

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р Евелина Илиева Велева, Русенски университет „А. Кънчев“
на дисертационния труд за придобиване на образователна и научна
степен „доктор“ на тема:

„Приложение на клетъчно-невронни мрежи за изследване на частни диференциални уравнения, възникващи във финансовата математика“

с автор: **Павел Тодоров Стойнов**

Невронните мрежи са съвременен и много популярен инструмент за моделиране на множество процеси в биологията, техниката, икономиката, информатиката, социологията, психологията и дори политиката. Те са мощно средство за приближено решаване на сложни изчислителни проблеми, в това число на диференциални уравнения и системи от уравнения, използвани за моделиране на финансови инструменти на финансовите пазари. Обект на представеното изследване са стохастичните модели във финансите, водещи до частни интегрални и интегро-диференциални уравнения, и клетъчните невронни мрежи и сродни на тях техники за решаване на тези уравнения. Основните задачи, които са поставени за решаване са:

- Представяне на съвременните стохастични модели във финансите и на възникващите от тези модели частни диференциални и интегро-диференциални уравнения, както и предлагане на някои нови стохастични модели и техники;

- Представяне на клетъчните невронни мрежи и сродни на тях техники като изчислителни модели, базирани на изкуствен интелект, както и предлагането на някои нови методи и техники, свързани с използването на клетъчни невронни мрежи;

- Прилагане на клетъчни невронни мрежи и сродни на тях техники за числено решаване на диференциални и интегро-диференциални уравнения, свързани с оценяването на различни типове производни финансови инструменти.

На всяка от тези три поставени в дисертационния труд задачи съответства една глава от изложението на тезата, общо 3 глави в 128 страници. Цитирани са 55 заглавия и 8 самостоятелни публикации на автора.

Темата на дисертацията предполага изложението на множество основни понятия в областта на математическия, стохастичния анализ и невронните мрежи. Първите две поставени задачи предвиждат

систематизиран подход при описанието на съществуващите модели и методи, а също и представянето на нови такива.

В Глава 1, състояща се от 69 страници, има само два параграфа, първият от които започва веднага след заглавието ѝ. Тя съдържа в детайли описанието на различни видове стохастични процеси и техни свойства, дефиниране на стохастичните диференциални уравнения, на частните диференциални и интегро - диференциални уравнения, извеждане на частното диференциално уравнение на Блек-Шолц за цена на акция и неговото аналитично решаване, разгледани са негови съществуващи модификации, дефиниция и свойства на правата и обратна трансформация на Фурие в едномерния и многомерния случай, трансформациите на Лаплас и Мелин, примери за тяхното използване, описана е граничната задача до която се достига при оценка на бариерни опции. Авторските предложения в Глава 1 са свързани с разглеждането на едно разпределение, наречено ST разпределение. То се явява частен случай на едно обобщение на Гама разпределението, с 4 включени параметъра (докато при класическото Гама разпределение те са само 2), при стойности на първия и третия от параметрите равни на 1. Когато освен това четвъртият параметър на обобщеното Гама разпределение приеме фиксирана стойност -1, се получава така нареченото разпределение на Линдли. В този смисъл ST разпределението е обобщение на разпределението на Линдли. Когато последният, четвърти параметър, в обобщеното Гама разпределение приеме стойност 0, при произволни стойности на останалите три параметъра, се получава класическото Гама разпределение. Това твърдение е формулирано и доказано в Лема 1.4, но съдържа грешки във формулировката си. Лесно може да бъде проверено, че е в сила също следната характеристика на това ST разпределение: ако случайната величина X има класическото Гама разпределение, орязаното в нулата (truncated) разпределение на $X-1$ е именно ST разпределението. В Глави 1 и 2 има общо 14 графики на плътността и функцията на разпределение на ST разпределението при различни стойности на параметрите му. Равенства (1.111) и (1.116) дават едно и също представяне на плътността на $ST(2,\beta)$, второто от които според мен е излишно. На страници 26, 28 и 29 са използвани противоречащи си означения за параметрите в класическото Гама разпределение и разпределението на Ерланг (което е Гама разпределение при целочислена стойност за първия му параметър). Действително, в литературата се срещат два вида означения: $\Gamma(\alpha, \beta)$ или $\Gamma\left(\alpha, \frac{1}{\beta}\right)$, но смесването им в един и същи текст води до объркване и до неверни формули, каквато е например формула (1.101). В две последователни теореми са изведени пораждащата моментите

функция на разпределението $ST(2,\beta)$ и характеристичната функция на общото разпределение $ST(n,\beta)$. Разгледано е смесване на отрицателно биномното разпределение с разпределение ST , което след това се обобщава до смес на отрицателно биномното с обобщено Гама разпределение. Дефиниран е процес (ST - процес), който е аналогичен на поасоновия процес, но за разлика от него интервалите между два скока не са с експоненциално разпределение, а с разпределение $ST(n,\beta)$. Показано е, че ST - процесът може да се разглежда като поасонов процес, в който се пропускат всички скокове, с изключение на скоковете в определени моменти. Друг принос, посочен в дисертацията е предложение за темпериране с използване на ST разпределението. В тази връзка, на страница 40 забелязах няколко неточности, например във формула (1.155) в означението на втория индикатор, във формула (1.159) от доказателството на Теорема 1.10 забелязах две грешки (съответно във втория и в четвъртия ѝ ред), първата от които ще доведе до различен резултат и във формулировката на теоремата (изпуснати са биномните коефициенти в развитието на $(1+x)^n$ по степените на x), а втората вече не присъства на следващият ред пети от уравнението. Означението за края на доказателството не е поставено на правилното място. Авторските предложения в Глава 1 (заемащи около 15 страници с графиките) са в областта на случайните процеси и преобразуванията на функции, не са доразвити в конкретни примери и приложения, както е направено с някои от съществуващите методи и подходи и така остават малко встрани от темата на дисертацията. Около две трети от останалия материал в Глава 1 (приблизително 35,5 страници) се оказва, че е буквален превод от три източника, които не са посочени в цитираната литература. Това са дадените в края на рецензията учебници [1], [2] и [3].

Параграф 1 на **Глава 2** разглежда основни понятия и видове клетъчни невронни мрежи. В параграф 2 (на около 11 страници) са разгледани авторски предложения във връзка с теорията на невронните мрежи. Едно от тях е да бъде използвана активационна функция, основана на плътността на ST разпределението. Направен е опит да бъде обяснена мотивацията на това предложение. Авторът посочва, че „може да покаже“ верността на формула (2.100), но не става ясно как, понеже не е казано нищо за стойностите на $P(C_1)$ и $P(C_2)$, участващи във формулата, а освен това в левите и десните страни на формули (2.100) и (2.101) участват функции на различни аргументи - съответно на x и на u . Следват общо 11 графики на плътности и функции на разпределение на ST разпределението за различни стойности на параметрите му. Друго предложение на автора е използването на ST разпределението за изчисляването на вероятността за получаване на

стойност 1 от зависимата променлива при логистичната регресия. Тук отново се натъкваме на сгрешена формула – (2.115), част от самото предложение. Дясната ѝ част навярно е копирана от формула (2.107), отнасяща се към предишното предложение за използването на ST разпределението като активационна функция. Третото предложение на автора е за използването на плътността на ST разпределението при клетъчни невронни мрежи от тип на Кохонен за моделиране на променливия радиус на съседство и променливата норма на обучение. Тези предложения обаче не са илюстрирани с примери за тяхното приложение и ефективност, каквито би предполагала темата на дисертацията.

Последната **Глава 3** е посветена на използването на клетъчни невронни мрежи за приближено решаване на интегро-диференциални уравнения от финансови модели. За съжаление се оказва, че 75% от изложения тук материал, включително използваните кодове на MATLAB, са отново буквален превод от нецитираните в литературата източници [1] – [3]. Става дума за 21 от общо 28 страници, от които се състои Глава 3. В останалата си част, Глава 3 се позовава на два източника, в които съавтор е научният ръководител и които са цитирани правилно. Глава 3 цитира и публикация на автора, която обаче след проверка се установи, че в по-голямата си част (две трети от нея) изцяло е взимствана дословно от източниците [1] и [3], без те да са посочени в литературата към статията.

В заключение ще посоча, че докторантът Павел Тодоров Стойнов е вложил безспорно значително време и усилия в овладяването на обширни и сложни дялове от математиката каквито са теорията на стохастичните процеси, стохастичния анализ, математическият анализ, вероятностите, финанси, невронни мрежи, числените методи. Авторските предложения в Глави 1 и 2 имат отношение и също свидетелстват за висока степен на познания в различните области. Представени са 6 публикации в престижни научни издания, 5 от които са в списания с SJR, а 1 е реферирана в Zentralblatt für Mathematik. Съгласно приложения списък, има общо 3 цитирания на двете публикации от 2019 година. Голяма част от дисертацията обаче ползва в буквален превод нецитирани източници - става дума за общо 56,5 страници от всички 128 страници, съдържащи се в Глави 1, 2 и 3, т.е. 44% от представения материал. Авторските предложения от Глави 1 и 2 заемат, заедно с включените в тях общо 15 фигури, едва 26 страници или 20%. Освен че съдържат неточности, те само загатват за различни възможни приложения, без реално да са разгледани такива. По този начин те остават малко встрани от темата на дисертацията.

Поради изложените съображения, давам **отрицателна оценка** на дисертационния труд „Приложение на клетъчно-невронни мрежи за

изследване на частни диференциални уравнения, възникващи във финансовата математика ” на Павел Тодоров Стойнов.

Използвана литература:

1. Boyarchenko and S.Z. Levendorskii Non-Gaussian Merton-Black-Scholes Theory. World Scientific, River Edge, NJ, 2002.

2. Cont and P. Tankov. Financial Modeling with Jump Processes. Chapman & Hall/CRC Press, New York, 2004.

3. Omur Ugur. An Introduction to Computational Finance. Imperial College Press, 2009.

Дата: 07.07.2022

РЕЦЕНЗЕНТ:

/доц. д-р Евелина Велева/