участието му в представените научни проекти.

Цялостният анализ на дисертационния труд на Веселин Шахпазов ми дава основание да преценя, че достоверността на приносите на дисертационния труд е несъмнена и определено са негово лично дело.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Дисертацията на маг. Веселин Шахпазов е базирана както на известни стандарти, структури и методологии, така и на обосновано модифицирани и доразвити модели, методи и реализацията ги софтуер, довели до създаване на методология за изследване възможностите за прогнозиране на капиталовите пазари с невронни мрежи. В съответствие с изискванията на ЗРАСРБ, кандидатът трябва да притежава задълбочени теоретични знания по съответната специалност и способности за самостоятелни научни изследвания. Считаю, че представената дисертация и публикации изпълняват изискванията на Закона.

Приемам за основателни претенциите за приноси в редактирания им от Веселин Шахпазов вид, като считаю, че в този си вид те съответстват на получените от него резултати. Едно прецизиране на приносите би довело до тяхното обобщение по отношение на създадените модели и методики. В представения вид те представляват разширено резюме на постигнатите резултати от проведените изследвания.

В резюмиран вид, намирам следните *научно-приложни приноси*:

- Анализирано е формирането, развитието и способността на невронните мрежи за прогнозиране на капиталовия пазар;
- Предложени са и експериментално тествани гама от невронно мрежови модели за прогнозиране на основните борсови индекси на българския фондов пазар;
- Предложен е хибриден модел от невронни мрежи и системи, основани на правила за прогнозиране на слабо развит и ниско ликвиден капиталов пазар, какъвто е този в България.

Докторантът е работил продължително време по проблематиката на дисертацията си, провел е задълбочени изследвания, получил е, представил е и е анализирал много резултати. Направил е съответните изводи, което ми дава основание да преценя, че представеният труд има необходимите научно-приложни приноси.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Считаю, че степента на личното участие на дисертанта в приносите е много висока, естествено отчитайки подкрепата и съдействието на научния му ръководител – акад. Иван Попчев. Получените научно-приложни приноси в дисертационния труд, спадащи към създаване на нови модели и методики за прогнозиране на капиталови пазари, основани на невронни мрежи са сериозно творческо постижение.

Представената дисертация, автореферат и публикации дават достатъчни основания да се счита, че работата по дисертационния труд и получените резултати са лично дело на Веселин Шахпазов.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Резултатите от дисертационния труд на Веселин Шахпазов са отразени в шест публикации, от които една е статия, три са изнесени като доклади на международни симпозиуми в чужбина -Холандия, Люксембург, Полша (2013 и 2014 год.) и две на конференции с международно участие в България (Баня и Пловдив). Статията е на български език и е самостоятелна. Другите публикации са на английски език и са в съавторство, като В. Шахпазов е първи автор.

Следва да се отбележи, че публикацията в Полша (*Shahpazov V., V. Velez, L. Doukovska - Design and Application of Artificial Neural Networks for Predicting the Values of Indexes on the Bulgarian Stock Market, Proc. of the Signal Processing Symposium – SPS'13, Jachranka Village, Poland, CD, ISBN 978-1-4673-6319-8-13- 2013 IEEE, 2013*) има 6 цитирания в чужбина.

В обобщен вид наукометричните показатели на Веселин Шахпазов удовлетворяват и надвишават минимални изисквания на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му, както и специфичните изисквания на ИИКТ-БАН.

Приемам, че публикациите по дисертацията отразяват основни части на разработката и че резултатите от нея са познати на научната общност, работеща в областта на специалността.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Дисертацията има както теоретично експериментален, така и приложно внедрителски характер с конкретна насоченост към създаването на модели на невронни мрежи, използвани за прогнозиране бъдещото развитие на основните показатели на базата на които се съставя класирането на емисиите от състава на индекса Sofix на БФБ.

В този смисъл предлаганите методики и получените резултати имат реалния шанс да бъдат използвани във финтех и бизнес практиката, както и за обучението на съответния персонал, което ги прави полезни и значими за научно-приложната и социалната практика.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

Представеният проект за автореферат на дисертационния труд и самият дисертационен труд на Веселин Шахпазов ми дават основание да заключа, че авторефератът съответства на дисертационния труд и отразява неговите основни положения и приноси.

Авторефератът е написан на ясен и стилово издържан език, съгласно изискванията и като съдържание (35 стр.) отразява точно и коректно резултатите и постиженията в дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Личните ми впечатления за Веселин Шахпазов се базират най-вече от неговата научна продукция. Като външен рецензент нямам преки впечатления от работата му и неговата изследователска дейност, но от представената дисертация, получени резултати и постижения личи, че Веселин Шахпазов е един добре подготвен и активно работещ изследовател, поради което личните ми впечатления за него са изцяло положителни.

Нямам критични бележки от съществен характер, свързани с груби неточности, некоректни изводи. Ще отбележа само следното:

- Съгласно ППЗРАСРБ Чл. 27. (1): Дисертационният труд трябва да съдържа: заглавна страница, съдържание, увод, изложение, заключение - резюме на получените резултати с декларация за оригиналност, което безусловно е спазено от докторанта. Но има и неписани правила, касаещи структурирането на съдържанието, а те са, че след увода, където се дискутира актуалността на дефинираната дисертационна тема, в първата глава се прави преглед на съвременното състояние и на основата на критичен анализ се формират целта и необходимите задачи за нейното постигане. В случая е налице нестандартен подход, като целта и задачите са афиширани още в увода, а първата глава е посветена основно на обзор на известните методологии, имащи отношение към прогнозирането на капиталовите пазари.
- Проявен е прекален афинитет към подробни описания на известни постановки, придружени от тълкуване на отделни техни детайли, което е нетипично за дисертационен труд (т. 1.3, т. 2.1 ÷ т. 2.6).
- В дисертации с подобна тематична насоченост е утвърдена практика ползването на графични интерпретации с блокови схеми, диаграми и други илюстрации на

текста и симулационните експерименти. В това отношение работата на докторанта е информативно бедна.

- Би било добре, ако бяха коментирани какви процедури се използват за оценяване степента на риска за вземането на решения. Във финансовия сектор съществува актуална дискусия по интерпретирането на резултатите, получени с помощта на ИИ, тъй като повечето методи на изкуствения интелект са като черна кутия. Такива са и невронните мрежи. Те дават крайни резултати, но не обясняват защо и как са получили този отговор. Това например, в банковите среди се счита за изключително опасно. В този сектор е просто недопустимо да се позволява на работи да взимат определени решения, без да дават адекватно и правдоподобно обяснение за поведението си. В този смисъл разработчиците трябва да бъдат особено внимателни при прилагането на правилната технология за определен проблем, особено при силно волативен пазар.
- Работоспособността и достоверността на разработените модели и методики се доказва на базата на работа с реални данни в реални (полеви) условия. Особен интерес представлява предложението хибриден модел от невронни мрежи и системи, основани на правила за прогнозиране на капиталовия пазар, но той е предложен в идейна фаза, без проверка, как симулационните изследвания биха показали по-добра точност на оценките при сравнение с реалните данни.

Като общи бележки бих отбелязал някои такива от терминологично естество; липсата на списък на използваните в дисертацията означения и съкращения; неотстранени печатни и правописни грешки и др.

Посочените по-горе критични бележки не намаляват положителната ми оценка за дисертационния труд. Те имат препоръчителен характер и не влияят на доброто общо впечатление, което продукцията на кандидата създава.

Предвид актуалността на дисертационната проблематика препоръчвам на маг. Веселин Шахпазов да направи публикации в реномирани международни списания, което би осигурило по-добра видимост на получените резултати, а съответният индекс на цитирането им ще е международна атестация за работата му.

Заклучение

Считам, че дисертационният труд отговаря на критериите за придобиване на научната и образователна степен „доктор“, залегнали в Закона за развитие на академичния състав на Р България и Правилника за условията и редът за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в ИИКТ - БАН. От изложеното до тук оставам с убеждението, че представената разработка е актуална и със своята полезност и приложимост на резултатите е довела до успешното решаване на поставените в съответствие с целта на дисертацията задачи. Разработените модели са оригинални решения и потвърждават готовността на докторанта за самостоятелна научно-изследователска дейност.

Давам положителна оценка на дисертационния труд и ще гласувам на маг. ВЕСЕЛИН ЛАЗАРОВ ШАХПАЗОВ да се даде образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки, научна специалност „Информатика“.

30.11.2019 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

**NOT FOR
PUBLIC RELEASE**

(проф. Ч. Дамянов)