РЕЦЕНЗИЯ

За нуждите на публична защита на дисертационен труд

Изготвена от: проф. д.ик.н. Антон Герунов, катедра „Икономика и управление по отрасли“, Стопански факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“

На дисертация на тема: Невронномрежови модели за икономическо прогнозиране

Дисертант: Илиян Николаев Ненов

1. Обща информация за кандидата

Докторант Илиян Ненов завършва Факултета по математика и информатика (ФМИ) към Софийския университет „Св. Климент Охридски“ през 2005 г. с бакалавърска степен по Информатика. Впоследствие той продължава образованието си в същия факултет и през 2012 г. завършва магистърска програма по Разпределени системи и мобилни технологии с отличен успех. От 2001 г. той работи в големи многонационални компании в областта на информационните технологии (SAP, Dell, Exadel), като има натрупан близо четвърт век практически и управленски опит. Профилът на кандидата и богатият му трудов опит представляват отлично допълнение към теоретичните му познания и представляват солиден фундамент, върху който той надгражда с представения дисертационен труд. Познавам дисертантът от поредица доклади на катедрените научни семинари и имам отлични впечатления, макар да не съм имал възможност да работя пряко с него.

2. Характеристика на дисертационния труд

Представената дисертация се състои от 118 стр. основен текст и списък с информационни източници (библиография). Структурата на дисертационният труд е логична, като резултатите са разделени в четири глави, които последователно изпълняват поставените цели и задачи. **Уводът** съдържа основните необходими реквизити – актуалност на темата, цел и задачи, предмет и обект на изследването. Добро впечатление прави стегнатият формат на изложението, като стилът е академичен и уместен.

Първа глава „Обзор на методите за прогнозиране на икономически данни“ е по същество обзорна. Тя очертават теоретичния фундамент, на който стъпва последващото изследване. Дисертантът прави подробен и добросъвестен преглед на различните иконометрични и статистически методи и подходи за прогнозиране, като изчерпателно и последователно разглежда обучението с и без учител (второто е наречено тук самообучаващи се модели), дълбочинното обучение, базирано на невронни мрежи, както и различните видове обучения с подкрепление. Тази класификация е изключително полезна от аналитична гледна точка, макар да не е безспорна спрямо всеки един метод (пр. дали наистина Монте Карло методите, стр. 52, са пример за обучение с подкрепление).

Втора глава „Невронномрежов модел за прогнозиране на цените на акции“ представя общата структура на метода на пропускливия дипол, като го дефинира и математически (уравнения 2.4 до 2.18). Моделът е калибриран с помощта на дневни данни за търговията на акции в индекса NASDAQ и са апробирани неговите прогностични възможности. Прогностичната точност на невронния модел е сравнена с тази на прогноза базирана на средната от последната 5 дни, на прогнозата базирана на последната дневна цена, както и на регресионен модел на база на най-ниската и най-високата цена от предходния ден. При прогнозирането на най-висока цена на специфична акция (Таблица 2.1) невронният модел се справя най-добре, а при прогнозирането на най-висока цена на същата (Таблица 2.2) невронният модел е изпреварен от други 2 конкурентни такива. При разширяване на извадката до 25-те най-търгувани компании в рамките на индекса, невронния модел има най-слабо представяне спрямо останалите три прогностични модела (вж. Таблици 2.3 и 2.4). Видимо е от резултатите, че предложеният невронен модел не показва значителни прогностични предимства в разгледаната задача. Нещо повече, прогностичните модели, с които го сравнява дисертантът са в известен смисъл необичайни. Уравнение 2.26 отчасти наподобява уравнението на случайното блуждаене, но тук бих препоръчал да се добави и константа (коефициент β_0). Като цяло е удачно да се види как се съизмерва прогностичната точност на невронния модел спрямо популярна алтернатива (т. нар. бенчмарк) като прогностичен модел от типа ARIMA с достатъчно добре разработена лагова структура. Известно е, че не само авторегресионния компонент (залегнал в дисертацията), но и компонента на движещите се средни на прогностичните грешки води до ръст на прогностичната точност.

Трета глава „Макроикономическо прогнозиране с недостатъчни данни“ е особено интересна от научна гледна точка. Тя разглежда една доста изследвана, но все още нерешена задача на икономическото прогнозиране: как да се постигне висока прогностична точност при наличие на недостатъчно данни за прогнозирания феномен или при наличие на смяна на режима при генериращия данните процес. Дисертантът избира точно такъв случай като изследва

динамиката на БВП на Черна гора и прилага невронния модел върху времеви ред от едва 10 наблюдения. Разгледаните променливи потвърждават заявката за оскъдност на данните – дисертантът разглежда едва три променливи в лагова структура – БВП, инвестиции и потребителски разходи. От гледна точка на спецификацията на структурните уравнения това е необичайно – включват се лагове на някои от компонентите на БВП, но не всички (очевидно липсват нетния износ и правителствените разходи). Резултатите от линейния модел са сравнени със структурен многомерен регресионен модел (Таблица 3.1), като е показано, че от 36 прогнози невронният модел има по-добро представяне спрямо линейния такъв в 27 случая. В 7 случая линейният модел или по-висока прогностична точност, а в останалите 2 няма статистически значима разлика в точността на получените прогнози. Не съм сигурен каква е ползата от включване на коментара за частично изследване на други макроикономически показатели на някои Европейски държави в тази глава (стр. 91-92 и фиг. 3.4). Това би имало смисъл ако разглеждаме едни и същи данни за един и същи период и отчетем дали при относително по-развити икономики с по-малка динамика наблюдаваме сходни тенденции както в случая на Черна гора. Като допълнителен коментар бих препоръчал по-прецизно формулиране на структурните макроикономически модели спрямо основните моменти на макроикономическата теория.

Четвърта глава „Прогнозиране на макроикономически показатели на страните от Европейски съюз в условия на икономическа нестабилност“ цели да изправи невронният модел срещу потенциално един от най-точните прогностични модели за европейските страни – моделът на Европейската комисия (ГД „Икономически и финансови въпроси“). Известно е, че част от допълнителната прогностична точност на модела на ЕК спрямо стандартните такива се дължи на внедряване на качествена информация, която води до прецизиране на крайната прогноза. Тук авторът прилага по същество същата структура на невронен модел като тази за Черна гора и сравнява получените резултати с официалните прогнози на Комисията (вж. Таблица 4.1 и 4.2). За 2019 при износа невронният модел има по-висока точност в 6 случая спрямо 21 на ЕК, а при вноса – 5 спрямо 22. В кризисната 2020 г. невронният модел има относително по-добро представяне, като неговата прогностична точност е по-висока при 12 от 27 държави за износ и при 13 от 27 за внос. Моделът на ЕК има по-висока точност при мнозинството от случаите и за тази година. През следващите две години (2021 и 2022) прогнозата на ЕК е значително по-точна от тази на невронния модел съответно в 25/27 и 21/27 държави за износ и 26/27 и 20/27 за внос. Вероятно тези резултати се дължат в немалка степен на избухналата война в Украйна и съответната реакция на макроикономическите величини. Получените тук резултати са до голяма степен очаквани – моделът на ЕК е базиран на многократно повече информация спрямо невронния модел и е изготвен със значително повече ресурси. Интересното сравнение тук би било дали невронният модел все пак е по-добър от съизмерим клас модели (пр. модели

на векторна авторегресия) и може да донесе ползи в такъв тип прогностични задачи.

3. Оценка на получените резултати и научните и приложни приноси

Несъмнено представеният дисертационен труд е оригинална и интересна научна разработка с всички необходими реквизити на докторска дисертация. **Приносните моменти в дисертационния труд са достатъчни като количество и качество и напълно отговарят на изискванията за придобиване на ОНС „доктор“**. Приемам така формулираните приноси, но те следва да бъдат редактирани и прецизирани допълнително.

По-конкретно, принос №1 претендира, че са показани предимствата на диполния модел пред линейни авторегресионни подходи. Това е вярно в ограничен набор от случаи и то спрямо по-опростени спецификации на авторегресионните подходи. Принос №3 също следва да се прецизира – данните не водят еднозначно до извода, че е показана „по-добрата прогнозна способност на диполния модел в сравнение с линейните авторегресионни подходи при прогнозиране макроикономическите показатели на страните от ЕС-27 в условия на краткосрочна нестабилност“ – напротив, дови при тези условия прогнозите на ЕК са по-точни в мнозинството от случаите.

Приемам изцяло претенциите за принос №2, №4 и №5 и отчитам, че дори сами по себе си, те са повече от достатъчни, за да отговорят на изискванията на ЗРАСРБ.

4. Критични бележки и препоръки

Конкретни критични бележки и препоръки са отправени в т. 2, а много от тях са коментирани с докторанта в работен порядък по време на представянето на постигнатите научни резултати в рамките на катедра „Икономика и управление по отрасли“. Все пак си струва да се отбележат и някои съображения от по-общ характер:

- Дисертацията се фокусира върху прогнозиране на основни макроикономически величини. Тук би било полезно те да се поставят в своя теоретичен контекст, като се изведе теоретично обусловеното влияние на конкретни агрегати върху целевите величини. Така например е ясно защо предходна стойност на инвестициите (бруто капиталообразуване) следва да има прогностична сила за настоящ БВП, но е дискусионно доколко това е винаги вярно за потребителските разходи.

- Удачно е невронните модели да бъдат сравнявани с подходящи референтни такива от техния клас. Така например при анализ на динамиката на цените на акции (Глава 2) за зададените конкурентни

(бенчмарк) модели е известно, че имат ниска прогностична точност и не се използват широко. Тук дисертантът би могъл да даде данни за представянето на различни варианти на движещи се средни, ARIMA или GARCH модели. При прогнозирането на макроикономически величини (Глава 3 и 4) често се използват векторни авторегресионни модели (VAR) или векторни авторегресионни модели с корекция на грешката (VECM). Интересно би било да се види как невронният модел се представя спрямо тях.

Подчертавам, че отправените коментари не намаляват стойността на получените резултати и следва да се считат предимно като потенциални насоки за подобрение на представения дисертационен труд.

5. **Оценка на публикационната дейност и съответствие с националните минимални наукометрични изисквания**

Докторант Илия Ненов представя **доказателства за значителна публикационна дейност** по темата на дисертационния труд:

- Neurocomputational Forecasting of Economic Shocks, *IEEE International Conference on Intelligent Systems* (2024). Scopus индексирана.
- A Neural Model Forecasts Macroeconomic Indicators, *International Conference Automatics and Informatics (2023)*. Scopus индексирана.
- Software-defined Wide-area Networks in the Coevolution of Network and Computational Bandwidth, *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences* (2022).Scopus, Web of Science индексирана.
- Neurocomputational Economic Forecasting with a Handful of Data, Technical Report (2021). Scopus, Web of Science индексирана.
- Towards an Intelligent Neural System for Economic and Business Forecasting, *IEEE International Conference on Intelligent Systems* (2020). Scopus индексирана.
- A Model for Collective Emotion Forecasts Financial Data, *IFAC-PapersOnLine* (2019). Scopus, Web of Science индексирана.
- Searching for Collective Economic Behavior in Stock Price Data, *СУ-УНСС международна конференция* (2018).

От представените седем статии шест са в съавторство, а при една от тях докторант Ненов е единствен автор. Тук следва да се отбележи факта, че от приведените публикации, шест са индексирани в световноизвестната база данни с научна информация Scopus, а три са индексирани и в базата данни Web of Science, което показва високото ниво на проведените изследвания. На този етап са забелязани пет цитирания на гореспоменатите статии.

Допълнително е представена и Справка за изпълнение на критериите и изискванията към докторските тези за получаване на образователна и научна степен „доктор“ на Стопанския факултет, СУ „Св. Климент Охридски“. От нея е видимо, че докторантът надхвърля изискванията на Стопанския факултет, като събира общо 197.5 т. по различните показатели при изискуеми 135 т.

На база на представените документи може да се достигне до заключението, че докторант Илиян Ненов не просто отговаря, но **значително надхвърля националните минимални наукометрични изисквания** за придобиване на ОНС „доктор“ (чл. 12 от ЗРАСРБ, чл. 35 от Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и чл. 1а, ал. 1 от ППЗРАСРБ).

6. Оценка на автореферата

Авторефератът подробно и точно представя основните резултати от дисертацията.

7. Заключение

Дисертационният труд представлява задълбочено и отлично изпълнено научно изследване, което ясно демонстрира дълбоките теоретични познания на докторанта, както и уменията за провеждане на самостоятелно научно изследване на високо ниво. Представеният текст показва и една достойна за уважение интелектуална смелост, която позволява на докторантът да представи и резултати, показващи ограниченията на избраната методология и добросъвестно и компетентно да ги коментира.

Текстът съдържа научни резултати, които представляват оригинален принос и отговарят на минималните изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ) и Правилника за прилагане на ЗРАСРБ. Смятам, че представената дисертация напълно отговаря на изискванията на чл. 6, ал. 3 от ЗРАСРБ и давам своята **положителна оценка на представения труд**, като убедено препоръчвам на уважаемото научно жури да присъди ОНС „доктор“ на докторант Илиян Николаев Ненов в ПН 3.8 Икономика.

Рецензент:

Anton Antonov Gerunov

Digitally signed by Anton Antonov Gerunov
Date: 2025.10.01 11:54:30 +03'00'

Проф. д.ик.н. Антон Герунов

София, 01.10.2025 г.

България, София 1113, бул. Цариградско шосе 125, бл. 3
тел.: +359 2 8738 310; факс: +359 2 8739 941
feba.uni-sofia.bg info@feb.uni-sofia.bg

Bulgaria, 1113 Sofia, 125 Tsarigradsko Shose Blvd., bl.3
phone: +359 2 8738 310; fax: +359 2 8739 941
feba.uni-sofia.bg info@feb.uni-sofia.bg