KN0-0903-3701

رمزگشایی مغز: فرصت‌ها و چالش‌ها برای تشخیص الگو (ECOG-EEG-FMRI)

مهران کریمیان‌ریزی [۱] mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.ir
مریم فریور [۲] farivar.maryam@yahoo.com

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران
[۲] مربی سازمان‌آموزش فنی‌وحرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

چکیده: تصویربرداری عصبی به شدت به یک نتیجه‌گیری آماری برای توضیح فعالیت اندازه‌گیری شده مغز با توجه به الگوی تجربی متکی است. این روش به نتایج بسیاری منجر شده است و عملکرد آن غیر قابل انکار می‌باشد. در سال‌های اخیر، تکنیک‌های تشخیص الگو، بینش جدیدی را در مورد مکان و نحوه ذخیره اطلاعات در مغز با پیش‌بینی محرک یا حالت از داده‌ها (داده) به ارمغان آورده است. تشخیص الگو ذاتاً چند متغیره است و مدل‌های زیربنایی مبتنی بر داده‌هامی‌باشند. علاوه بر این، برای پیش‌بینی در بسیاری از کاربردها از جمله تشخیص‌های بالینی و رابط مغز -کامپیوتر قدرتمندتر است. در این مقاله به بررسی و مرور تعدادی مقاله می‌پردازیم که چالش‌های باقی مانده در این زمینه را شناسایی، بررسی و رسیدگی می‌کند. نیاز و مشکلات منحصربه‌فرد موجود در این زمینه فرصت‌هایی را برای تحقیقات آینده در تشخیص الگو و علوم اعصاب فراهم کرده و می‌کند.

کلید واژه‌ها: *الکتروکورتیکوگرافی، الکتروانسفالوگرافی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکرد، رمز گشایی مغز، هوش مصنوعی، تشخیص الگو*

۱. مقدمه

در طول ۱۰ سال گذشته، جامعه علوم اعصاب تا حد زیادی از تکنیک‌ها و روش‌های تشخیص الگو برای کمک به تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌های تصویربرداری عصبی استفاده کرده است. بررسی نحوه برخورد مغز انسان با اطلاعاتی که به محرک‌ها یا رفتارهای خارجی پیوسته و پیچیده پاسخ می‌دهند نه تنها می‌تواند به درک بهتر عملکرد مغز انسان منجر شود، بلکه می‌تواند به راه‌حل‌های عملی در رابط مغز- کامپیوتر[۱] (BCI) یا توسعه نشانگرهای بالینی جدید برای اختلال و بیماری اندازه‌گیری‌های غیرتهاجمی‌مغز انسان در حین کار با تعدادی از تکنیک‌های تصویربرداری عصبی فعال بشود که از جمله مرتبط‌ترین آن‌ها برای این موضوع خاص، تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکرد[۲] (fMRI) و الکتروانسفالوگرافی[۳] (EEG) است. با استفاده از عملکرد مغز اندازه‌گیری‌شده، الگوهای فضایی-زمانی فعالیت‌های عصبی مربوطه باید پس از آن برای رمزگشایی[۴] محل و زمان ارائه فعالیت‌ها در زمینه پردازش اطلاعات تحلیل شوند. این فرآیند کشف اطلاعات مبتنی بر داده، چند متغیره و بسیار انعطاف‌پذیرتر از آزمون‌های آماری مبتنی بر فرضیه‌های متداول است که معمولاً به روش تک متغیره اعمال می‌شود [۱]. علاوه بر این، عملکرد تکنیک‌های

[1] brain–computer interfacing
[2] Functional Magnetic Resonace Imaging
[3] Electroencephalography
[4] decoding

تشخیص الگو با استفاده از اعتبارسنجی متقابل[۵] ارزیابی می‌شود، که ارزش پیش‌بینی الگوریتم را ارزیابی می‌کند که برای BCI و کاربردهای بالینی بسیار پر ارزش و مرتبط است. در میان محققان fMRI، کارهاکسبی و همکاران [۲] در مورد نحوه نمایش دسته‌های تصویر توسط الگوهای فضایی[۶] مختلف بسیار تأثیرگذار بوده است. از آن زمان، روش رمزگشایی مغز به طور مداوم بهبود یافته است تا حداکثر بهره برداری از اطلاعات پنهان فعالیت‌های عصبی در جهت تشخیص خودکار عملکردهای مغز انسان انجام شود. با این حال، روش‌های آماری برای رمزگشایی مغز به دلیل این واقعیت که الگوهای سیگنال عملکردهای مغز اندازه‌گیری شده ذاتاً دارای ابعاد بالا، چند متغیره، غیرخطی و غیر ثابت هستند، هنوز در دست توسعه می‌باشد. اینجاست که روش‌های تشخیص الگوی پیشرفته می‌توانند نقش اصلی را برای فعال کردن رمزگشایی دقیق‌تر و کارآمدتر مغز ایفا کنند. تکنیک‌های رمزگشایی مغز فرصت‌های فوق‌العاده‌ای را برای کاربردها مختلف از جمله تشخیص زودهنگام اختلالات عصبی روانی به ارمغان می‌آورند. حوزه BCI از روزهای اولیه خود تکنیک‌های یادگیری ماشین را به کار گرفته است [۳]. رمزگشایی از سیگنال‌های مغزی به‌دست‌آمده با تکنیک‌های چندمنظوره مانند EEG در نهایت باید به سیستم‌هایی منجر شود که به ما اجازه می‌دهند تا از طریق فرآیندهای فکری به‌طور منحصربه‌فردی با جهان‌های خارجی تعامل داشته باشیم، بدیهی است که پتانسیل بالایی برای دستگاه‌های پروتز عصبی و کارایی آن‌ها دارند. استفاده از تکنیک-های تشخیص الگو در تصویربرداری عصبی نیز از جنبه‌های مختلفی چالش برانگیز است. اول از همه، مجموعه داده‌ها معمولاً در فضا و یا زمان ابعاد بالایی دارند (معمولاً بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ویژگی) در حالی که تعداد مشاهدات کم است (در حد ۱۰-۱۰۰). برای کنار آمدن با مشقت بعدچندی[۷] (مزاحمت ابعاد)، انتخاب ویژگی مناسب و منظم سازی لازم است. ثانیاً اغلب، هدف از رمزگشایی مغز به دست آوردن بینش‌های جدیدی در عملکرد مغز است که می‌تواند منجر به فرضیه‌ها و آزمایش‌های جدید شود. راه‌حل‌های این چالش‌ها اغلب نیازمند یک رویکرد بین‌رشته‌ای است که دانش خاص حوزه‌ها را ادغام می‌کند.

۲. بررسی و مرور اجمالی رمزگشایی مغز

ما در اینجا چند مقاله را بررسی می‌کنیم که به جنبه‌های مختلف روش رمزگشایی مغز می‌پردازد و پیشرفت‌ها و راه حل‌های جدیدی را پیشنهاد می‌کند. سری اول مقالات مربوط به رمزگشایی داده‌های fMRI است. انتخاب ویژگی با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای مطالعه می‌شود [۴]، که نشان می‌دهد الگوهای توزیع‌شده در عین حال که محلی هستند بسیار پرکاربرد و آموزنده هستند، یا با خوشه‌بندی سلسله مراتبی [۵] برای ساخت و بهره‌برداری از روابط فضایی[۸]. رودریگز و همکاران [۶] تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مستقل[۹] (ICA) را برای در نظر گرفتن اطلاعات فاز داده‌های fMRI گسترش‌داده‌اند. ICA می‌تواند به عنوان استخراج ویژگی بر اساس داده‌های آموزشی یا به روش نیمه نظارتی[۱۰] (الگوریتم نیمه نظارتی) شده استفاده شود. کابرال و همکاران [۷] مجموعه‌ای از طبقه‌بندی‌کننده‌ها را برای رمزگشایی اطلاعات بصری بررسی کردند، و الیوتی و همکاران [۸] اهمیت آماری نتایج طبقه بندی ارزیابی شده در چارچوب بیزی[۱۱] (استنباط و آمار بیزی) را مطالعه کردند. بهینه‌سازی پارامتر تنظیم، که به شدت بر نقشه‌های مغزی قابل استخراج از رمزگشایی تأثیر می‌گذارد، نباید دقت طبقه‌بندی را به عنوان تنها معیار در نظر گرفت، بلکه معیارهای تکرارپذیری را نیزباید در محاسبات گنجاند[۹]. سه مقاله بعدی بر روی داده‌های EEG تمرکز دارند. رابطه فضایی بین الکترودهای EEG را می‌توان با استفاده از توپوگرافی‌های ولتاژ در زمینه پتانسیل‌های پاسخ برانگیخته [۱۰] یا برای BCI با استفاده از اتصال که توسط همگام‌سازی فاز اندازه‌گیری می‌شود [۱۱]، مورد بهره‌برداری قرار داد. در نهایت،

[۵] cross validation
[۶] spatial distribution
[7] Curse of dimensionality
[8] spatial relationships
[9] independent component analysis
[10] semi-supervised
[11] Bayesian framework

انتخاب بهترین بخش زمانی و زیر باند فرکانس برای رمزگشایی EEG تک آزمایشی با استفاده از اطلاعات متقابل توسط آنگ و همکاران در نظر گرفته شد است[۱۲].

۲,۱. ECOG و رمزگشایی آن

تست الکتروکورتیکوگرافی[۱۲] ECoG یکی از ابزارهای ارزیابی سرگیجه می‌باشد. اگر ناهنجاری‌هایی در گوش داخلی شما وجود داشته باشد، ممکن است علائم ناخوشایندی مانند زنگ در گوش، گیجی، سرگیجه و مشکلات تعادل را تجربه کنید. ناهنجاری‌های سیستم دهلیزی که بخشی از گوش داخلی است ممکن است نشانه بیماری‌های مهمی‌مانند هیدروپس اندولنفاتیک[۱۳] یا بیماری منیر[۱۴] باشد. الکترودها اطلاعات را به کامپیوتر ارسال می‌کنند که چندین شکل موج را نشان می‌دهد. شنوایی شناس به دو جزء از شکل موج بزرگ توجه می‌کند: پتانسیل عمل[۱۵] (AP) و پتانسیل تجمعی[۱۶] (SP). نسبت این دو جزء کلید رمزگشایی نتایج آزمایش است. نسبت بالاتر از حد معمول SP به AP به شنوایی شناس می‌گوید که ممکن است افزایش فشار مایع در گوش داخلی شما وجود داشته باشد. افزایش فشار مایع در گوش داخلی ممکن است نشان دهنده بیماری منییر، هیدروپس اندولنفاتیک یا اختلالات دیگر دهلیزی باشد [۱۳].

۳. نتیجه‌گیری

با پیشرفت چشم‌گیر الگوریتم‌ها و هوش مصنوعی می‌توان انتظار دا شت که در آینده نزدیک بی شتر عملکرد مغز رمزگ شایی شود، همانظور که هم اکنون رمزگشـایی‌هایی شـامل حرکاتی همچون حرکات دست و پا یا حرکات فرضی شامل چرخاندن اجسام است. این سـیسـتم‌ها می‌توانند برای تشـخیص زودهنگام تشـنج‌های صـرعی، ارتباط با بیماران شـدیدا فلج شـده یا تشـخیص عصـبی خودکار اسـتفاده شـوند و چشـم‌انداز برای آینده این حوزه ارائه الگوریتم‌های خودیادگیری ا ست که می‌توانند ت صمیمات مختلف کاربر را بر ا ساس سیگنال‌های مغزی آن‌ها به سرعت ت شخیص دهند.

۴. مراجع

[1] K.J. Friston, A.P. Holmes, K.J. Worsley, J.P. Poline, C.D. Frith, R.S.J. Frackowiak, Statistical parametric maps in functional imaging: a general linear approach, Human Brain Mapping 2 (1995) 189–210.
[2] J. Haxby, M.I. Gobbini, M.L. Furey, A. Ishai, J.L. Schouten, P. Pietrini, Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex, Science 293 (5539) (2001) 2425–2430.
[3] B. Blankertz, G. Curio, K.-R. Muller, Classifying single trial EEG: towards brain ¨ computer interfacing, in: T. Diettrich, S. Becker, Z. Ghahramani (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS, vol. 14, 2002, pp. 157–164.
[4] M. Bjornsdotter, J. Wessberg, Clustered sampling improves random subspace ¨ brain mapping, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j.patcog. 2011.04. 005.
[5] V. Michel, A. Gramforta, G. Varoquaux, E. Eger, C. Keribin, B. Thirion, A supervised clustering approach for fMRI-based inference of brain states, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j.patcog. 2011.04.006.
[6] P.A. Rodriguez, V.D. Calhoun, T. Adali, De-noising, phase ambiguity correction and visualization techniques for complex-valued ICA of group fMRI data, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j.patcog. 2011.04.033.
[7] C. Cabral, M. Silveira, P. Figueiredo, Decoding visual brain states from Fmri using an ensemble of classifiers, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/ j.patcog.2011.04.015.
[8] E. Olivetti, S. Veeramachaneni, E. Nowakowska, Bayesian hypothesis testing for pattern discrimination in brain decoding, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j.patcog. 2011.04.025.
[9] P.M. Rasmussen, L.K. Hansen, K.H. Madsen, N.W. Churchill, S.C.Strother, Model sparsity and brain pattern interpretation of classification models in neuroimaging, Pattern Recognition, under review.

[12] Electrocorticography
[13] Endolymphatic hydrops
[14] Munir
[15] Action Potential
[16] Cumulative potential

[10] A. Tzovara, M.M. Murray, G. Plomp, M.H. Herzog, C.M. Michel, M. De Lucia, Decoding stimulus-related information from single-trial EEG responses based on voltage topographies, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j. patcog. 2011.04.007.
[11] I. Daly, S.J. Nasuto, K. Warwick, Brain computer interface control via functional connectivity dynamics, Pattern Recognition, this issue, doi:10. 1016/j.patcog.2011.04.034.
[12] K.K. Ang, Z.Y. Chin, H. Zhang, C. Guan, Mutual information-based selection of optimal spatial-temporal patterns for single-trial EEG-based BCIs, Pattern Recognition, this issue, doi:10.1016/j.patcog.2011.04.018.
[13]https://arianaudiology.ir/2021/10/14/%D8%AA%D8%B3%D8%AA-ecog/