РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д.ик.н. Росица Рангелова Павлова, Институт за икономически изследвания при БАН,

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен (ОНС) „доктор" по Научна област 3. Социални, стопански и правни науки, Професионално направление 3.8. Икономика, докторантска програма " Икономика и управление (Индустрия)", Стопански факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски" на основание разпоредбата на чл. 4, ал. 5, 6 и 7 от Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), решение на Факултетния съвет - Протокол № 08 от 15.07.2025 г. и Заповед № РД 38-505/28.07.2025 г. на Ректора на СУ „Св. Климент Охридски"

Автор: Илиян Николаев Ненов

Тема: НЕВРОННОМРЕЖОВИ МОДЕЛИ ЗА ИКОНОМИЧЕСКО ПРОГНОЗИРАНЕ

Научен ръководител: проф. д-р Георги Менгов

1. Кратки биографични данни за докторанта

Илиян Ненов започва професионалния си път като програмист (2001-2004), разработвайки сървърни технологии за разпределена и паралелна обработка на данни. В това време получава образование като бакалавър по информатика в Софийски университет „Св. Климент Охридски". Слид това пак там получава образование в магистърска програма по информатика. През следващите години натрупва богат професионален опит - практически и стратегически - в създаване и управление на високонадеждни разпределени системи, както и лидерски опит в международни екипи и управление на трансформации в големи технологични компании. Това включва дейности като ръководство на проекти и екипи по техническа доставка и инженерни практики, на организация от 118 софтуерни инженера, Dell Technologies, старши мениджър е през периода март 2022 – декември 2024; на екипи за разработка на облачни услуги в областите B2B - сигурност и клиентско обслужване след покупка; на екип за разработка на облачни услуги, използвани от 30 000+ клиенти, участие във вътрешни и външни одити, разработване и прилагане на политики и процеси за сигурност и много други. Автор е на няколко патента в областта на сървърните технологии и разпределените системи. Понастоящем – от декември 2024 г. насам - Илиян Ненов е главен технологичен директор (CTO).

Тези биографични данни показват последователно придобита висока професионална подготовка на Илиян Николаев Ненов, активна реализация и ориентация за дисертация към тема – перспективна и сложна, която е в полето на неговата експертиза.

2. Преценка за изпълнение на минималните национални изисквания

За изпълнение на критериите и изискванията към докторантските тези за получаване на ОНС „Доктор“ по Професионално направление 3.8. Икономика, и по-точно за докторанти в задочна форма на обучение, какъвто е Илиян Ненов, са необходими 135 точки. Според приложената от него справка той има общо 197.5 точки, тоест значително над изискваните, които включват: 60 точки по т. 3.1. – образователна програма, 55 точки по т. 3.2. – педагогически опит и изследователска работа и 82.5 по т. 3.3. - за публикации, свързани с дисертацията. Дисертантът е представил декларация за оригиналност и това, че дисертацията е негов авторски труд, написан и изготвен самостоятелно, както и Доклад за сходство (Similarity Report), в който коефициентите на сходство (SCs) показват процента на броя думи, открити в други текстове, спрямо общия брой думи в анализирания документ.

3. Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд на Илиян Ненов е в общ обем на 131 страници, от които 105 са основен текст. Той се състои от увод, четири глави, заключение, научни приноси, списък с научни публикации и библиография. Библиографията съдържа 177 източника, от които 10 са на български език и 167 - на английски език. Основният текст включва общо 10 таблици, 33 фигури и 74 индексирани математически уравнения.

Според дисертанта, в труда си той предлага /цитирам/: „един слабо изследван подход за икономическо прогнозиране, основан на модели от математическата невронаука“. Той залага на убеждението, че разглеждането на икономиката единствено през призмата на формални модели и уравнения е недостатъчно, защото реалността включва редица качествени фактори като недоверие, поведенческа пластичност, дефицит на капацитет и субективни очаквания. В този контекст поведенчески-инспирираните и адаптивни невронни мрежи предлагат алтернатива, тъй като притежават способността да улавят и моделират тези адаптивни и динамични характеристики /за разлика от твърдо структурирания подход на традиционната икометрия/.

Правилно е посочен като *обект* на изследването вид неврони мрежи, известни в математическата невронаука като „пропусклив дипол“ (gated dipole), които са приложими за икономическо прогнозиране. Не е посочен *предмет*, но ако използвам текст в дисертацията, той е може би близко до негов текст /цитирам/: „разработване на архитектура на невронна мрежа за икономическо моделиране и прогнозиране, която позволява несигурността да бъде количествено определена и използвана в различни икономически контексти и за прогнозиране на времеви редове, прилагайки предложената архитектура на невронна мрежа към два икономически примера“.

Основната цел на дисертацията е да се изследва приложимостта на пропускливия дипол за прогнозиране на икономически процеси. За постигане на тази цел, в дисертацията се поставят следните шест *задачи,* които сполучливо описват логиката на цялото изследване, и затова ги цитирам почти дословно:

1. Да се извърши критичен анализ на известните в научната литература модели за прогнозиране на макроикономически и финансови данни.
2. Да се изследват възможностите на пропускливия дипол за моделиране и прогнозиране на движението на цената на акции, търгувани на фондова борса.

3. Да се приложи диполният модел в казус с данни, недостатъчни за класически иконометричен анализ.

4. С предложения подход да се изследва прогнозируемостта на макроикономическите величини на малка отворена икономика по време на външен икономически шок. Това е направено на примера на Черна гора.

5. Да се идентифицират макроикономически величини, които ефективно се прогнозират с предложения невронномрежов подход по време на икономическия шок следствие от пандемията през периода 2020-2022 г. Това е направено за ЕС.

6. Да се изследват способностите на пропускливия дипол да прогнозира макроикономически величини в ситуация на хроничната нестабилност, причинена от различни и частично припокриващи се фактори – пандемия, война, енергийна криза и нарушени вериги за доставки.

За основа на използваната *методология* може да се определят прилагането на иконометрични методи и сравнителеният анализ с други модели. В дисертацията се изследва слабо прилаган подход за икономическо прогнозиране, основан на модели от математическата невронаука за прогнозиране на икономически данни и този подход се сравнява с утвърдени подходи за същите цели. Новият модел е използван за прогнозиране както на финансови, така и на макроикономически данни. Прогнозните способности на пропускливия дипол са сравнени с тези на добре изследваните в научната литература ARIMA и регресионен анализ. Отчита се обстоятелството, че на практика най-достоверните макроикономически прогнози се извършват с помощта на макроикономически данни, подадени от специализирани организации (НСИ, Евростат и Европейска мрежа за икономически прогнози), които функционират на национално ниво и които имат широки правомощия за набавяне на данни, като ангажират много експерти, за да поддържат моделите на ниво да произвеждат възможно най-точните макроикономически прогнози.

Отчетени са и някои *ограничения*, свързани с приложимостта на предложения модел на пропускливия дипол. Според автора те се състоят в следното:

(1) Неговата ефективност е демонстрирана предимно в условия на висока неопределеност – нестабилни и емоционално водени пазари, търговия с акции в кризисни моменти и икономики в преход. В стабилни и добре функциониращи икономически условия предимствата на модела са по-слабо изразени.

(2) Въпреки че е предложен механизъм, чрез който диполният модел може да отчита фактори, свързани с неопределеността, остава отворен въпросът доколко тези фактори могат да бъдат количествено измерени и ефективно използвани за прогнозиране. Поради това, в дисертацията, всички прогнозни на диполният модел са направени без този механизъм.

(3) Макар моделът да е изпробван при различни експерименти, не са обхванати всички възможни икономически условия. Това поставя естествени граници пред генерализацията на резултатите.

Допада ми критичния тон на Илиян Ненов, който пронизва цялото изследване, по отношение на използвания от него инструментариум на невронните мрежи. Като основна трудност той посочва тяхното директно приложение в икономиката. Според него това се дължи на първо място на факта, че невронните модели се нуждаят от големи данни (big data), а „набавянето им е предизвикателство“ не само защото е трудно да бъдат събирани в реално

време, но и поради различието в методологията, по която са получени, и съответно в качеството им. В повечето случаи обаче, изчистването на пропуски и несъответствия води до значително намаляване обема на полезните данни. Следващата трудност се наблюдава при интерпретацията на резултатите, произведени от невронните модели, защото поради ефекта на „черната кутия“ не може да бъде обяснено как моделът е произвел прогнозата, дори тя да е точна. Освен това стандартните модели за икономическо прогнозиране се основават на набор от допускания, но моделите за дълбоко обучение не разполагат с такива вградени допускания.

Дисертацията е подчинена на логична и последователно развиваща се *изследователска структура*. В първата част на труда се представят теоретичните и методичните постановки, а във втората – се извършват емпирични проучвания за доказването им.

В **първа глава** е направен *обзор и критичен анализ* на известните в научната литература модели, с които се прогнозира или се подпомага самият процес на прогнозиране. За всяка група методи са коментирани специфичните предизвикателства, наблюдавани при прилагането им върху икономически данни. Също така е представена категория от по-слабо известни подходи, разгледани в тази дисертация, които могат да разрешат някои от обобщените проблеми. Във **втора глава** се въвежда използването на *модел с пропусклив дипол* и възможностите му да моделира и прогнозира измененията в цената на публично търгувани акции на фондова борса. В нея са сравнени прогностичните способности на невронния модел с популярни статистически методи.

В **трета глава** е направено *приложение на новия подход с данни*, които са недостатъчни за класически иконометричен анализ. По-конкретно се изследват възможностите да се прогнозират макроикономическите индикатори на Черна гора като малка отворена икономика по време на външен икономически шок и в условия на недостатъчни данни. Способностите на новия подход са сравнени с тези на линейни регресионни модели при равни условия за двата модела. В **четвърта глава** се изследват *способностите на пропускливия дипол да прогнозира макроикономически величини* на Европейския съюз в условията на икономическа несигурност, най-вече по време на COVID-19 пандемията през периода 2020-2022 г., както и да се анализира точността на макроикономическите прогнози в по-спокойна бизнес среда.

Добра идея е последната точка на всяка глава да съдържа изводи и заключения. **Заключението** накрая на труда отразява направените изводи в отделните глави. Като цяло, изследването показва, че диполният невронен модел представлява обещаваща алтернатива и допълнение към съществуващите методи за прогнозиране.Заключението е последвано от описание на научните приноси на автора.

Дисертацията е разработена детайлно и с дълбоки познания, каквито Илиян Ненов несъмнено притежава. Трудът като цяло е прецизно оформен. Стилът е ясен, което с възприетата структура улеснява сложната иконометрична материя, както и описанието на резултатите в емпиричните приложения.

4. Оценка на научните и научно-приложните резултати и приноси от представения дисертационен труд

Оценявам високо избора на такава актуална и сложна тема като моделирането и прогнозирането на икономическата несигурност, както и много сериозната професионална работа. Според дисертанта основните области на принос са икономика, иконометрия и машинно обучение, а също и в ясни практически приложения на предложената методология. Целта на дисертационния труд е постигната. В резултат на изследването докторантът достига до важни изводи, които той отразява похвално ясно в края на всяка глава и накрая в заключението.

Получените резултати от изследването предопределят приносите в дисертацията, които са както в теоретичен аспект чрез въвеждане и апробация на сравнително нов и неизползван инструментариум за икономическо прогнозиране, така и в научно-приложен аспект чрез използването му при конкретни казуси и доказване на заложените постановки. Приемам описаните от Илиян Ненов научни приноси до степен, че ги *използвам основно*, макар и редактирани. Те са следните:

(1) Направен е обзор на методите /подходите/ за прогнозиране на икономически данни – обучение с учител, самообучаващи се модели, дълбочинно обучение, обучение с подкрепа и подходи от математическата невронаука. На тази база е направен пренос на концепции от математическата невронаука в икономическото прогнозиране. Показано е, че диполният невронен модел е по-добър от класическите линейни авторегресионни модели при прогнозиране на цените на акции в ситуации на краткосрочна пазарна нестабилност и наличие на екстремни стойности. В същото време са отчетени ограничения в ефективността на диполния невронен модел при прогнозиране на стабилни и високоликвидни активи.

(2) Изследвани са границите на приложимост на модела, като е установено е, че неговата адаптивност се проявява най-силно при прогнозиране на времеви редове с ограничена налична информация и с чести, случайни смени на режима – например при силно волатилни финансови данни или икономически показатели, чувствителни към външни шокове, като например внос и износ на стоки и услуги и др.

(3) Диполният невронен модел е приложен успешно за прогнозиране на макроикономически показатели на малка и отворена икономика (на примера на Черна гора), която се намира в период на политически и икономически кризи и с недостатъчни макроикономически данни за директно прилагане на стандартни иконометрични модели. Сравнението показва, че с използване на невронния модел са постигнати по-точни прогнози спрямо тези, получени чрез класически иконометрични методи.

(4) Доказана е по-добра прогностична точност на диполния невронен модел в сравнение с тази на линейните авторегресионни модели в условия на краткосрочна глобална икономическа криза, какъвто беше икономическият спад през 2020 г. в следствие на пандемията COVID-19 при макроикономическите показатели на страните от ЕС-27. Сполучливо тук е доказано също как при по-продължителни и предвидими кризи, през периоди на вече разпозната или очаквана криза, предимствата на този модел намаляват, като се постигат прогнози с по-ниска точност.

(5) Доказано е, че диполният невронен модел може да бъде успешно използван като част от системи за ранно предупреждение, което му определя потенциала за практическо приложение при макроикономическия анализ и политика.

5. Оценка на публикации, свързани с дисертационния труд

Илиян Ненов представя 7 публикации по темата на дисертацията, които отговарят на изискванията на чл. 12 от ЗРАСРБ и Правилника за прилагането му. От тези седем публикации шест са реферирани и индексирани в базата данни Scopus и/или Web of Science. Една от публикациите е самостоятелна за дисертанта, а останалите 6 са в съавторство с научния му ръководител и колеги от катедрата. Шест от публикациите са на английски език и една – на български език. Тематиката на публикациите обхваща части на дисертационния труд.

Резултатите от дисертацията са представени в рамките на 4 международни научни конференции. По данни на дисертанта отделни части от научните разработки, описани в настоящата дисертация, са представени като междинни вътрешни технически доклади в Hasso Platner Institute (Потсдам, Германия), който институт по линия на международен научен проект е предоставил изчислителните ресурси за експериментите, описани в трета и четвърта глави 4. Публикациите са повече от достатъчни по обем и съдържание за провеждане на настоящата защита.

Авторефератът е в обем на 36 страници на български. Той е разработен според изискванията за дисертационен труд - добре структуриран е и отразява основните положения и приноси, каквато е и неговата цел.

Не познавах Илиян Ненов преди защитата и нямам лични впечатления, но това, което получих задочно, е много добро, и го представя като търсещ, задълбочен и обективен изследовател.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съгласно изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България (чл. 5, ал. 3) смятам, че представеният дисертационен труд на Илиян Николаев Ненов на тема „Невронномрежови модели за икономическо прогнозиране" притежава необходимите качества и съдържа теоретични, методически и научно-приложни резултати, които представляват принос в науката. Представените материали и качеството на дисертационния труд отговарят напълно на специфичните изисквания на Правилника за прием и обучение на докторанти в СУ "Св. Климент Охридски".

Като имам предвид изложеното, давам положителна оценка на извършените изследвания в дисертационния труд и с увереност предлагам на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор" на Илиян Николаев Ненов в Професионално направление 3.8. Икономика; докторантска програма "Икономика и управление (Индустрия)" към катедра "Икономика и управление по отрасли" на Стопански факултет на СУ "Св. Климент Охридски".

7 октомври 2025 г.

Рецензент:
(проф. д.ик.н. Росица Рангелова Павлова)