

УДК 004.9

Хом'як А. - ст. гр. СНа-12

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

КЛАСИФІКАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО ІНТЕРФЕЙСІВ МОЗОК-КОМП'ЮТЕР

Науковий керівник: к.т.н., доцент Фриз М. Є.

Khomiak A.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

CLASSIFICATION OF BRAIN-COMPUTER INTERFACE APPROACHES

Supervisor: Fryz M., PhD

Ключові слова: мозок, інтерфейс, класифікація

Keywords: brain, interface, classification

Для категоризації різноманітних підходів до інтерфейсів мозок-комп'ютер (ІМК) можуть застосовуватись численні схеми класифікації, залежно від використовуваних критеріїв. Нижче наведено деякі потенційні класифікації.

Інвазивні та неінвазивні: ця класифікація розрізняє підходи, які вимагають безпосереднього доступу до мозку (інвазивні), такі як мікроелектроди в корі головного мозку, та ті, які не вимагають такого доступу (неінвазивні), такі як електроенцефалографія (ЕЕГ) або функціональна магнітно-резонансна томографія (фМРТ). Інвазивні методи загалом надають дані вищої роздільної здатності, хоча несуть більші ризики та пов'язані з етичними питаннями, тоді як неінвазивні методи забезпечують більшу безпеку, але можуть мати нижчу якість сигналу. [1], [2]

Тип сигналу: ця класифікація розділяє підходи, що базуються на різних типах мозкових сигналів, таких як електроенцефалографія (ЕЕГ), магнітоенцефалографія (МЕГ), електрокортикографія (ЕКоГ) та записи діяльності окремих нейронів. Різні типи сигналів можуть бути більш підходящими для конкретних застосувань, оскільки вони можуть надавати різні рівні просторової та часової роздільної здатності, співвідношення сигнал/шум та чутливість до певних шаблонів нейронної активності. [3], [4]

Просторова роздільна здатність: ця класифікація розрізняє підходи, що пропонують різні рівні просторової роздільної здатності, такі як фМРТ та МЕГ, які забезпечують відносно грубу просторову роздільну здатність, і мікроелектроди в корі головного мозку, які можуть забезпечити набагато більш точну просторову роздільну здатність. Вища просторова роздільна здатність дозволяє точніше локалізувати нейронну активність, що може бути вирішальним для розуміння функцій конкретних областей мозку та поліпшення роботи ІМК. [5], [6]

Метод керування: ця класифікація відокремлює підходи, які використовують різні методи керування ІМК, такі як моторна уява, сенсорний зворотний зв'язок або безпосереднє керування нейронами. Вибір методу керування може значно впливати на зручність та ефективність системи ІМК, оскільки він визначає, як користувач взаємодіє з інтерфейсом та як система обробляє та інтерпретує вхідні дані користувача. [7], [8]

Область застосування: ця класифікація розрізняє підходи, розроблені для різних застосувань, таких як комунікація, моторна реабілітація або підвищення когнітивних здібностей. Різні підходи ІМК можуть бути більш ефективними або підходящими для

конкретних застосувань, залежно від таких факторів, як тип використовуваних нейронних сигналів, рівень інвазивності та необхідний рівень навчання користувача. [9], [10]

Ступінь автономії: ця класифікація виділяє підходи, які вимагають різних рівнів втручання користувача або навчання - активні або пасивні ІМК, з відкритим або замкнутим циклом. Ступінь автономії може впливати на зручність використання, задоволеність користувача та потенційне довготривале використання системи ІМК, оскільки вона визначає характер зусиль та уваги, які користувач повинен вкласти у керування інтерфейсом. [11], [12]

Це лише частина потенційних методів класифікації різноманітних підходів до ІМК. Залежно від контексту та конкретного наукового питання інші класифікації можуть бути більш доцільними.

[1] J. Wolpaw and E. W. Wolpaw, *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford University Press, 2012. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195388855.001.0001.

[2] J. L. Collinger *et al.*, "High-performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia," *Lancet*, vol. 381, no. 9866, pp. 557–564, Feb. 2013.

[3] F. Lotte *et al.*, "A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces: a 10 year update," *J. neural eng.*, vol. 15, no. 3, p. 031005, Jun. 2018.

[4] C. Guger, G. Edlinger, W. Harkam, I. Niedermayer, and G. Pfurtscheller, "How many people are able to operate an EEG-based brain-computer interface (BCI)?," *Ieee trans. neural syst. rehabil. eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 145–147, Jun. 2003.

[5] D. C. Van Essen and K. Ugurbil, "The future of the human connectome," *Neuroimage*, vol. 62, no. 2, pp. 1299–1310, Aug. 2012.

[6] G. Buzsáki, C. A. Anastassiou, and C. Koch, "The origin of extracellular fields and currents — EEG, ECoG, LFP and spikes," *Nature reviews neuroscience*, vol. 13, no. 6, pp. 407–420, Jun. 2012.

[7] G. Pfurtscheller and C. Neuper, "Motor imagery and direct brain-computer communication," *Proceedings of the ieee*, vol. 89, no. 7, pp. 1123–1134, 2001, doi: 10.1109/5.939829.

[8] L. R. Hochberg *et al.*, "Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm," *Nature*, vol. 485, no. 7398, pp. 372–375, May 2012.

[9] J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. M. Vaughan, "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clin. neurophysiol.*, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, Jun. 2002.

[10] J. J. Daly and J. R. Wolpaw, "Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation," *Lancet neurol.*, vol. 7, no. 11, pp. 1032–1043, Nov. 2008.

[11] G. Dornhege, J. d. R. Millan, T. Hinterberger, D. Mcfarland, and K.-R. Müller, "Toward brain-computer interfacing," 2007.

[12] R. Leeb, H. Sgha, R. Chavarriaga, and J. D. R. Millán, "A hybrid brain-computer interface based on the fusion of electroencephalographic and electromyographic activities," *J. neural eng.*, vol. 8, no. 2, p. 025011, Apr. 2011.