

Система охолодження та захисту. Оскільки під час роботи утворюється багато тепла, системи оснащуються вентиляторами, теплообмінниками або рідинним охолодженням.

Корпуси мають екранування від зовнішніх електромагнітних впливів та захист від вологи, пилу й механічних пошкоджень.

У військових зразках корпуси часто броньовані, щоб витримати удар або уламки.

Програмне забезпечення. Без програмного керування РЕБ не зможе працювати точно.

Програми відповідають за:

-аналіз спектра сигналів;

-класифікацію типів загроз;

--вибір оптимального режиму придушення;

синхронізацію з іншими системами — наприклад, радіорозвідкою чи ППО.

Програмне забезпечення постійно оновлюється для адаптації до нових типів сигналів противника.

Радіoeлектронна боротьба є ключовим елементом сучасної війни, що дозволяє захищати війська й техніку від дронів та засобів зв'язку супротивника. Українські технології в цій сфері доводять свою ефективність і постійно удосконалюються, залишаючись одним із важливих факторів у забезпеченні обороноздатності.

Література

1. Радіoeлектронна боротьба у війні: види, роль та найкращі системи 2025 року. URL: <https://bezpeka-veritas.com.ua/radioelektronna-borotba-u-viini-vydy-rol-ta-naikrashchi-systemy-2025-roku/>

2. Які існують види РЕБів: їхні класи й відмінності? URL: <https://wartex.com/yaki-isnuyut-vidi-rebiv/>

3. Радіoeлектронна боротьба — ключ до сучасної війни URL: <https://www.armyfm.com.ua/radioelektronna-borotba--kliuch-do-suchasnoi-viiny/>

УДК 004.41

О.М. Задворний; І.В. Бойко, д.ф.-м.н, професор

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКЦІЇ ЕПІЛЕПТИЧНИХ НАПАДІВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ ТОПОЛОГІЧНО-СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК

О.М. Zadvornyi, I.V. Boyko, D.Sc., Prof.

INCREASING THE EFFICIENCY OF EPILEPTIC SEIZURE DETECTION BASED ON HYBRID TOPOLOGICAL-SPECTRAL FEATURES

Автоматизований аналіз ЕЕГ-сигналів є критично важливим для ефективної діагностики епілепсії. Хоча методи глибокого навчання демонструють високу результативність [1], класичні спектральні підходи часто втрачають інформацію про нелінійні структурні зміни мозкової активності [2]. Останні дослідження виділяють топологічний аналіз даних (TDA) як перспективний інструмент для ідентифікації стійких геометричних патернів у біомедичних сигналах, що залишаються недоступними для лінійних методів [3, 4].

У дослідженні використано базу даних CHB-MIT Scalp EEG [5]. Запропонований гібридний підхід поєднує оцінку спектральної густини потужності (метод Велча) з обчисленням персистентних гомологій. Багатоканальні епохи сигналу розглядаються як хмари точок у частотному просторі, для яких будуються комплекси Вієторіса-Ріпса. Екстракція топологічних ознак виконується шляхом трансформації діаграм стійкості у персистентні ландшафти [6]. Класифікація реалізована алгоритмом Random Forest із застосуванням стратегії балансування даних SMOTE та валідацією Leave-One-Group-Out для забезпечення узагальнення на нових пацієнтах.

Інтеграція топологічних інваріантів дозволила моделі фіксувати специфічні патерни синхронізації між каналами, характерні для судомної активності. Порівняльний аналіз із базовим спектральним методом демонструє приріст точності (Precision) на 8,5% (до 0,85) та повноти (Recall) на 6,6% (до 0,75), що забезпечило загальний F1-score на рівні 0,80. Застосування адаптивного порогу чутливості у поєднанні з медіанною фільтрацією дозволяє мінімізувати вплив короточасних артефактів, знизивши кількість помилкових спрацювань при аналізі. Реалізований вебінтерфейс візуалізує часову динаміку ймовірностей нападів, надаючи інструмент для верифікації результатів.

Взаємодія спектрального аналізу та топологічних методів забезпечує вищу стійкість алгоритму до шумів та артефактів порівняно з традиційними підходами. Розроблена архітектура може слугувати основою для функціонування систем підтримки прийняття рішень у клінічній нейрофізіології.

Література

1. A. Shoeibi et al., "Epileptic seizures detection using deep learning techniques: A review," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 11, p. 5780, 2021. doi: 10.3390/ijerph18115780.
2. X. Jiang, G.-B. Bian, and Z. Tian, "Removal of artifacts from EEG signals: A review," *Sensors*, vol. 19, no. 5, p. 987, 2019. doi: 10.3390/s19050987.
3. Y. Wang et al., "Topological data analysis of Single-Trial Electroencephalographic Signals," *The Annals of Applied Statistics*, vol. 12, no. 3, pp. 1506–1534, Sep. 2018. doi: 10.1214/17-AOAS1119.
4. F. Chazal and B. Michel, "An Introduction to Topological Data Analysis: Fundamental and Practical Aspects for Data Scientists," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 4, 2021. doi: 10.3389/frai.2021.667963.
5. J. Guttag, "CHB-MIT Scalp EEG Database (version 1.0.0)," *PhysioNet*, 2010. doi: 10.13026/C2K01R.
6. P. Bubenik, "Statistical topological data analysis using persistence landscapes," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 16, pp. 77–102, 2015. <https://www.jmlr.org/papers/volume16/bubenik15a/bubenik15a.pdf>