

ОБОБЩЕН НАУЧЕН ОТЧЕТ

на договор ДН02/3 от 13.12.2016г.

на тема:

**МОДЕЛИРАНЕ НА ВОЛЕВИТЕ САКАДИЧНИ ДВИЖЕНИЯ НА
ОЧИТЕ ПРИ ВЗЕМАНЕ НА РЕШЕНИЯ**

С ръководител проф. Петя Копринкова-Христова

Базова организация:

Институт по Информационни и Комуникационни
Технологии – БАН

Партньорска организация:

Институт по Невробиология - БАН

Обобщено описание на осъществените изследвания и дейности по работните пакети

Видове дейности	Очаквани резултати	Получени резултати	Публикации
Работен пакет 1: Създаване на невронен модел на волевите сакадни движения			
<u>Дейност 1.1:</u> Избор на специфичните параметри на йерархичния невронен модел, свързани с възрастовите изменения	Избор на променливите параметри на модела	Създаден е софтуер, който позволява да генерираме модел с различен брой неврони във всеки слой, различни параметри на диференциалните уравнения, симулиращи нервните клетки във всяка една структура и различни параметри и топологии на връзките вътре в модела.	1 бр. с IF: No 2 5 бр. с SJR: No 7-9, 12,17 3 бр. реферирани в Scopus: No 18, 19, 21 1 бр. нереферирани: No 23
<u>Дейност 1.2:</u> Създаване на симулатор с разпределена архитектура на модела в средата на NEST	Симулатор в средата на NEST	Разработен е симулатор в средата на NEST, който имитира всички етапи от преработката на зрителна информация, започвайки от фоторецепторните клетки в окото, през перцептивното вземане на решение до модулирано от външно поощрение/наказание крайно решение за моторен отговор с очи (сакада) на зрителната стимулация. Кодът на модела е достъпен в github. <u>Допълнителни дейности:</u> 1. След направения литературен обзор към планираната структура на нашия модел бяха добавени три допълнителни слоя – фоторецепторен, LGN и интерневрони+TRN, както и обратни връзки от изходните към входните нива на модела, които го правят по-реалистичен от гледна точка на последните резултати от изследването на структурата на мозъка, публикувани през последните години. 2. Наложихме да напишем паралелна версия на слоя с фоторецепторни клетки, използвайки mpi4py и OpenMPI. Симулационното изследване показва, че нашата паралелна версия е приблизително 17 пъти по-бърза от непаралелната, което съкрати нужното време за симулация от близо три дни на малко повече от три часа. 3. В допълнение към планираните симулационни изследвания бяха	4 бр. резюмета на межд. конф.: No 24, 25, 32, 33 1 бр. презентации: No 36

		извършени такива симулиращи повреди в различните структури извършващи преработка на зрителната информация.	
Дейност 1.3: Обучение на невронния модел с експерименталните данни за различните групи	Определяне параметрите на модела	Разработена е методика за настройване на параметрите на модела посредством експоненциален входен ток за невроните към изходния слой, който достига своя максимум за време, отговарящо на оцененото средно време за реакция на съответната възрастова група. Анализирани са получените тегла на динамичните синапси в модела типични за различните възрастови групи.	
Работен пакет 2: Моделиране на процеса на вземане на решения и обучение във времето с Теорията на правдоподобните и парадоксални разсъждения на Дезер-Смарандаче на базата на belief функции			
Дейност 2.1: Дефиниране на входен интерфейс за формализиране на координатите на погледа на човека.	Входен интерфейс	Извършен е анализ на съществуващите в литературата теории за обединяване на данни. Избрани са комбинационните правила ВПППК и НКП като най-подходящи методи за обединяване на данни. За сравнение бяха използвани Бейсовия подход Normalized Conjunctive Consensus (NCC) и правилото pPCR5 от теорията на Дезер-Смарандаче.	1 бр. с SJR: No 6 1 бр. реферирани в Scopus: No 22
Дейност 2.2: Обединение на предсказаното решение от човека с показанието, получено от обратната връзка чрез Теорията на Дезер-Смарандаче.	Софтуер за актуализиране за показание за правилността на отговора от човека	Създаден е софтуер за обединение на информацията за Форма, Движение и Цвят с избраните методи и сравнение на получените резултати от обединението на информацията посредством тях с данните от проведените експерименти в Работен пакет 3.	
Дейност 2.3: Оценяване на еволюцията на пигнистичните вероятности, асоциирани във времето с правилните отговори от човека.	Определяне параметрите на модела	Резултатите от приложението на комбинационните правила ВПППК и НКП при предсказване на процеса на вземане на решения показват ултимативно, че за трите възрастови групи, избраното от екипа основно правило ВПППК дава по-точни и адекватни оценки от НКП, особено в случаите, когато информацията за Форма и Движение са в конфликт. ВПППК	

		оползотворява цялата налична информация за стимулите, дори в условията на конфликт. По такъв начин ВПППК запазва ефекта от богатството на наличните данни в процеса на комбинирание и предоставя по-адекватна информация в процеса на вземане на решения. По отношение на характеризирането на вземането на човешки решения в следните три класификационни задачи: само с информация за движението; само с информация за цвета; комбинирана информация за движение и цвят се установи, че както NCC, така и правилото на pPCR5 предсказват добре индивидуалните криви на обучение с малко предимство на правилото pPCR5, тъй като се описват добре във всички криви на обучение. Това откритие дава доказателства за значимостта на предложения подход за анализ на кривите на обучение.	
Работен пакет 3: Създаване на сценарии и провеждане на експериментите за събиране на данни за движенията на очите на човек при преработка на информацията за движение			
<u>Дейност 3.1:</u> Избор на подходящи групи изследвани лица	Групи избрани лица	Проведени са серии от пилотни експерименти за определяне на условията на основните експерименти. За участие в психофизичните експерименти бяха подбрани подходящи изследвани лица, разделени на три възрастови групи при експериментите за възприемане на посоката за самодвижение и две при експериментите с обратна връзка за точността на взетото решение с приблизително еднакъв брой и еднакво съотношение по пол.	2 бр. резюмета с IF: No 3, 4 5 бр. с SJR: No 5, 11, 13, 15, 16 8 бр. резюмета на межд. конф.: No 26-31, 34, 35
<u>Дейност 3.2:</u> Създаване на компютърни програми за генериране на подходящата зрителна стимулация и за анализ на получените резултати	Компютърни програми за зрителна стимулация	Създадени бяха програми за провеждане на психофизични изследвания на: 1. Възприетата посока на самодвижение при различни изисквания за времева и пространствена интеграция на информацията в оптичния поток. 2. Изследване на вероятностна класификация на поредици от точкови съвкупности, които се	

		движат в 8 различни посоки при подаване на обратна връзка за коректността на взетото решение. 3. Изследване на класификацията на многомерни стимули в две категории при подаване на обратна връзка за коректността на взетото решение.	
<u>Дейност 3.3:</u> Провеждане на пилотни психофизични експерименти за избиране на подходящ интервал и параметрите на зрителната стимулация	Избор на подходящ интервал и параметри на зрителната стимулация	На база пилотните експерименти бяха избрани подходящи експериментални условия за определяне ефекта на възрастта.	
<u>Дейност 3.4:</u> Провеждане на планираните експерименти и събиране на информация за движенията на очите на изследваните лица с eye tracker	База експериментални данни	Проведени са планираните експерименти със и без обратна връзка за коректността на взетото решение към тестваните лица. Създадена е база с всички експериментални данни от всички проведени експерименти, която позволи извършването на анализи на характеристиките на движенията на очите и връзката им с възрастта на тестваните лица. <u>Допълнителни дейности:</u> Създаден е йерархичен дрейфов модел за разделяне на индивидуалните характеристики на лицата в процеса на взимане на решение: границата на натрупване на информация за взимане на решение, скоростта на натрупване на информация за взимане на решение и времето за кодиране на информацията и подготовка на моторния отговор.	
Работен пакет 4: Обработка на експерименталните данни			
<u>Дейност 4.1:</u> Избор на методика за обработка на експерименталните данни	Методика и софтуер за обработка на експерименталните данни	Беше извършен анализ на използваните сензори за следене на очите и отчитане на движението на главата на участващия в експеримента човек. Разработен е софтуер за верифициране на тестови стимули. Разработен е подход за съвместно използване на сензорите за следене на очите с инерциалните сензори, отчитащи движението и завъртането на главата с цел	1 бр. с IF: No 1 2 бр. с SJR: No 10, 14 1 бр. реферирани в Scopus: No 20 1 бр. презентации: No 37

		повишаване на точността на регистрацията на позицията на погледа върху сцената	
<i>Дейност 4.2:</i> Валидиране и филтрация на данните от сценариите	Филтрирани и валидирани данни	Данните от сценариите бяха филтрирани и валидирани посредством разработения софтуер. Експерименталните данни бяха обработени с цел премахване на записи, които по някаква причина се отличават драстично от средното поведение за всички тестови лица и беше премахнат тренда.	
<i>Дейност 4.3:</i> Извличане на специфичните характеристики на филтрираните данни и клъстеризация	Разделяне на данните на клъстери	Извършено е изследване за значимостта на някои параметри на сакадичните движения, чрез които да се групират хората в зависимост от техните зрителни реакции. Чрез клъстерен анализ с помощта на три утвърдени в практиката метода – K-means, FCM и GK clustering, бяха направени изследвания за информативността на различни пространства от данни, комбиниращи данните от посочените параметри. На тази основа е разработена методология за изследване на връзката на статистически параметри на движението на очите в отговор на зрителна задача за групи, обособени по възраст и пол. Предложен е нов подход за класификация на динамични времеви редове посредством рекурентна невронна мрежа тип „ехо“ (Echo state нетворк - ESN). Разработена е методология за клъстеризация според движенията на очите с невронна мрежа ESN. Обработените експериментални данни бяха разделени на клъстери по пол, възраст и според наблюдавания зрителен стимул.	

През периода са направени следните предложения:

1. Предложение съгласно Чл. 74(1) на Правилника на ФНИ за включване на гл. ас. Велин Кралев в колектива на проекта с вх. No 94ПП/8 от 16.05.2017г. Предложението беше прието с протокол No 71 от заседанието на Изпълнителния съвет на ФНИ на 01.08.2017г., точка 6.4.2.
2. Предложение с вх. No 94ПП/5 от 28.04.2017г. за промяна на планираните за закупуване ДМА от партньорската организация ИНБ-БАН. Предложението беше прието с протокол No 71 от заседанието на Изпълнителния съвет на ФНИ на 01.08.2017г., точка 6.4.1.
3. Доклад с вх. No 0901/13/17.02.2020г. относно удължаване на срока на втори етап с три месеца, до 17 септември 2020г. Предложението е прието с протокол No 7/24.02.2020г. от ПНЕК по Математически науки и информатика, точка I от дневния ред.
4. Във връзка с решението на ФНИ от 16.03.2020г. за удължаване на срока за изпълнение на текущите проекти с 2 месеца поради пандемията, проектът се удължава с още два месеца, до 17.11.2020г. (прилагам кореспонденция със секретаря на ПНЕК по Математически науки и информатика).
5. Доклад с вх. No 0901/29/16.06.2020г. във връзка с преустановяването на трудовите правоотношения с базовата организация на гл. ас. д-р Янчо Тодоров и изразеното от него желание да напусне колектива на проекта с искане съгласно чл. 2 (6) от договора той да бъде заменен с асистент Симона Неделчева. Предложението е прието с протокол No 11/31.07.2020г. от ПНЕК по Математически науки и информатика, точка I от дневния ред.
6. Доклад с вх. No 0901/92/19.10.2020г. относно промяна във финансовия план на проекта за втори етап съгласно чл. 7 (2) от договора. Предложението е прието с протокол No 12/22.10.2020г. от ПНЕК по Математически науки и информатика, точка I от дневния ред.

Представяне на научните резултати

1. Научни публикации по проекта (публикувани, или приети за печат):

Публикации с импакт фактор

1. Koprinkova-Hristova, P., Stefanova, M., Genova, B., Bocheva, N., Kraleva, R., KraleV, V., Features extraction from human eye movements via echo state network (2020) Neural Computing and Applications, 32 (9), pp. 4213-4226. ISSN: 09410643; DOI: 10.1007/s00521-019-04329-z; IF 2019 4.774 (Q1)
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068870985&doi=10.1007%2fs00521-019-04329-z&partnerID=40&md5=1149ac79b15e1b7fcdd0806f60b0c581>
2. Koprinkova-Hristova, P.D., Bocheva, N., Nedelcheva, S., Stefanova, M., Spike timing neural model of motion perception and decision making (2019) Frontiers in Computational Neuroscience, 13, art. no. 20. ISSN: 16625188; DOI: 10.3389/fncom.2019.00020; IF 2019 2.535 (Q2)
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064228639&doi=10.3389%2ffncom.2019.00020&partnerID=40&md5=f84e8556eac34ca71912eeed61c2de7>

Резюмета в издания с импакт фактор

3. Genova, B., Stefanov, S., Stefanova, M., Bocheva, N., Effects of probabilistic stimulus–response associations on motion direction categorization tasks, In: 42nd European Conference on Visual Perception (ECVP) 2019 Leuven, Perception, vol. 48(2_supl), p. 215; ISSN: 0301-0066, eISSN: 1468-4233; Accession Number: WOS: 000486182000659; DOI: 10.1177/0301006619863862; IF 2019 1.217 (Q4)
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0301006619863862>
http://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=WOS&SID=E5IGTmWa4YQ1NW5Q1R4&search_mode=GeneralSearch&prID=c5becb2a-9547-42af-9c58-fd5c2d783d6a
4. Stefanova, M., Bocheva N., Genova B., Stefanov S., Age effects on task-related saccadic eye movements, In: Martinez-Conde, S., Martinez-Otero, L., Compte, A., Groner, R. (Eds.), Abstracts of the 20th European Conference on Eye Movements, 18-22 August 2019, in Alicante (Spain), Journal of Eye Movement Research, vol. 12(7), p. 369; ISSN: 1995-8692; Accession Number: WOS: 000580628900001; DOI: 10.16910/jemr.12.7.1; IF 2019 1.404 (Q3)
<https://bop.unibe.ch/JEMR/article/view/JEMR.12.7.1>
http://apps.webofknowledge.com/Search.do?product=WOS&SID=E5IGTmWa4YQ1NW5Q1R4&search_mode=GeneralSearch&prID=f3e013a4-c953-49c7-b8a9-946d01186261

Публикации с SJR ранг

5. KraleV, V., Kraleva, Koprinkova-Hristova, P., Data modelling and data processing generated by human eye movements, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), ISSN 2088-8708 (accepted paper); SJR 2019 0.322
<https://www.scopus.com/sourceid/21100373959>
6. Tchamova, A., Dezert, J., Bocheva, N., Konstantinova, P., Genova, B., Stefanova, M., A Study on Human Learning ability during Classification of Motion and Colour Visual Cues and Their Combination (2020) Cybernetics and Information Technologies (accepted paper); Print ISSN: 1311-9702; Online ISSN: 1314-4081; SJR 2019 0.31
<https://www.scopus.com/sourceid/21100199814>
7. Koprinkova-Hristova, P., Nedelcheva, S., Bocheva, N., Kraleva, R., KraleV, V., Stefanova, M., Genova, B., STDP Training of Hierarchical Spike Timing Model of Visual Information Processing (2020) Proceedings of the International Joint

- Conference on Neural Networks, art. no. 9207598. ISBN: 9781728169262; DOI: 10.1109/IJCNN48605.2020.9207598; **SJR 2019 0.366**
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85093851876&doi=10.1109%2fIJCNN48605.2020.9207598&partnerID=40&md5=dc3895e6be5a239413da22d281292b8e>
8. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Nedelcheva, S., Stefanova, M., Genova, B., Kraleva, R., KraleV, V., STDP plasticity in TRN within hierarchical spike timing model of visual information processing (2020) IFIP Advances in Information and Communication Technology, 583 IFIP, pp. 279-290. ISSN: 18684238; ISBN: 9783030491604; DOI: 10.1007/978-3-030-49161-1_24; **SJR 2019 0.209**
https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85086269234&doi=10.1007%2f978-3-030-49161-1_24&partnerID=40&md5=6e730116236dd32a9a137ee50d070c65
 9. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Brain-inspired spike timing model of dynamic visual information perception and decision making with STDP and reinforcement learning (2020) Machine Learning, Optimization, and Data Science, 6th International Conference, LOD 2020, Siena, Italy, July 19–23, 2020, Revised Selected Papers, Part II, Lecture Notes in Computer Science, 12566, pp.1-15 (to appear). ISBN: 978-3-030-64579-3; eISBN: 978-3-030-64580-9; DOI: 10.1007/978-3-030-64580-9_35; **SJR 2019 0.427**
https://doi.org/10.1007/978-3-030-64580-9_35
<https://www.springer.com/gp/book/9783030645793>
 10. Alexiev, K., Toshkov, T., Dojnow, P., Enhancing accuracy and precision of eye tracker by head movement compensation and calibration (2019) ACM International Conference Proceeding Series, pp. 226-233. ISBN: 978-145037149-0; DOI: 10.1145/3345252.3345278; **SJR 2019 0.200**
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073077878&doi=10.1145%2f3345252.3345278&partnerID=40&md5=8357bb44ec61d5f951cf6e02999c1617>
 11. KraleV, V.S., Kraleva, R.S., Visual analysis of actions performed with big graphs (2019) International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 9 (1), pp. 2740-2744; ISSN: 2278-3075; DOI: 10.35940/ijitee.A4978.119119; **SJR 2019 0.102**
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075175864&doi=10.35940%2fijitee.A4978.119119&partnerID=40&md5=c1645da0e494d67e6f2b10dd8569f1a2>
 12. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Spike timing neural model of eye movement motor response with reinforcement learning, 13th Annual Meeting of the Bulgarian Section of SIAM, December 18-20, 2018, Sofia, Studies in Computational Intelligence (accepted, to appear); **SJR 2019 0.215**
<https://www.scopus.com/sourceid/4900152708>
http://www.math.bas.bg/bgsiam/docs/bgsiam_2018_abstracts-v2.pdf#page=76
 13. Bocheva, N., Genova, B., Stefanova, M., Drift Diffusion Modeling of Response Time in Heading Estimation Based on Motion and Form Cues, International Journal of Biology and Biomedical Engineering, vol.12, 2018, pp.75-83, ISSN: 1998-4510, **SJR 2017: 0.118**
<http://www.naun.org/main/NAUN/bio/2018/a222010-024.pdf>
<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100381259&tip=sid&clean=0>
 14. Koprinkova-Hristova, P., Stefanova, M., Genova, B., Bocheva, N., Echo State Network for Classification of Human Eye Movements During Decision Making, In: Iliadis L., Maglogiannis I., Plagianakos V. (eds) Artificial Intelligence Applications

- and Innovations. AIAI 2018. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 519, pp.337-348; **SJR 2017: 0.178**
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92007-8_29
15. Kraleva, R., KraleV, V., Sinyagina, N., Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N. Design and analysis of a relational database for behavioral experiments data processing. International Journal of Online Engineering, vol. 14, issue 2, 2018, pp.117-132; ISSN: 1861-2121; **SJR 2017: 0.150**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85042659008&origin=resultslist>
16. KraleV, V., Kraleva, R., Sinyagina, N., Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N. An analysis of a web service based approach for experimental data sharing, International Journal of Online Engineering, vol. 14, issue 9, 2018, pp.19-34; ISSN: 1861-2121; **SJR 2017: 0.150**
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054127598&origin=resultslist>
17. Nedelcheva, S., Koprinkova-Hristova, P. Orientation selectivity tuning of a spike timing neural network model of the first layer of the human visual cortex. 12th Annual Meeting of the Bulgarian Section of SIAM BGSIAM'17, December 20-22, 2017, Sofia, Bulgaria (Abstract); accepted for publication in: Advanced Computing in Industrial Mathematics, K. Georgiev, M. Todorov, I. Georgiev (Eds.), Studies in Computational Intelligence, ISSN:1860-949X, E-ISSN:1860-9503; **SJR 2017: 0.184**
<https://www.scopus.com/sourceid/4900152708>

Публикации, реферирани в Scopus и DBLP

18. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N. Age-related Spike Timing Dependent Plasticity of Brain-inspired Model of Visual Information Processing with Reinforcement Learning (2020) Proceedings of the 2020 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2020, art. no. 9222902, pp. 93-100. ISBN: 9788395541674; DOI: 10.15439/2020F141 (Scopus)
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85095727187&doi=10.15439%2f2020F141&partnerID=40&md5=477026515c2be8626761940198560d64>
19. Nedelcheva, S., Georgieva, K., Koprinkova-Hristova, P. Parallel Implementation of the Model of Retina Ganglion Cells Layer (2020) INISTA 2020 - 2020 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications, Proceedings, art. no. 9194616. ISBN: 9781728167992; DOI: 10.1109/INISTA49547.2020.9194616 (Scopus)
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091985123&doi=10.1109%2fINISTA49547.2020.9194616&partnerID=40&md5=db8d4869fab1466f5dee5ce83aad581f>
20. Georgieva, O., Bocheva, N., Genova, B., Stefanova, M. (2020) Eye Movement Data Analysis, In: Iliadis L., Angelov P., Jayne C., Pimenidis E. (eds) Proceedings of the 21st EANN (Engineering Applications of Neural Networks) 2020 Conference. EANN 2020. Proceedings of the International Neural Networks Society, vol. 2. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-48791-1_36 (DBLP)
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-48791-1_36
21. Koprinkova-Hristova, P., Nedelcheva, S., Bocheva, N. Investigation of Feedback Connections Effect of a Spike Timing Neural Network Model of Early Visual, IEEE (SMC) International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications INISTA 2018, July 3-5, 2018, Thessaloniki, Greece. ISBN: 978-153865150-6, DOI: 10.1109/INISTA.2018.8466292 (Scopus)
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85055507324&origin=resultslist>

22. Tchamova, A., Dezert, J., Konstantinova, P., Bocheva, N., Genova, B., Stefanova, M., Human Heading Perception Based on Form and Motion Combination, IEEE (SMC) International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications INISTA 2018, July 3-5, 2018, Thessaloniki, Greece. ISBN: 978-153865150-6, DOI: 10.1109/INISTA.2018.8466324 (Scopus)

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85055580288&origin=resultslist>

Други нереферирани публикации

23. Григоров, М., Неделчева, С., Копринкова-Христова, П., Невронен модел на първия слой от зрителната кора, XV Национална Младежка Научно-практическа Конференция, Федерация на научно-техническите съюзи в България, 2017, ISSN: 1314-8931, стр.70-75. **Наградена презентация**

Резюмета и доклади на международни научни форуми

24. Koprinkova-Hristova, P., Nedelcheva, S., Bocheva, N., (2020), BioInfoMed 2020, Book of abstracts, pp.69-70; to be published in full text in **Springer series, under review SJR. Наградена презентация**

http://bioinfomed.org/wp-content/uploads/2020/10/BioInfoMed_2020_Book_of_Abstracts.pdf

<http://bioinfomed.org/awards/>

25. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., An integrated model of visual perception and reinforcement learning in NEST, NEST Conference 2020.

<https://indico-jsc.fz-juelich.de/event/115/material/0/7.pdf>

26. Bocheva, N., Stefanova, M., Genova, B., Hristov, A., Age-related differences in eye movements' behavior during decision making in classification tasks, The Virtual Congress on Brain Health Innovation & Technologies, 12-13 October 2020, Book of abstracts, EPoster 3, p.7

<https://brain-hit.com/wp-content/uploads/sites/46/2020/10/BrainHIT-Abstract-Book.pdf>

27. Genova, B., Bocheva, N., Stefanova, M., Effect of probabilistic stimulus-response associations on learning of unstructured categories with motion direction stimuli, The 12th International Conference on Biomedical - Life Sciences and Health Care, Amsterdam, The Netherlands, October 22-24, 2020, **under review in Symmetry**, SI "Simulation and Modelling in Natural Sciences, Economics, Biomedicine and Engineering", ISSN: 2073-8994; **IF 2019 2.645 (Q2)**

28. Stefanova, M., Bocheva, N., Genova, B., Hristov, A., Kraleva, R., Kraleva, V., Age-related changes in eye movements' characteristics in decision-making and classification tasks, Scientific Conference "Neurosciences - from theory to experiment and practice", 23-25 October 2020, Bachinovo, Bulgaria, p. 45.

29. Genova, B., Bocheva, N., Stefanova, M., Hristov, A., Effect of age in single- and multi-cue classification tasks, Scientific Conference "Neurosciences - from theory to experiment and practice", 23-25 October 2020, Bachinovo, Bulgaria, p.47

30. Genova, B., Bocheva, N., Decision making in motion direction classification with probabilistic rules, International Scientific Conference "Neuroscience, Bioinformatics, Microbiome, and Beyond", 17-18 September 2019, Bachinovo, Bulgaria, pp.84-85.

31. Stefanova, M., Bocheva, N., Genova, B., Stefanov, S., Age-effects on task-related eye movements, International Scientific Conference "Neuroscience, Bioinformatics, Microbiome, and Beyond", 17-18 September 2019, Bachinovo, Bulgaria, pp.83-84.

<https://youtu.be/GM-VDTGp9os>

32. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Spike timing model of visual motion perception and decision making with reinforcement learning in NEST, NEST Conference 2019.

<https://indico-jsc.fz-juelich.de/event/92/material/0/0.pdf#page=10>

33. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Nedelcheva, S., Stefanova, M., A model of self-motion perception developed in NEST, NEST Conference 2018: A Forum for Users and Developers, 25-26 June 2018, NMBU, Ås, Norway

<https://indico-jsc.fz-juelich.de/event/71/material/3/2.pdf>

34. Bocheva, N., Genova, B., Stefanova, M., Stefanov, S., Drift diffusion modeling of reaction time: effects of information reliability and age on decision making, SCIENTIFIC CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION, Dedicated to the 70th Anniversary of the Institute of Neurobiology, Bulgarian Academy of Sciences, 30 November – 01 December, 2017, Sofia, Bulgaria.

35. Bocheva, N., Stefanova, M., Stefanov, S., Contribution of spatial and temporal integration in heading perception, 15th International Congress Vision Science and Eye, London, 10-11.08.2017, International Journal of Ophthalmic Pathology, vol.6, Issue 4 (Proceedings of 15th International Congress on Vision Science and Eye), 2017, p.34; ISSN: 2324-8599, DOI: 10.4172/2324-8599-C1-002

<https://www.scitechnol.com/proceedings/contribution-of-spatial-and-temporal-integration-in-heading-perception-4657.html>

Други презентации

36. Koprinkova-Hristova, P., Brain-inspired Spike Timing Model with STDP and Dopamine Synapses, Invited presentation at Workshop “Design, Implementation and Applications of Spiking Neural Networks and Neuromorphic Systems”, IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI) 2020, 19 – 24th July, 2020, Glasgow, UK

<https://wcci2020.org/workshops/#workshop-6>

<https://kedri.aut.ac.nz/snn-and-nms-workshop-wcci2020>

37. Dimov, D., On more a specific application of Hough/Radon transforms in image processing, Seminar lecture in University of Pavia, Oct. 25, 2018

<https://vision.unipv.it/events/DDimov-Pavia-Oct2018.pdf>

2. Представяне на резултатите от проекта в университети и други научни организации или фирми в страната или чужбина.
- Семинар на дружеството по Био-математика на 21.02.2018г. на тема „Математически основи на невробиологията“, докладва ръководителя на проекта доц. П. Копринкова-Христова
 - Семинар по Математическо моделиране (ММ) във ФМИ, задължителен за магистрите от спец. „Изчислителна математика и математическо моделиране“, проведен на 28.02.2018г. на тема „Математически основи на невробиологията“, докладва ръководителя на проекта доц. П. Копринкова-Христова
 - Резултатите са докладвани и на вътрешно-институтския семинар на ИНБ-БАН.
 - Участие в постерна сесия на “Европейската нощ на учените” организирана по проекта „Учените в триъгълника на знания“, 27 септември 2019, гр. София (прилагам грамота за участие)
 - Участие с постер в Дни на отворените врати в ИИКТ-БАН на 3 и 4 октомври 2019. Програмата е публикувана тук: <http://www.iict.bas.bg/3-4-Oct-2019.html>

- Invited presentation at Workshop “Design, Implementation and Applications of Spiking Neural Networks and Neuromorphic Systems”, IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI) 2020, 19 – 24th July, 2020, Glasgow, UK
 - Seminar lecture in University of Pavia, Oct. 25, 2018
3. Популяризиране на резултати от проекта сред в обществото

Проектът е популяризиран в:

<https://www.researchgate.net/project/Modelling-of-voluntary-saccadic-eye-movements-during-decision-making>

Информация за проекта има и на страницата на секция ММОСИ при ИИКТ-БАН:

http://mmsip.bas.bg/Project_fni_2016.html

4. Описание на създадени програмни продукти свързани с изпълнението на научния проект.

При изпълнение на задачите от първия етап на проекта бяха създадени следните програмни продукти:

1. Модел на зрителното възприятие и на базалните ганглии, участващи при вземането на решения по метода поощрение/наказание от човешкия мозък. Програмният продукт е реализиран с библиотеките на NEST simulator на python.
2. Програма, реализираща Вероятностното Пропорционално правило (ВПППК) номер 5 за Преразпределяне на Конфликтите в Теорията на Дезер-Смарандаче и Нормализираното Консенсусно правило. Програмният продукт е реализиран в среда MATLAB.
3. Програми за симулиране посоката на самодвижение на наблюдател в пространството. Програмите са написани на Visual C++ с включване на OpenGL. За провеждане на експериментите с тези програми са генерирани стимули с фиксирани параметри с използване на MATLAB.
4. Софтуерен продукт за симулиране на движение на наблюдател в тримерна среда по предварително зададена траектория на Python.
5. Софтуер за верифициране на тестовите стимули. Създаден е в програмна среда MATLAB.

Освен тези програмни продукти в рамките на проекта са създадени и реализирани и различни програми за получаване на различни статистики от измерванията, премахване на тренд, вероятностни разпределения, класификация и клъстеризация. Тези програми нямат самостоятелно предназначение и са създадени за извличане на конкретна информация от получените експериментални данни. Повечето от тях са реализирани на MATLAB.

Други резултати от проекта

1. Отчет за изпълнение на Плана за експлоатация на научните резултати от изпълнението на проекта.

Планът за експлоатация на научните резултати от проекта включва:

- A. Разпространение на научните и научно-приложните резултати:

1. Пряко използване на получените резултати посредством предоставяне на разработения софтуер за изследователски цели на колеги със сродни научни интереси;

Разработеният модел е със свободен код и е достъпен в github.

2. Разпространение на научните резултати чрез популяризация посредством:

- Организиране на семинари и лекции за докторанти и изследователи, работещи в областта.

Резултатите от проекта бяха представени на семинарите, описани по-горе в отчета. В процеса на работа бяха обучавани трима студенти по програмата Студентски практики. Двама от студентите представиха своята работа на Младежка конференция, за което получиха III награда.

Семинарът във ФМИ беше посетен от студенти-магистри и бакалаври.

Резултатите от проекта бяха представени на “Европейската нощ на учените” през 2019, която беше посетена от много ученици и студенти.

Представянето по време на Дни на отворените врати в ИИКТ-БАН също беше посетено от ученици и студенти и беше достъпно за всеки интересуваш се гражданин.

- Представяне на разработените софтуерни продукти и методики в интернет страница с Демо версии.

Разработеният модел е със свободен код и е достъпен в github.

- Участие на членовете на колектива в конференции и работни срещи с цел обмен на резултатите с колективи, работещи в чужбина.

Проф. П. Копринкова-Христова представи резултатите по проекта в рамките на IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI) 2020, 19 – 24th July, 2020, Glasgow, UK, като участва с поканена презентация в уъркшоп на тема “Design, Implementation and Applications of Spiking Neural Networks and Neuromorphic Systems”

Доц. Д. Димов представи резултати от своята работа по проекта на семинар и лекция пред студенти в Университета на гр. Павия, Италия на 25 Октомври 2018

Проф. Копринкова-Христова участва редовно в ежегодната NEST Conference на разработчиците и ползвателите на NEST simulator през 2018, 2019 и 2020г.

- Публикуване на научните резултати в списания и трудове на международни и национални конференции.

По-голямата част от получените резултати са публикувани в списания с импакт фактор (две в пълен текст и две в резюме), 13 в издания с SJR ранг и 5 в сборници с трудове на международни конференции, реферирани в Scopus и други световно известни бази с научни публикации. Публикувани са и 12 резюмета на доклади, представени на международни научни конференции, като два от тези материали са процес на рецензиране и се очаква да бъдат публикувани в едно списание с импакт фактор и в една поредица с SJR ранг.

В. Разпространение на резултатите от проекта чрез учебно-преподавателска дейност.

1. Предвижда се членовете на колектива, водещи курсове от лекции, да запознаят студентите с тематиката на проекта и получените резултати.

В процеса на работа в ИИКТ-БАН бяха обучавани трима студенти по програмата Студентски практики.

Проф. П. Копринкова-Христова е предложила курс на тема „Математически основи на невробологията“ към Центъра за обучение на докторанти при БАН. Същият курс е предложени и на английски език в програмата за обучение на БАН към Еразъм.

2. Ползване и позоваване на резултати от проекта в докторски дисертации, магистърски и бакалавърски тези, и проекти на студенти, обучавани в двата института участващи в проекта.

В колектива на проекта участват четирима докторанти, които взеха дейно участие в работата по проекта, както следва:

Докторант Красимира Георгиева-Александрова взе активно участие в инсталацията и подготовката на сървър за симулиране на разработвания модел на NEST simulator. В момента тя е отчислена с право на защита.

Докторант Антон Недялков разработи софтуера за генериране стимулите за експериментите за втория от проекта.

Докторант Веселина Дългъчева работи по създаването на базата експериментални данни в първия етап на проекта. Тя е защитила своята дисертация 2016г. и вече е главен асистент в ЮЗУ-Благоевград. Поради лични причини тя не успя да участва в работата по втори етап на проекта.

Докторант Маргарита Дикова беше отчислена с право на защита и не успя да участва активно в работата по проекта поради семейни причини.

Асистент Симона Неделчева, която първоначално беше назначена като програмист в ИИКТ на половин щат, а в последствие завърши магистратура и беше назначена като асистент, участва активно в разработването на симулатора в средата на NEST и е съавтор в редица публикации по проекта.

3. Повишаване на научния капацитети и подготовката на млади учени.

Ръководителят на проекта, тогава доцент Петя Копринкова-Христова и доц. О. Георгиева, станаха професори в края на 2019г.

В колектива имаме трима млади учени и пост-докторанти (гл. ас. Радослава Кралева, гл. ас. Мирослава Стефанова и ас. Симона Неделчева), които активно участваха в публикационната дейност и работата по проекта.

В резултат на научното им израстване гл. ас. Велин Кралев и гл. ас. Радослава Кралева се хабилитираха и са вече е доценти.

Асистент Симона Неделчева, разработи и защити своята магистърска теза в ИИКТ, която беше свързана с 3-мерната визуализация на част от симулацията на модела.

4. Развиване на научно сътрудничество.

В следствие на участието ни на конференцията на NEST получихме предложение за публикуване в тематичен брой на реномирано списание, в резултат на което излезе публикация с импакт фактор в Q2, реферирана в Web of Science.

В началото на 2020г. подадохме проект към обявата за изразяване на интерес за участие в европейския flagship проект Human Brain Project, който достигна до втори етап на оценяване, но не попадна сред получените финансиране.

При участието ни в конференции и семинари, на които представихме нашия модел в средата на NEST, беше проявен интерес и за бъдещо сътрудничество с колегите, работещи по сходна тематика.

5. Други резултати

Публикациите, описващи нашите резултати по проекта вече се забелязват от световната научна общност, като до момента са забелязани 11 цитата на 5 от тях:

1. Koprinkova-Hristova, P., Stefanova, M., Genova, B., Bocheva, N.. Echo State Network for Classification of Human Eye Movements During Decision Making. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 519, Springer, 2018, ISBN:978-3-319-92007-8, ISSN:18684238, DOI:10.1007/978-3-319-92007-8_29, 337-348. SJR (Scopus):0.178

Цитирана се в:

1. Sun, C., Song, M., Hong, S., Li, H., A Review of Designs and Applications of Echo State Networks, 2020, arXiv:2012.02974, [Линк](#)
2. Krlev, V., Krleva, R., Sinyagina, N., Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N.. An analysis of a web service based approach for experimental data sharing. International Journal of Online Engineering, 14, 9, Kassel University Press, 2018, ISSN:18681646, DOI:10.3991/ijoe.v14i09.8740, 19-34. SJR (Scopus):0.15

Цитирана се в:

2. Halim, M., Adadi, N., Chenouni, D., Berrada, M., Web services composition in E-Learning platform (2020) International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 8 (2), art. no. 41, pp. 525-532. ISSN: 23473983; DOI: 10.30534/ijeter/2020/41822020, [Линк](#)
3. Krleva, R., Krlev, V., Sinyagina, N., Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N.. Design and analysis of a relational database for behavioral experiments data processing. International Journal of Online Engineering, 14, 2, Kassel University Press, 2018, ISSN:18681646, DOI:10.3991/ijoe.v14i02.7988, 117-132. SJR (Scopus):0.15

Цитирана се в:

3. Kiswanto, N. P., Paturusi, S. D., & Tulenan, V. (2020). Aplikasi E-Log Book Penangkapan Ikan Menggunakan Progressive Web App. Jurnal Teknik Informatika, 15(2), 93-100., [Линк](#)
4. Sutanto, Nur Hamid, et al. "Analisis Aspek-Aspek Kualitas Skema Basis Data (Studi Kasus: Analisis Jabatan Bagian Organisasi Kabupaten Balangan)." Jurnal Syntax Admiration, Vol. 1 No. 7 (2020), pp. 890-901. DOI: 10.46799/jsa.v1i7.134, [Линк](#)
5. Gaynazarov, S.M., Yarashov, I.K., ALGORITHM OF MOBILE APPLICATION FOR MEDICINE SEARCH, Science and Education, 2020, vol. 1(8), pp. 600 - 605, ISSN: 2181-0842, [Линк](#)
6. El Moukhi, N., et al., X-ETL: A Data-Driven Approach for Designing Star Schemas, International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES) vol. 7.1 (2019), pp. 4-21. eISSN: 2197-8581, [Линк](#)
7. Esbai, R., Elotmani, F., Belkadi, F.Z., Toward automatic generation of column-oriented NoSQL databases in Big Data context (2019) International journal of online and biomedical engineering, 15 (9), pp. 4-16. DOI: 10.3991/ijoe.v15i09.10433, [Линк](#)
8. Wongsakthawom, R., Limpiyakorn, Y. Development of IT Helpdesk with Microservices (2018) Proceedings of 2018 IEEE 8th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication, ICEIEC 2018, art. no. 8473557, pp. 31-34. DOI: 10.1109/ICEIEC.2018.8473557, [Линк](#)

4. Tchamova, A., Dezert, J., Konstantinova, P., Bocheva, N., Genova, B., Stefanova, M., Human heading perception based on form and motion combination, 2018 Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), Thessaloniki, 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/INISTA.2018.8466324.

Цитира се в:

9. Karapetyan, K. Process Mining of Automation Services with Long Short-Term Memory Neural Networks. (2019), MS thesis, [Линк](#)

5. Koprinkova-Hristova, P., Bocheva, N., Nedelcheva, S., Stefanova, M.. Spike timing neural model of motion perception and decision making. Frontiers in Computational Neuroscience, 13, Frontiers Media S.A., 2019, ISSN:16625188, DOI:10.3389/fncom.2019.00020, 1-20. JCR-IF (Web of Science):2.323

Цитира се в:

10. Shevinsky, Carly A., Reinagel, P., The interaction between elapsed time and decision accuracy differs between humans and rats, Frontiers in Neuroscience, November 2019, Volume 13, Article 1211 doi: 10.3389/fnins.2019.01211, [Линк](#)

6. Koprinkova-Hristova, P., Stefanova, M., Genova, B., Bocheva, N., Krалева, R., Krалев, V.. Features extraction from human eye movements via echo state network. Neural Computing and Applications, 32, 9, Springer London, 2020, ISSN:09410643, DOI:10.1007/s00521-019-04329-z, 4213-4226. JCR-IF (Web of Science):4.774

Цитира се в:

11. Salas-Morera, L., García-Hernández, L., Antolí-Cabrera, A. et al. Using eye-tracking into decision makers evaluation in evolutionary interactive UA-FLP algorithms. Neural Comput & Applic 32, 13747–13757 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04781-2>, [Линк](#)

Информация общо за проекта:

Брой докторанти в проекта	4
Брой млади учени	3
Брой научни публикации	23
От тях с импакт фактор	2 статии + 2 резюмета
От тях с импакт ранг	13
Брой патенти, вкл. регистрирани патентни заявки	
Брой цитати на всички публикации по проекта	11