

Д. П. Урлапова
Б. О. Боднаренко
Ю. Ю. Іванов

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДЕКОДУВАННЯ УЯВНОГО МОВЛЕННЯ В ІНТЕРФЕЙСАХ “МОЗОК—КОМП’ЮТЕР”

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі описано особливості використання передавального навчання у системах, які вимагають декодування уявного мовлення на базі EEGNet. Дослідження визначає пріоритетні напрями подальших робіт: подолання міжособистісної варіабельності сигналів, підвищення стійкості до артефактів руху та розробка енергоефективних архітектур нейромереж.

Ключові слова: нейронаука, уявне мовлення, глибоке навчання, передавальне навчання, інтерфейс “мозок-комп’ютер”.

Abstract

This paper has analyzed the features of using transfer learning in systems that require decoding of imaginary speech based on EEGNet. The research identifies priority directions for further work: overcoming interpersonal signal variability, increasing resistance to motion artifacts, and developing energy-efficient neural network architectures.

Keywords: neuroscience, imaginative speech, deep learning, transfer learning, brain-computer interface.

Вступ

Сучасний етап розвитку штучного інтелекту характеризується інтенсивним впровадженням методів глибокого навчання в галузі нейронаук. Особливо перспективним напрямком є декодування уявного мовлення — зчитування сигналів мозку, що виникають, коли людина уявляє вимову слів, не артикулюючи їх фізично. Для пацієнтів із повною втратою мовлення, наприклад, через бічний аміотрофічний склероз або важкий інсульт, ця технологія може стати єдиним каналом зв’язку із зовнішнім світом. Проте головною перешкодою на цьому шляху залишається вкрай низька якість корисного сигналу на тлі шумів електроенцефалографії (ЕЕГ) [1]. Класичні алгоритми обробки сигналів вимагають ручного виділення ознак і часто не справляються зі складними просторово-часовими шаблонами мозкової активності. Основним трендом останніх років стало застосування глибокого навчання, здатного автоматично виявляти складні залежності в “сирих” даних. **Метою роботи** є аналіз досліджень, які пропонують використовувати передавальне навчання між усьним і уявним мовленням.

Результати дослідження

Складність декодування уявного мовлення полягає у нижчій амплітуді відповідних сигналів ЕЕГ порівняно із сигналами при реальному мовленні. Для подолання цієї проблеми сучасні дослідницькі підходи передбачають двоетапну процедуру навчання. Перший етап полягає в тренуванні моделі на даних акустично реалізованого мовлення, що характеризуються чіткішими сигнальними параметрами. На цьому етапі відбувається формування згорткових нейромереж, здатних ідентифікувати шаблони мовленнєвої активності. Наступний етап передбачає адаптацію моделі до умов уявного мовлення. Така стратегія, відома як передавальне навчання, демонструє ефективність у використанні знань, отриманих на якісних даних, для розв’язання складних задач [2].

Важливою перевагою глибоких нейромереж є можливість автоматизованого аналізу необроблених сигналів ЕЕГ без необхідності застосування складних процедур попереднього виокремлення ознак. Спеціалізовані архітектурні рішення, серед яких

EEGNet, використовують згорткові шари для паралельного аналізу просторово-часових характеристик сигналів [3]. Архітектура *EEGNet* передає необроблені вхідні дані ЕЕГ спочатку через часову згортку для вивчення частотних фільтрів, далі глибинний згортковий прошарок нейронів для вивчення просторових ознак, прошарок нелінійності та усереднення, роздільний згортковий прошарок із нелінійною активацією та усередненням, що забезпечує високорівневе представлення ознак для прошарку–класифікатора. Дослідження [1, 2] розвивають цей принцип шляхом інтеграції агрегованих даних із різних джерел, що сприяє розробці універсальніших моделей.

Експериментальні дослідження підтверджують результативність описаних підходів. Показники точності класифікації уявного мовлення в сучасних роботах демонструють значне покращення порівняно з традиційними методами, досягаючи рівня 80% у деяких дослідженнях. Крім метрик точності, вирішальним параметром є тривалість калібрувальних процедур. Моделі, що використовують передавальне навчання, вимагають меншого часу для адаптації до нового користувача, що підвищує їх практичну цінність. Однак проблема міжособистісної варіабельності сигналів ЕЕГ залишається актуальною і потребує подальшого вивчення [3, 4].

Висновки

Інтеграція методів глибокого навчання в дослідження інтерфейсів “мозок-комп'ютер” для розпізнавання уявного мовлення відкриває нові перспективи для розвитку цієї технології. Запропоновані підходи забезпечують не лише підвищення точності розпізнавання, але й істотне скорочення часу налаштування системи [2]. Пріоритетними напрямками подальших досліджень визначаються подолання міжособистісної варіабельності, підвищення стійкості до рухових артефактів та розробка енергоефективних архітектур нейромереж. Впровадження цих розробок наблизить розробку практичних комунікаційних систем для осіб з обмеженими можливостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A Review of Classification Algorithms for EEG-based Brain-Computer Interfaces / F. Lotte, M. Congedo, A. Lécuyer et al. *Journal of Neural Engineering*. 2007. Vol. 4 (2). pp. 1–28.
2. Pan S.J., Yang Q. A Survey on Transfer Learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2010. Vol. 22 (10). pp. 1–15.
3. EEGNet: A Compact Convolutional Neural Network for EEG-based Brain-Computer Interfaces / V.J. Lawhern, A.J. Solon, N.R. Waytowich et al. *Journal of Neural Engineering*. 2018. Vol. 15 (5). pp. 1–30.
4. Ang K. K., Guan C. EEG-based Strategies to Detect Motor Imagery for Control and Rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2017. Vol. 25 (4). pp. 1–10.

Урлапова Дар'я Павлівна — студентка бакалаврата кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Богдан Олександрович Боднаренко — аспірант кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Іванов Юрій Юрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри Автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Yura881990@i.ua.

Urlapova Daria P. — undergraduate student, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Bodnarenko Bohdan O. — postgraduate student, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Ivanov Yurii Yu. — Cand. Sc. (Eng), Senior Lecturer, Faculty of intelligent information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Yura881990@i.ua.