

УДК 004.85

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПАЙКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ВИЯВЛЕННІ РІЗКОГО ДРЕЙФУ КОНЦЕПЦІЇ У ЗАВДАННЯХ ОНЛАЙН НАВЧАННЯ**

Савенков Д.В.

Науковий керівник — к.т.н., доц. Дейнеко А.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ШІ  
м. Харків, Україна

тел.: +38(066) 786-31-61, e-mail: denys.savenkov@nure.ua

This work is devoted to assessing the efficiency of utilizing spiking neural networks (SNNs) for detecting abrupt conceptual drifts in online learning tasks. Advantages of SNNs in online learning were discussed and a shallow two-layer SNN with Parametric Leaky Integrate-and-Fire neurons was built to detect drifts in artificialy generated data stream and resulting metrics, time delay and precision. It was found that SNN are less prone to false-positive mistakes and are able to detect a drift faster with smaller number of trainable parameters, compared to a more traditional model/approach.

Дрейф концепції є однією з основних проблем машинного навчання у завданнях онлайн навчання й, відповідно, є актуальною темою досліджень протягом останніх кількох років. Це явище з'являється коли відбуваються зміни неочікувані зміни в області ознак або в області класів. Зокрема, дрейф концепції стає проблематичним, коли вхідний потік даних має часові залежності. Хоча й існують певні алгоритми, що збудовані із метою належного масштабування до мінливих умов, більшість сучасних моделей машинного навчання не мають здібностей до швидкої та ефективної адаптації та потребують перенавчання, що не є завжди можливим, та потребують додаткових методів для виявлення наявного дрейфу концепції.

Останнім часом серед досліджень почали частіше з'являтися спайкові нейромережі (spiking neural networks, SNNs) [1] — нейромережі третього покоління, які обробляють та передають інформацію імпульсами, замість операцій множення матриць. Цей підхід є більш біологічно-подібним, більш енергоефективним, має подієвий-орієнтований характер (вхідні дані кодуються у бінарні події, або сплески, що є ефективним для адаптації до дрейфів) та вбудовану можливість вивчення просторово-часових патернів [2]. Еволюційна природа дозволяє SNNs накопичувати знання в міру надходженню даних, без необхідності перенавчання. Ці якості роблять SNNs привабливими та ефективними у вирішенні завдань онлайн навчання, також було експериментально виявлено їх спроможність адаптування до дрейфу концепцій [3].

Окрім цієї адаптації, SNNs можливо використовувати в якості детектору дрейфу. Для перевірки цього, був використаний штучний набір даних “A streaming ensemble algorithm” [4] із різким дрейфом концепцій.

Алгоритм подачі даних був побудований таким чином, щоб новий дрейф концепцій не починався, поки не було ідентифікований попередній. Ознаки й клас даних подавались на вхід моделям. Для порівняння було використано дві моделі: HoeffdingTree [5], що широко застосовується в завданнях онлайн навчання, й двох-шарова SNN (вхідний шар та шар нейронів P-LIF [2], сумарно модель має 6 нейронів та 9 параметрів). Кожна з моделей тренувалась 200 ітерацій, оптимізуючи метрику L1-Loss.

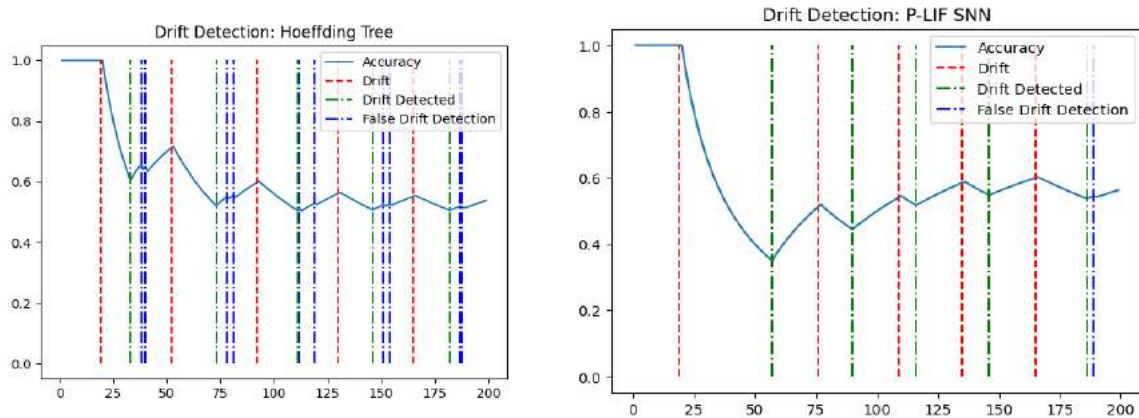


Рисунок 1 – Графік історії зміни точності детекції дрейфу моделей

Обидві моделі успішно знаходили дрейф, але розроблена SNN робила це швидше (14 ітерацій, проти 17.4) та мала менше False-Positive детекцій (SNN мала precision=0.83, дерево – 0.34), при цьому точність у дерев стабільно знижується. Ця різниця пов'язана із рефрактерним періодом в SNN, що не дозволяє їм активізуватись знов протягом певного періоду. Також, звичайні штучні нейромережі, без використання складних рекурентних шарів із значно більшою кількістю параметрів, не отримують жодних значущих результатів.

Список використаних джерел:

- 1 Gerstner W., Kistler W. Spiking neuron models: Single neurons, populations, plasticity. Cambridge : Cambridge University Press, 2002.
- 2 3. Spiking Neural Networks and Online Learning: An Overview and Perspective / J. Lobo et al. echno- logico Bizkaia., 2019. No. 700.
- 3 Incorporating Learnable Membrane Time Constant to Enhance Learning of Spiking Neural Networks / W. Fang et al. 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Monthreal, 10 November 2021.
- 4 Street N., Kim Y. A streaming ensemble algorithm (SEA) for large-scale classification. Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2001. P. 377–382.
- 5 Hulten G., Spencer L., Domingos P. Mining time-changing data streams. Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. 2001. P. 97–106.