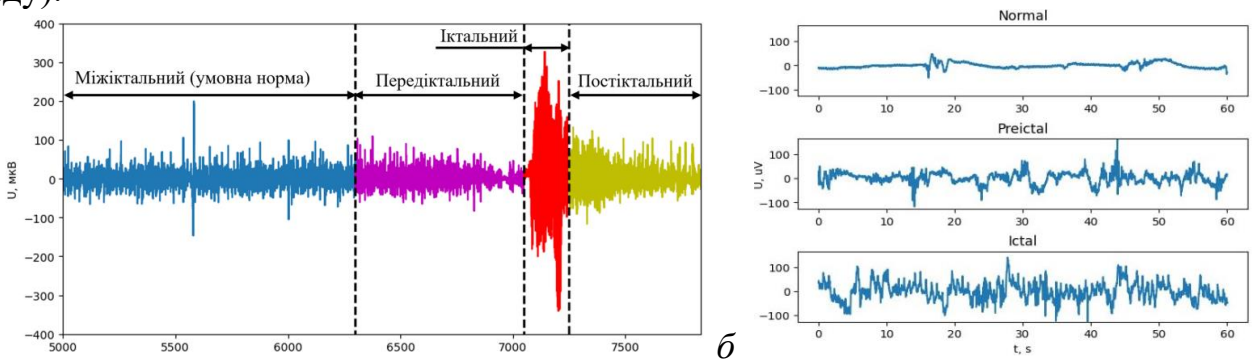
АНАЛІЗ ДАНИХ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ ЕЕГ ТА ВАРІАБЕЛЬНОСТІ РИТМУ СЕРЦЯ ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ У НОВОНАРОДЖЕНИХ

Резніченко Д.Т., Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського,
проспект Берестейський, 37, Київ-03056,
dreznichenko-ee25@lll.kpi.ua, ivanko-ee@lll.kpi.ua, niva-ee@lll.kpi.ua

Метою даного дослідження є виявлення та передбачення епілептичних нападів у новонароджених на основі аналізу сигналів багатоканальної електроенцефалограми (ЕЕГ) та дослідження параметрів варіабельності серцевого ритму (ВСР) за даними електрокардіограми (ЕКГ). Епілептичні напади у новонароджених можуть негативно вплинути на розвиток нервової системи у дитини, появу епілептичних ускладнень та на поведінку дитини в майбутньому. Судоми у новонароджених часто супроводжуються змінами у частоті серцевих скорочень та диханні, тому сучасні дослідження включають одночасну реєстрацію ЕЕГ та ЕКГ сигналів. При діагностиці найчастіше виділяють такі стани як (рис.1, а): міжіктальний (умовно нормальний); передіктальний (за певний час перед нападом); іктальний (стан, при якому наявний епілептичний напад); постіктальний (після нападу).



а *б*

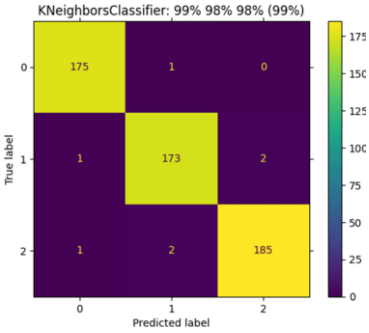
Рис.1 – а) Різні стани електричної активності мозку новонародженого на ЕЕГ; б) ЕЕГ новонародженого в нормі, передіктальному та іктальному станах

У даній роботі досліджено ЕЕГ-сигнали, зареєстровані за стандартною системою “10-20” розміщення електродів, разом з одночасною реєстрацією ЕКГ сигналу. Дані для дослідження були отримані з публічно відкритого ресурсу Zenodo, а саме з «A dataset of neonatal EEG recordings with seizures annotations" (набір записів ЕЕГ новонароджених з анотаціями судом) [1]. Сигнали було сегментовано на епохи тривалістю 60 секунд. Аналіз сигналів проводився в часовій, частотній областях, а також за допомогою вейвлет-аналізу. Загалом було отримано 3017 параметрів, із них 91 для ВСР і 2926 для ЕЕГ (по 154 параметри на кожне з 19 проаналізованих відведень ЕЕГ). В часовій області аналізувалися такі параметри як середнє значення, мода, середньоквадратичне відхилення сигналу та його похідної, середньоквадратичне значення, коефіцієнти ексцесу та асиметрії. Часові параметри було отримано як для сигналів в цілому, так і для різних частотних інтервалів. Для ЕЕГ різні частотні діапазони аналізу відповідали

наступним ритмам: дельта (1-4 Гц), тета (4-8 Гц), альфа (8-12 Гц), бета 1 (12-20 Гц), бета 2 (20-30 Гц), гама 1 (30-60), гама 2 (60-100 Гц). Для дослідження варіабельності ритму серця проаналізовано наступні частотні діапазони кардіоритмограми: ультранизькі частоти ULF (<0.015 Гц), дуже низькі частоти VLF (0.015-0.04 Гц), низькі частоти LF (0.04-0.15 Гц), високі частоти HF (0.15-0.4 Гц) та дуже високі частоти VHF (>0.4 Гц). В частотній області для кожного ритму ЕЕГ та частотного діапазону ВСР розраховувалися такі параметри як сумарна енергія, середня енергія, відносна енергія. Для ЕЕГ також розраховано відношення енергій ритмів. Для ВСР розраховувалися відношення енергій сигналу в частотних діапазонах VLF до ULF і VHF, а також відношення VHF до суми ULF і VLF. За допомогою вейвлет аналізу розраховувано значення енергій рівнів деталізації та рівня апроксимації, а також відносні значення енергій. Також розраховано параметри для всіх рівнів вейвлет-розкладу з використанням вейвлет-функції Добеші 2 порядку та вейвлет-розкладом до 7 рівня. Для класифікації сигналів на три класи (стан нормальної електричної активності мозку, передіктальний та іктальний стани) з метою передбачення епілептичних нападів у немовлят, було реалізовано такі моделі машинного навчання як k-найближчих сусідів, метод опорних векторів, дерево рішень, випадковий ліс дерев рішень та ґрадієнтний бустинг. Для навчання і тестування класифікаторів набір даних було розбито на дві частини: 80% (2160 зразків) для навчання і 20% (540 зразків) для тестування.

Метод	Точність класифікації (норма, преіктальний, іктальний стани), %
К-найближчих сусідів	99 (99, 98, 98)
Опорних векторів	98 (100, 97, 97)
Дерево рішень	91 (98, 85, 91)
Випадковий ліс дерев рішень	97 (97, 98, 96)
Ґрадієнтний бустинг дерев рішень	98 (97, 99, 96)

а



б

Рис.2 – а) Порівняння результатів класифікації; б) Матриця невідповідності для моделі на основі методу *k* найближчих сусідів (0-нормальний, 1-передіктальний, 2-іктальний стан)

Висновок: Найбільш важливими відведеннями ЕЕГ для виявлення епізодів епілепсії у новонароджених виявилися C4, T4, T5 та Pz. Виявлено, що найбільш важливими параметрами ЕЕГ є відносна енергія альфа та тета ритмів, а також відносна енергія четвертого та п’ятого рівнів деталізації вейвлет-перетворення. Для ВСР найбільшу оцінку отримали енергія сигналу кардіоритмограми, стандартне відхилення складової деталізації другого рівня для вейвлет-розкладу, відношення енергії в частотному діапазоні VLF до енергії в частотному діапазоні VHF та коефіцієнт ексцесу для ULF.

Список літератури:

1. Stevenson, N., Tapani, K., Lauronen, L., & Vanhatalo, S. (2018). A dataset of neonatal EEG recordings with seizures annotations. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.4940267