



عنوان مقاله:

در رابط مغز و کامپیوتر با یادگیری فدره بهبود دقت رمزگشایی سیگنال های EEG شخصی سازی شده

سارا بهرامی

دانشجوی دکترای تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب

ستاره طبسی

دانشجوی دکترای تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب

نسیم خوارزمی نژاد

دانشجوی دکترای تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب

چکیده

رابطه مغز و رایانه دستگاه های BCI فناوری ای است که تعامل مستقیم مغز انسان با خارجی را بدون نیاز به حرکات فیزیکی امکان پذیر میسازد یکی از چالش های اساسی در توسعه این فناوری کمبود داده های تجهیزات ثبت این سیگنال ها EEG و ناهمگونی است که باعث کاهش دقت مدل های یادگیری عمیق می شود در این پژوهش چارچوب جدیدی مبتنی بر یادگیری فدره ارای شده است که بدون نیاز به FLEEEG شخصی سازی شده سلسله مراتبی اشتراک گذاری داده ها امکان استفاده از مجموعه های متنوع را فراهم میکند. این مدل از ترکیب یک سرور مرکزی و چندین مدل محلی تشکیل شده است که به طور هماهنگ آموزش داده می شوند روش پیشنهادی روی ۹ مجموعه داده واقعی آزمایش دقت طبقه بندی را به ویژه EEG مربوط به تخیل حرکت MI که شده و نتایج نشان داده است در مجموعه های داده کوچکتر تا ۸.۴٪ افزایش می دهد این پژوهش نشان می دهد که به کارگیری یادگیری فدره می تواند نقش موثری در بهبود دقت مدل های رمزگشایی سیگنال های EEG ایفا کند

واژگان کلیدی: یادگیری فدره، رمزگشایی مصنوعی، یادگیری عمیق، رابط مغز و رایانه، هوش، EEG

مقدمه

رابط مغز و رایانه BCI که به عنوان ارتباط مغز-ماشین نیز شناخته می شود یک فناوری نو ظهور است که به کاربران اجازه می دهد تا بدون نیاز به حرکات فیزیکی، با دستگاه های دیجیتالی تعامل کنند این سیستم با تحلیل سیگنال های مغزی، امکان کنترل تجهیزات مختلف از جمله پروتز های رباتیک، سیستم های کمکی برای بیماران ناتوان و حتی کاربردهای مرتبط با واقعیت مجازی و بازی های رایانه ای را فراهم می آورد استفاده از BCI یکی از رایج ترین روش های دریافت سیگنال های مغزی است با این حال، موفقیت مدل های مبتنی بر EEG الکتروانسفالوگرافی یادگیری عمیق برای پردازش سیگنال ها وابسته به حجم بالای داده های آموزشی است جمع آوری داده های کافی از کاربران، چالش برانگیز بوده و به فرمت داده ای متنوعی ایجاد، EEG دلیل تفاوت در سخت افزارهای ثبت میشود که مانع از ایجاد مدل های عمومی سازی میشود برای EEG روش های سنتی مانند یادگیری انتقالی و یکسان سازی کانال های حل این چالش پیشنهاد شده اند، اما این رویکردها معمولاً محدودیت هایی در انعطاف پذیری و تعمیم پذیری دارند. در این پژوهش، یک چارچوب مبتنی بر FLEEG پیشنهاد شده که یادگیری فدره شخصی سازی شده سلسله مراتبی امکان بهره گیری از مجموعه داده های متنوع را فراهم کرده و موجب افزایش مدل های رمزگشایی EEG می شود

پیشینه تحقیق

مورد EEG در تحقیقات اخیر، روش های مختلفی برای بهبود دقت رمزگشایی مورد بررسی قرار گرفته است برخی مطالعات به استفاده از یادگیری انتقالی برای مقابله با تنوع مجموعه های داده پرداخته اند در حالیکه برخی دیگر، از روش های استاندارد سازی و فیلترینگ داده ها برای کاهش نویز و یکپارچه سازی اطلاعات استفاده کرده اند

در سال های اخیر، یادگیری فدره به عنوان روش نوین برای پردازش داده های توزیع شده معرفی شده است این رویکرد به کاربران اجازه می دهد تا بدون به اشتراک گذاشتن داده های خام خود، در فرایند آموزش مدل مشارکت کنند مطالعاتی نشان داده اند که یادگیری فدره می تواند دقت مدل های یادگیری عمیق را در کاربرد های پزشکی و شناختی افزایش دهد

روش شناسی پژوهش

بر اساس این مطالعات، پژوهش حاضر به دنبال ترکیب یادگیری فدره با یک رویکرد سلسله مراتبی شخصی سازی شده است تا مدل های رمزگشایی بدون نیاز به استانداردسازی سختگیرانه فرمت های داده EEG بهبود بخشد

چارچوب پیشنهادی

مدل پیشنهادی شامل دو مولفه اصلی است

یک مدل یادگیری عمیق EEG



مدل های محلی:

۱- هر دستگاه مستقل را روی داده های محلی خود آموزش می دهد

۲- سرور مرکزی: این سرور با جمع اطلاعات ارسال شده از مدل های محلی، یک مدل کاری را ایجاد کرده و نسخه بروزرسانی را به کاربران ارسال می کند

مجموعه داده ها

مرتبط با تخیل حرکت EEG برای ارزیابی روش پیشنهادی از ۹ مجموعه داده استفاده شده است که توسط موسسات مختلف جمع آوری شده اند این IMI از افراد مختلف بوده و دارای چالش هایی مجموعه داده ها شال سیگنال هایی EEG مانند تفاوت در تعداد کانال ها و نرخ نمونه برداری هستند

معیارهای ارزشیابی

به منظور سنجش عملکرد چارچوب پیشنهادی، از معیارهایی مانند دقت (Kappa coefficient) و ضریب کاپا (Classification Accuracy) طبقه بندی با روش های سنتی FLEEG استفاده شده است. این معیارها برای مقایسه EEG و پردازش EEG به کار رفته اند

نتایج و تحلیل

نتایج آزمایش ها نشان داد که دقت طبقه بندی FLEEG توانسته است چارچوب را به طور متوسط تا ۸.۴٪ نسبت به روش هاس سنتی سیگنال های EEG افزایش دهد این بهبود به ویژه در مجموعه های داده کوچکتر محسوس تر بود، زیرا یادگیری فدره امکان تبادل اطلاعات بین مجموعه های داده را بدون نقض حریم خصوصی فراهم می آورد علاوه بر این، تحلیل های تصویری نشان داد که مدل های آموزش دیده شده با این روش تمرکز بهتری بر نواحی مغزی مرتبط با تخیل حرکت دارند، درحالیکه روش هایی سنتی معمولاً در این زمینه دقت پایین تری دارند.

نتیجه گیری و پیشنهادات آینده

در این پژوهش، یک چهارچوب یادگیری فدرال شخصی سازی شده سلسله مراتبی در رابط مغز و رایانه معرفی شد EEG برای رمزگشای سیگنال های (FLEEG)، نتایج نشان داد که این روش بدون نیاز از به اشتراک گذاری مستقیم داده ها، موجب افزایش دقت مدل های یادگیری عمیق می شود



در آینده، بهبود ماژول های محلی با استفاده از روش های یادگیری خود نظارتی و شبکه های عصبی گرافی می تواند به افزایش دقت مدل ها کمک کند همچنین بررسی تاثير پارامتر هایی مانند آزمودنی ها و نرخ نمونه برداری بر عملکرد این روش، می تواند مسیرهای تحقیقاتی جدیدی را فراهم کند

منابع

- Ding, Y., Robinson, N., Tong, C., Zeng, Q., & Guan, C. (۲۰۲۳). LGGNet: Learning from local-global-graph representations for brain-computer interface. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems.
- Gao, D., Yao, X., & Yang, Q. (۲۰۲۲). A survey on heterogeneous federated learning. arXiv preprint arXiv:۲۱۰۰.۰۴۵۰۵.
- Ju, C., Gao, D., Mane, R., Tan, B., Liu, Y., & Guan, C. (۲۰۲۰). Federated transfer learning for EEG signal classification. IEEE Engineering in Medicine & Biology Society Conference.
- Mane, R., Chouhan, T., & Guan, C. (۲۰۲۰). BCI applications: a review. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering.
- Nijholt, A., Contreras-Vidal, J., Jeunet, C., & Våljamäe, A. (۲۰۲۲). Brain-computer interfaces for human augmentation. Frontiers in Neuroscience