

НЕІНВАЗИВНИЙ НЕЙРОІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧ-КОМП'ЮТЕР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто застосування неінвазивних нейрокомп'ютерних інтерфейсів. Показано, що поява на ринку недорогих ЕЕГ гарнітур з набором API для розробників інтерфейсів "мозок - комп'ютер" робить можливим застосування BCI-інтерфейсів в різних галузях, зокрема, в освіті, в комп'ютерних іграх та інших. І не тільки для отримання інформації про стан користувача, але і для управління навчальним, ігровим або іншим середовищем.

Ключові слова: нейрокомп'ютерний інтерфейс, НКІ, BCI, brain computer interface.

Abstract

The application of non-invasive neurocomputer interfaces is considered. It is shown that the appearance on the market of inexpensive EEG headsets with a set of APIs for developers of brain-computer interfaces makes it possible to use BCI interfaces in various industries, in particular, in education, computer games, and others. And not only to obtain information about the user's state, but also to manage the educational, gaming, or other environment.

Keywords: BCI, brain computer interface.

Нейрокомп'ютерний інтерфейс (НКІ, або BCI – Brain-Computer Interface) забезпечує унікальне поєднання можливостей та інформації, яке недоступне жодному іншому методу введення [1].

Дослідження у сфері НКІ розпочалися ще в середині XX століття. Ідея керування комп'ютером за допомогою думки давно приваблює науковців. Хоча повноцінний двонаправлений нейронний інтерфейс, здатний не лише передавати, а й приймати сигнали безпосередньо у мозок, поки що не створено, вже існують пристрої, що дозволяють отримувати дані про емоційний стан людини. На основі цієї інформації можна вдосконалювати алгоритми або керувати різними системами.

Прогрес у сенсорних технологіях, зокрема розробка високощільних матриць електроенцефалографічних сенсорів (ЕЕГ, EEG sensors), функціональної ближньо-інфрачервоної спектроскопії (fNIRS) та інвазивних нейроімплантів, дозволяє отримувати нейронні сигнали з різною просторовою та часовою точністю. Такі датчики допомагають визначати локалізовану активність мозку і сприяють виділенню корисної інформації з нейронних сигналів [2].

Мозкові інтерфейси поділяються на два основних типи: інвазивні та неінвазивні. Інвазивні пристрої передбачають імплантацію нейрочипів безпосередньо у мозок, тоді як неінвазивні є знімними пристроями, схожими на звичайну носиму електроніку.

Розглянемо неінвазивні пристрої, здатні зчитувати сигнали мозку та нервової системи, які вже зараз можна застосовувати у розробці мобільних додатків та комп'ютерних ігор [3].

Ця категорія пристроїв використовує сигнали електроенцефалографії (ЕЕГ) та м'язові імпульси електроміографії (ЕМГ, EMG muscle sensors). Прилади для реєстрації ЕЕГ часто мають форму компактних та естетичних гарнітур, що носяться на голові, отримавши назву "ЕЕГ-гарнітура" (EEG Headset) [3]. Їх можна поділити на два основних класи:

- "споживчі" – характеризуються низькою вартістю;
- "професійні" – дають набагато більшу точність.

Виробники ЕЕГ-гарнітур, такі як NeuroSky, EMOTIV та Muse [4-6], вже пропонують широкий вибір споживчих мозкових інтерфейсів. Такі пристрої можна легко уявити в повсякденному використанні як співробітниками компаній, так і кінцевими споживачами поза лабораторними умовами.

Зазвичай ці системи постачаються у такому комплектуванні:

- гарнітура з ЕЕГ датчиками, кліпсою (прищіпкою) на вухо або спеціальними контактами за вухами;
- зв'язок за допомогою Bluetooth;
- живлення від батарейок/аккумуляторів;
- набір API для розробників інтерфейсів "мозок - комп'ютер";
- набір додатків для кінцевих користувачів та демо-додатків, щоб користувач міг взаємодіяти з ЕЕГ гарнітурою та зрозуміти, що вона може.

Нейрогарнітури можуть мати значний вплив на освітній процес, використовуючи нейротехнології для підвищення ефективності навчання та індивідуалізації освітнього досвіду. Ось декілька прикладів їх застосування в освіті.

Нейрогарнітури можуть вимірювати рівень уваги студентів під час занять. Вчителі можуть використовувати цю інформацію для адаптації темпу та інтенсивності уроків, реагуючи на зниження уваги учнів та змінюючи діяльність або методику вчасно.

Аналіз мозкових хвиль може допомогти ідентифікувати емоційні стани учнів, такі як стрес або ангажованість. Це дозволяє вчителям змінювати підходи, наприклад, вводячи перерви або змінюючи навчальні матеріали для покращення навчального досвіду.

Нейрогарнітури можуть використовуватися для розробки адаптивних навчальних систем, які відстежують розумові зусилля та прогрес у навчанні, автоматично налаштовуючи складність та види завдань в залежності від індивідуальних потреб студентів.

Ігри та вправи, розроблені з використанням нейрогарнітур, можуть допомогти учням розвивати навички концентрації та пам'яті через ігрові механіки, які стимулюють мозкову активність.

Нейрогарнітури надають можливість проведення досліджень, які допомагають зрозуміти, як мозок реагує на різні педагогічні підходи та матеріали, що може привести до більш ефективних методів навчання.

Таким чином, нейрогарнітури можуть стати потужним інструментом в освітньому процесі, дозволяючи вчителям краще розуміти та відповідати на потреби своїх учнів.

Також, нейрогарнітури використовуються в автомобільній промисловості для підвищення безпеки водіння, наприклад, за допомогою аудіофідбеку, який попереджає водія про стан перевтоми або стресу, тим самим спонукаючи до відпочинку або зміни поведінки на дорозі

Нейроінтерфейс можна використовувати і в іграх. Наприклад, для отримання інформації про стан гравця або навіть для управління ігровим середовищем.

Можна навести кілька прикладів з розробок NeuroSky, оскільки саме у NeuroSky найбільше розроблених прикладних додатків.

Гра з нейроінтерфейсом ThrowTrucksWithYourMind [7]. Це онлайн гра з нейроінтерфейсом, в якій пропонується "силою свого розуму" боротися з іншими гравцями. Нейрокомп'ютерний інтерфейс насправді відстежує рівень "концентрації", яка у цій грі є поняттям "сила".

Іграшка з НКІ Puzzlebox Orbit Helicopter [8]. Цим вертольотом можна керувати, використовуючи концентрацію та медитацію, що отримується з НКІ. Іграшка позиціонується не лише як розвага, а й як корисний тренажер для брейн-фітнесу. Також Puzzlebox випускає низку програм, які можна використовувати як систему керування іншими пристроями.

Поки що використання інтерфейсів «мозок–комп'ютер» в іграх не готове для широкого загалу через ряд обмежень. Зокрема, низька швидкість передачі, не висока точність ЕЕГ споживчого класу, недооцінка графіки та ігрового дизайну при розробці ігор з НКІ в лабораторіях та інші [9].

Однак, поява недорогих ЕЕГ гарнітур з набором API для розробників інтерфейсів "мозок - комп'ютер" робить їх доступною для широкого кола розробників програмного забезпечення ігор, тому слід очікувати появи нових ігор з НКІ, зокрема, інді-ігор.

Розроблено декілька пакетів прикладних програм для дослідження BCI-інтерфейсу:

1. BCI2000 - це загальна система для запису, візуалізації та аналізу сигналів мозку у реальному часі. Вона підтримує широкий спектр досліджень і додатків у BCI.
2. OpenViBE - програмне забезпечення для розробки, тестування і застосування інтерфейсів мозку з комп'ютером. Воно включає інструменти для збору, обробки та інтерпретації мозкових сигналів.
3. NeuroPype - це платформа, яка використовується для передових аналітичних та дослідницьких цілей у нейронауках. Вона дозволяє користувачам швидко конфігурувати потоки обробки даних для експериментів з нейрогарнітурами.

4. EEGLAB - це інтерактивне програмне забезпечення для обробки даних ЕЕГ (електроенцефалограма). Воно включає функції для обробки, візуалізації і статистичного аналізу мозкових сигналів.
5. Brain-Computer Interface (BCI) Toolbox для MATLAB - цей набір інструментів використовується для аналізу та моделювання сигналів мозку, зокрема для розробки алгоритмів розпізнавання та класифікації в рамках досліджень BCI.

Ці програми дозволяють здійснювати комплексну обробку сигналів, що надходять від нейрогарнітур, і використовуються в наукових дослідженнях, розробці медичних приладів, а також для створення систем, які можуть допомогати людям з обмеженими фізичними можливостями керувати зовнішніми пристроями за допомогою мозкових сигналів.

Висновок. Поява на ринку недорогих ЕЕГ гарнітур споживчого класу з набором API для розробників інтерфейсів "мозок - комп'ютер" робить можливим застосування BCI-інтерфейсів в різних галузях, зокрема, в освіті, в комп'ютерних іграх та інших. І не тільки для отримання інформації про стан користувача, але і для управління навчальним, ігровим або іншим середовищем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наумовський А. Ю., Войтко В. В., Майданюк В. П., Денисюк А. В. Особливості реалізації користувацьких інтерфейсів в комп'ютерних іграх / Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації / Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 29-30 вересня 2022 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022 р. – С. 130-131.
2. Brain-computer interface. [Електронний ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Brain-computer_interface.
3. Нейрокомп'ютерний інтерфейс: застосування інтерфейсів "мозок - комп'ютер". [Електронний ресурс]. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/bci-2.html>.
4. EEG-EEG-Biosensors. [Електронний ресурс]. URL: <https://neurosky.com>.
5. EMOTIV | Brain Data Measuring Hardware and Software Solutions. . [Електронний ресурс]. URL: <https://www.emotiv.com>.
6. Muse™ EEG-Powered Meditation & Sleep Headband. [Електронний ресурс]. URL: <https://choosemuse.com>.
7. Throw Trucks with Your Mind - First Look. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=avBjd9IetNU&t=3s>.
8. Puzzlebox Orbit: Brain-Controlled Helicopter. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=x0e6q400-ig>.
9. Gregoire Cattan. The Use of Brain-Computer Interfaces in Games Is Not Ready for the General Public. [Електронний ресурс]. URL: www.frontiersin.org/journals/computer-science/articles/10.3389/fcomp.2021.628773/full.

Майданюк Володимир Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: maidaniuk2000@gmail.com.

Романюк Олександр Никифорович – доктор технічних наук, професор кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rom8591@gmail.com.