

СПРАВКА

за научните приноси на трудовете за участие в конкурса

на Галина Димитрова Момчева

кандидат за конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“
по професионално направление 4.6. „Информатика и компютърни науки“ (Архитектури на невронни мрежи)
обявен ИМИ-БАН (ДВ, бр. 69 (80.) / 11.08.2023 г.)

Научните трудове на Галина Момчева, представени за участие за конкурса са 15 научни публикации в реферирани издания, 1 монография, 2 книги, 2 учебника/учебни пособия.

Описаните по-долу научни приноси се разглеждат в цялостната система на дейности, инициативи и резултати, показващи дейността и гарантиращи устойчивост на резултатите, подкрепени от изградената от кандидата екосистема за развитие на образователни, научни и предприемачески дейности.

Показани са изградените мрежи от научни екипи в рамките на организацията, както и между университети вкл в страната и чужбина, доказана е практиката за привличане на млади хора към изследователска дейност и участие в изследователските екипи на научните звена. Свързани са образователните, научните и предприемаческите практики, гарантиращи подготовка на среда за иновации, мащабна платформа за развитие хоризонтално и вертикално на научноизследователска инфраструктура.

Научната дейност по темите е представена в научни семинари, конференции, уебинари и форуми. В изградените научни екипи са привлечени докторанти, студенти, млади изследователи многократно за периода 2019-2022. Освен предоставените доказателства като сертификати са налични и видео записи от провеждани събития.

Научните приноси са разделени в пет тематични категории, независимо, че са свързани, като са посочени принадлежността им към ACM класификационните кодове.

A. КОМПЮТЪРНО ЗРЕНИЕ (COMPUTER VISION)

Научните приноси в тази категория могат да се асоциират със следните научни кодове по класификацията на ACM (ACM Classification System¹):

I.: Computing Methodologies I.4: IMAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION

(I.4.1: Digitization and Image Capture; I.4.2: Compression (Coding); I.4.3: Enhancement; I.4.4: Restoration; I.4.5: Reconstruction; I.4.6: Segmentation; I.4.7: Feature Measurement; I.4.10: Image Representation)

I.: Computing Methodologies I.5: PATTERN RECOGNITION

(I.5.0: General, I.5.1: Models, I.5.2: Design Methodology, I.5.3: Clustering)

Научни приноси в тази област са в две направления и са интердисциплинарни (биомедицина и компютърни науки), отговарящи на **I.: Computing Methodologies I.4 / 1.5**, същите са паралелно и приложения в **J.: Computer Applications J.3: LIFE AND MEDICAL SCIENCES** (но не са само приложения).

A.1. Изследвания за класификация и оценка на изображения на микроскопски препарати, оцветени посредством in situ хибридизация (Classification and Evaluation of Chromogenic In-Situ Hybridization Images)

In situ хибридизацията е изключително информативен метод за демонстриране и проследяване на експресията на определени гени в биологични проби. За съжаление към момента това е предимно качествен метод, който изисква субективна експертна оценка, създавайки условия за забавяне на експериментите и намалява сравнимостта на резултатите. Основният принос на изследванията се състои във въвеждането и адаптирането (доколкото ни е известно за пръв път) на методи за анализ на текстури (свойства извлечени по Харалик от GLCM и филтрирания с филтър на Габор) като подходящ и надежден подход за обективизиране на оцветяването на микроскопски препарати по метода in situ хибридизация.

¹ ACM Classification Systems <https://www.acm.org/publications/class-2012>

В областта на биомедицината това допринася за автоматизиране, скъсяване на времето за провеждане, намаляване на грешката и увеличаване на възпроизводимостта на образни експерименти с висока производителност. Извлечените свойства, веднъж демонстрирали полезността си, могат да се използват за разработка на специализирани методи за анализ и класификация на микроскопски и други изображения при различни оцветявания и в различен мащаб.

В областта на компютърните науки принос е разработката на специализирани методи и валидацията им за класифициране и оценка на изображения, както и за разработване на подходи за валидиране на методи, основани специализирани данни (в случая изображения).

В [15] предлагаме работен процес за дълбоко учене за откриване и класифициране на области от микроскопични изображения със сходни нива на генна експресия. Анализът на данните се извършва чрез използване на тип ANN – Deep Learning Autoencoders – подходящи за неконтролирано обучение. Производителността на модела е оптимизирана чрез балансиране на дължината и сложността на латентните слоеве и фина настройка на хиперпараметрите. Резултатите се валидират чрез адаптиране на показателя за средноквадратична грешка (MSE) и сравнение с оценката на експерта. За обобщаване и визуализиране на резултатите се използва реконструкция и цветно кодиране на класовете върху цялостните микроскопски изображения.

Научните резултати по А.1 са публикувани в статии [6], [7] и [15], които са последователно свързани изследвания на изследователската група.

А.2. Изследвания, свързани с генериране на изкуствени изображения, наподобяващи естествени такива

Принос в областта на компютърните науки е създаването на метод за генериране на дефектни изображения наподобяващи типични проблеми при сканиране и заснемане с помощта на шум на Perlín. Основната цел е създаване на изображения за трениране на невронни мрежи. Доколкото ни е известно шум на Perlín се използва за първи път за генериране на реалистични артефакти наподобяващи дефекти и замърсявания в оптичната система на микроскопа. Предложеният алгоритъм за селекция на "дефекти" чрез паркетине по Voronoi и смесването им с реалното изображение е ефективен и бърз. Основният принос в областта на биомедицината се състои в симулиране на дефекти и артефакти на микроскопски снимки, което може да

послужи като основа на алгоритъм за "изчистване" и нормализация на подобни изображения и да улесни автоматизацията на анализа им.

Научните резултати по А.2. са публикувани съответно в статия [12] от справката за научните публикации.

А.3. Изследвания, свързани с анализ на видео

Основната цел на изследването е да се предложи цялостна и усъвършенствана система разширяването на центровете за данни, за подобряване на доставката на данни и за откриване на грешки и проблеми в телевизионните центрове за данни чрез алгоритми за анализ на изображения във видео фреймове.

Научните резултати по А.3. са публикувани съответно в статия [13] от справката за научните публикации.

Приложен принос е подготовка на приложение за разработка на интерфейс за достъп чрез уеб приложение на създаденото от екипа за осигуряване на достъп до повече учени до разработените методи за анализ въз основа на научни изследвания по А1.

В. ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ (AI) НЕВРОННИ МРЕЖИ (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

Научните приноси в тази категория могат да се асоциират със следните научни кодове по класификацията на ACM (ACM Classification System²):

I.: Computing Methodologies I.2: ARTIFICIAL INTELLIGENCE

(I.2.2: Automatic Programming; I.2.6: Learning; I.2.8: Problem Solving, Control Methods, and Search; I.2.11: Distributed Artificial Intelligence)

I.: Computing Methodologies I.6: SIMULATION AND MODELING

(I.6.4: Model Validation and Analysis, I.6.5: Model Development, I.6.8: Types of Simulation

I.6.m: Miscellaneous)

J.: Computer Applications J.3: LIFE AND MEDICAL SCIENCES

Един от проблемите в анализа на биомедицинските изображения е проблемът на сегментация на ядра на клетки. Анотацията на ядра на ръка се доказала с вариращи резултати в зависимост от много фактори

Научни приноси са разработка на Fuzzy U-Net Neural Network и методология за разработка на нови архитектури/модел, на базата на интердисциплинарни подходи с домейн експерти в областта на медицината.

Предложено е разширение на стандартната U-Net, което има за цел да подобри качеството на сегментирането на биомедицински изображения.

С интегрирането на Fuzzy, computations в стандартната U-Net архитектура е постигната дори по-добри точности от тези, постигнати от базовата архитектура.

В тази статия оптимизирането на модифицирания U-Net модел на невронна мрежа, разширен с размити слоеве, е проучено с използването на Grid search и Keras tuner. Статията е продължение на предишна работа, където моделът е предложен и проучен. От една гледна точка, изследването е фокусирано върху оптимизирането на Fuzzy Layers, вградени в U-Net модела, за да се намери по-добрата архитектура на невронната мрежа за сегментиране на ядра в изследователската работа в екосистемата за научноизследователска и развойна дейност на BioMed Varna за сегментиране на клетъчни ядра . В същото време от глобална гледна точка този експеримент е част от по-големия за търсене на нови техники за проектиране на архитектура на невронни мрежи.

² ACM Classification Systems <https://www.acm.org/publications/class-2012>

Научни приноси в тази област са представени в научни конференции, уебинари и форуми, научни резултати по тях са в статии [1], [2] от справка научните публикации (виж Приложение 10.).

В книгата (по дисертационен труд) Алгоритмичен дизайн и изкуствен интелект е описана за техники от алгоритмичния дизайн за проектирането на нови модели на невронни мрежи, включително с използване на различни изчислителни и математически модели. Част от разработките се реализират с финансиране по Фонд научни изследвания по проект.

В книгата Биометрични системи и биометрична сигурност (глава 3) са описани CNN и Transformers ANN за биометричен анализ при разпознаване на лица, разпознаване по ирис и анализ на походката.

В учебника са разработени казуси за реални проблеми, свързани със сигурността, за които са разработени модели и архитектури (Machine Learning in Cybersecurity Momcheva, Sabra, Rmeiti, 2022).

Приносен момент е и включването на изкуствен интелект в дигиталната компетентност за студенти и преподаватели в университета, както и провеждане на дискусии с бизнеса по тематиката.

Разработени са специализирани курсове, свързани с тематиката на приноса, включително обучение на докторанти и за студенти от други специалности, както и се провеждат извънаудиторни уебинари по темата, фокусирани по специалности. Разработен е и специализиран курс за студенти от спец Биотехнологии за невронауки, в университета в Торино Италия и провеждане на обучението през декември 2022.

В статия [3] са описани резултати FedMD – пример от FedML, разработена първоначално като магистърска теза.

В статия [4] са описани резултати по изследване върху хиперпараметри на невронна мрежа.

Последните две разработки са съвместно със студенти от магистърска програма Data Science.

В монографията *Artificial Neural Networks: Modelling, Engineering, and Design* се идентифицират теоретични области от науки за живота и компютърни науки, които са (според автора) перспективни за развитие на наука и иновации, включително интердисциплинарни такива като се включва и физика и математика (оптични, квантови, изчислителни науки, вкл. изчислителна топология, включването на акцент за специфични математически структури и структури от данни). Специални акценти са опита на автора по участие и ръководство на научни екипи за създаване на нови архитектури ANN с използване на Fuzzy и дендритни подходи, алгоритмични практики и интегрирането им при проектиране от на нови архитектури за невронни мрежи, метаетристики и актуалните вдъхновени от природата оптимални поведения и структури. Принос на автора от монографията е и прилагането на практики от дизайн мислене при проектиране и от инженерното проектиране в процеса на създаване на нови архитектури на невронни мрежи. Не на последно място специален фокус на автора е създаването на научни и предприемачески общности за позициониране на учените, научните екипи и резултатите от работата им.

Конкретен принос в изследвания и разработка на невронна мрежа с дендритни изчисления е направена в статия [14] от списъка. Авторите предлагат два модела. Едната е направена с цел тестване на идеята за дендритния неврон. Отличителната черта на втория модел е, че той изпълнява активиращи функции след своите дендрити. Резултатите от втория модел показват, че той се представя толкова добре или дори по-добре от модела на персептрон.

C. АВТОМАТИЗАЦИЯ НА БИЗНЕС ПРОЦЕСИ (BUSINESS PROCESS AUTOMATION)

Научните приноси в тази категория могат да се асоциират със следните научни кодове по класификацията на ACM (ACM Classification System³):

I.6: SIMULATION AND MODELING

Разработени са курсове по SNA за студенти от различни специалности, след хабилизация 2012.

За нуждите на спец Data Science е разработен и курс по Извличане на знания от процеси Process Mining. Работата в тази област е включената и в тематиката и изследванията на докторанти. Методологията на изследване се използва и в статия [5].

³ ACM Classification Systems <https://www.acm.org/publications/class-2012>

Приложни приноси са свързани с участието в проекти като Агресия в спорта (на Регионална агенция по предприемачество-Варна), Урбакт (на Община Варна).

Научен принос в областта е основополагаща статия по ново научно направление *bioprocess mining*. Представена за първи път на конференция 2021, публикувана 2022, резултатите в [9]. Известно е, че извличането на знания от процеси споделят прилики с тези, използвани в биоинформатиката и че нововъзникващата дисциплина за извличане на знания от процеси може да се възползва от прилагането на техники, разработени в компютърната биология. Тук обаче демонстрираме обратното: че извличането на знания от процеси може да се приложи за изучаване на биологични процеси. Тъй като извличането на знания от процеси работи върху регистрационни файлове на събития, за да се анализира определен биологичен процес, е необходимо информацията за поредица от биологични събития да се трансформира в регистър на събития. За това изследване ние приложихме техники за извличане на знания от процеси към набор от данни за развитието кръглия червей *C. elegans*. Данните за експресията на едноклетъчния темпорален ген бяха трансформирани в регистър на събитията и анализирани с инструменти за извличане на данни от процеси.

D. ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ МРЕЖИ (RESEARCH NETWORKS)

Иницирираната и изграждащата се научноизследователска и предприемаческа екосистема на BioMed-Varna достигна зрялост, в която бе регистрирана като НПО – Фондация. С цел развитието ѝ част от екипа започна изследване и на устойчивостта на създадената екосистема и първа публикация с научен резултат е в статия [5] от списъка с научни публикации. Дейността на екосистемата, както и научните резултати са представени на над 10 форума в страната и чужбина.

Научен принос в тази категория е и ролята на кандидата да постави началото на изграждането на изследователски групи и общности, освен участието в изследователска група към МедУни – Варна, както и в иницирирането на образователни и научноизследователски проекти на институционално ниво между двата университета, в които работят изследователите от научноизследователската група.

Ръководството на младежки изследователски групи е комбинирано с останалите групи в цялостната екосистема.

Е. ОБУЧЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ ПО КОМПЮТЪРНИ НАУКИ (COMPUTER SCIENCE EDUCATION)

Научните приноси в тази категория могат да се асоциират със следните научни кодове по класификацията на ACM (ACM Classification System⁴):

K.7: THE COMPUTING PROFESSION K.7.0: General K.7.1: Occupations

Научен принос по тематиката са статии [8], [10] от списъка. С научно-приложен принос са разработени 4 магистърски програми и над 20 учебни дисциплини. Една от тях (магистърските програми) Data Science е разработена самостоятелно от кандидата и е първата такава магистърска програма в България, в която в момента се обучават студенти на английски език в дистанционна форма на обучение. В рамките на тази магистърска програма за първи път се реализира дисциплина „Научноизследователски стаж“. Към приносът в тази категория могат да се отнесат и четирите книги и учебни пособия.

Кандидатът има водеща роля в инициирането и ръководството на извънаудиторната заетост на студенти и ученици-изследователи (научни групи и ръководството на групи по проект на БАН) от специалността и други специалности. През периода е организирана и проведена от екипа на катедрата вътрешна квалификация на преподаватели администрация на ВСУ, ключова роля по време на Ковид кризата за устойчивост на процеса.

През периода 2019-2021 са проведени обучения по програма Кибермагьосници по авторска учебна програма на кандидата. Публикувани са и статии от тази практика (в нереферирани издания, които не са посочени в документите за конкурса. През периода са подготвени и реализирани авторски програми на кандидата в областта на STEAM (По проект на Община Варна, по проект на ЦТО, по проект на Глобални библиотеки България, финансиран от Американското посолство). По инициатива на кандидата се проведе и сесия за учаци във Варна на конференцията на Община Варна 2023 за представяне на научни и приложни проекти на ученици и студенти. От името на Фондацията БиоМед-Варна наградихме трите научноизследователски проекта.

10.10.2023
София

Галина Момчева

⁴ ACM Classification Systems <https://www.acm.org/publications/class-2012>

