

Estrarre informazioni dai segnali cerebrali tramite una rete multistrato

✍ C.A.M. La Porta, S. Zapperi 📅 27-12-2021 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1426>

L'elettroencefalografia (EEG) fornisce un'immagine spazio-temporale dell'attività elettrica del cervello che viene misurata da una serie di elettrodi posti sulla testa. I segnali registrati codificano una grande quantità di informazioni, ma interpretarli è un compito arduo. Un set di dati EEG ad alta densità può contenere fino a 64 tracce, ognuna delle quali viene registrata per diverse ore a una frequenza di campionamento di 500 Hz, il che rende complessa anche una mera visualizzazione. L'interpretazione dell'EEG è, tuttavia, di estremo interesse in quanto potrebbe fornire un metodo diagnostico e di monitoraggio non invasivo per i disturbi mentali e un potenziale metodo predittivo per identificare i pazienti con maggiori probabilità di rispondere ai trattamenti farmacologici. Questo aspetto è particolarmente importante perché permetterebbe ai medici di somministrare un trattamento specifico solo ai pazienti che hanno maggiori probabilità di rispondere al farmaco con successo, risparmiando gli effetti collaterali potenzialmente dannosi ai pazienti che difficilmente risponderanno.

Abbiamo affrontato questo problema in un recente lavoro pubblicato sulla rivista *Frontiers in Network Physiology*, dove abbiamo introdotto un nuovo metodo per visualizzare e analizzare le registrazioni EEG basato su una rappresentazione di rete multistrato. Abbiamo proiettato le correlazioni tra i segnali EEG registrati in luoghi diversi su di una rete, in cui gli elettrodi rappresentano i nodi e le connessioni tra due nodi rappresentano le correlazioni tra i segnali misurati nei due elettrodi corrispondenti. La rete ha diversi strati, ognuno dei quali rappresenta una diversa banda di frequenza. Poiché ci sono diversi modi per creare una rete di questo tipo, abbiamo disegnato un algoritmo che seleziona la rappresentazione che massimizza il contenuto informativo. Abbiamo poi caratterizzato le proprietà statistiche di queste reti multistrato calcolando una serie di indicatori topologici, come il coefficiente di clustering, che misura il grado con cui i nodi si raggruppano o la *betweenness centrality*, che rileva l'influenza di un nodo sul flusso di informazioni attraverso la rete.

Confrontato questi indicatori tra i pazienti con disturbo dell'umore e i soggetti sani, abbiamo rivelato differenze significative tra i due gruppi. In particolare, i pazienti con disturbo dell'umore hanno mostrato un'attività altamente correlata in alcune regioni del cervello rispetto ai soggetti sani. Questo risultato è importante perché dimostra che il nostro algoritmo può identificare i pazienti direttamente da registrazioni EEG non invasive, con potenziali applicazioni del metodo anche ad altre condizioni patologiche.

Extracting information from brain signals with a multilayer network

Electroencephalography (EEG) provides a spatiotemporal picture of the electrical activity of the brain which is measured by a set of electrodes placed on the head. The recorded signals encode a large amount of information but interpreting them is a daunting task. A high density EEG dataset could contain as many as 64 traces, each running for several hours at a sampling frequency of 500Hz, making even their visualization challenging. Interpreting EEG is, however, of extreme interest since it could provide a non-invasive diagnostic and monitoring tools for mental disorders and a potential predictive method to identify patients most likely to respond to drug treatments. This would be particularly important since it would allow physicians to administer a specific treatment only to patients that are most likely to respond sparing potentially harming side effects to those that are unlikely to respond.

We tackled this issue in a recent work published in *Frontiers in Network Physiology*, where we have introduced a new method to visualize and analyze EEG recordings based on a multilayer network representation. We projected the cross-correlations between EEG signals recorded at different locations into a network, where the electrodes sit at the nodes and edges connecting two nodes represent the correlations. The network has several layers, each representing a different frequency band. Since there are several ways to create such a network, we created an algorithm that selects

the representation maximizing the information content. We then characterized the statistical properties of the multilayer networks by computing a set of topological indicators, such as the clustering coefficient, which measures the degree by which nodes cluster together or the betweenness centrality, detecting the influence of a node over information flow through the network.

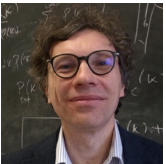
Comparing these indicators between patients with mood disorder and healthy subjects, we revealed significant differences among the two groups. In particular, patients with mood disorder were found to display a highly correlated activity in some regions of the brain when compared with healthy subjects. This is important because it proves that our algorithm can identify patients directly from non-invasive EEG recordings with potential applications of the method to other pathological conditions as well.



Caterina A.M. La Porta - Professore di Patologia Generale all'Università di Milano, co-fondatrice del Centro per la Complessità e i Biosistemi, CEO dello spinoff ComplexData, si occupa di medicina teorica, tumori, neuroscienze, biologia quantitativa e salute digitale. Selezionata tra le 100 scienziate italiane più importanti, è visiting professor in molte università, tra cui Cornell, Weizmann e LMU.

Professor of General Pathology at the University of Milan, co-founder of the Center for Complexity and Biosystems, CEO of the spinoff ComplexData, she works on theoretical medicine, cancer, neuroscience, quantitative biology and digital health. Selected among

the top 100 Italian female scientists, she is visiting professor at many universities, including Cornell, Weizmann and LMU.



Stefano Zapperi - Professore di Fisica Teorica della Materia all'Università di Milano e coordinatore del Centro per la Complessità e i Biosistemi, si occupa di fisica statistica dei sistemi complessi, fisica dei materiali e biofisica. Ha ricevuto diversi premi internazionali, come il Premio Humboldt, due grant ERC, ed è fellow della American Physical Society.

Professor of Theoretical Physics of Matter at the University of Milan and coordinator of the Center for Complexity and Biosystems, he works on statistical physics of complex systems, materials physics and biophysics. He has received several international awards, such as the Humboldt Prize, two ERC grants, and is a fellow of the American Physical

Society.