

TRATTAMENTO DEI SEGNALI EEG PER IL RILEVAMENTO E PER LA PREDIZIONE DELLE CRISI EPILETTICHE

Nadia Mammone

Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti (DIMET),
Università degli Studi “Mediterranea” di Reggio Calabria

L'attività di ricerca svolta nel corso dell'ultimo anno dall'Unità di Ricerca di Reggio Calabria nell'ambito dell'elaborazione di segnali biomedici è stata ancora indirizzata allo studio dei segnali elettroencefalografici (EEG). In particolare ci si è orientati allo studio e l'implementazione di tecniche di tipo adattativo per la comprensione dei processi di sincronizzazione epilettica.

L'analisi delle correlazioni svolge un ruolo molto importante nell'elaborazione dei biosegnali: tradizionalmente, le correlazioni tra segnali possono essere rilevate solo nel dominio spettrale. Le definizioni classiche di coerenza sono adatte solo per i segnali stazionari. Recentemente sono stati introdotti nuovi tipi di coerenza, basati su rappresentazioni tempo-frequenza dei segnali fornite dalla trasformata wavelet. Ciò consente di analizzare le dinamiche tempo-frequenza delle proprietà di coerenza. Tuttavia, a causa della natura intrinsecamente non-locale del piano tempo-frequenza, dovuto alla relazione di incertezza del Heisenberg, si devono prendere in considerazione alcuni fattori per ottenere dei risultati ragionevoli. Con la coerenza classica è possibile sapere “quanto” siano simili due segnali in frequenza, con la coerenza wavelet si ha anche l'informazione di “quando” i segnali analizzati risultino essere simili. Usando wavelet *complesse* per analizzare i segnali si hanno due effetti contemporaneamente: informazioni di ampiezza e di fase vengono estratte dal segnale analizzato; c'è il tempo come parametro supplementare, quindi la variazione della coerenza nel tempo può essere misurata bene. Attraverso lo studio della coerenza wavelet, condotto su tracciati EEG di pazienti affetti da epilessia del lobo frontale, è stato possibile riscontrare un legame fra aumento di coerenza e esordio della crisi, il che è un importante punto di partenza per rilevamento automatico delle crisi stesse (*seizure detection*).

Per quanto riguarda il fronte della predizione (*seizure prediction*), gli sforzi della comunità scientifica sono tesi alla definizione di uno standard per la valutazione delle prestazioni degli algoritmi di predizione. A tale scopo, ormai da qualche anno, ha luogo il “International Workshop on Epileptic Seizure Prediction” (<https://epilepsy.uni-freiburg.de/>). Tale workshop è sede di illustrazione dei progressi della ricerca in materia di predizione delle crisi. L'unità di Reggio Calabria ha nel 2007 partecipato al Workshop, entrando a pieno titolo fra i gruppi che fanno ricerca avanzata nell'ambito della predizione delle crisi epilettiche. L'Unità di RC è inoltre entrata a far parte di un gruppo di confronto e condivisione delle risorse a disposizione (<https://epilepsy.uni-freiburg.de/freiburg-seizure-prediction-project/eeg-database/sharing-the-database>). L'attività di ricerca dell'Unità di RC trae in particolare ispirazione dagli studi condotti in questi anni dal gruppo guidato da Iasemidis, Sackellares e Principe, aventi come oggetto l'analisi delle dinamiche caotiche del cervello epilettico attraverso il *processing* di segnali EEG intracranici.

Recenti lavori in letteratura, proposti dall'Unità di RC, riguardano lo studio dell'entrainment fra i canali critici dell'EEG di superficie di pazienti epilettici: si è mostrato infatti come anche da EEG di superficie sia possibile stimare la convergenza dei profili STLmax e come tale entrainment appaia consistente con lo stato del cervello epilettico rispetto all'esordio di una crisi (Mammone et al. 2006 a). Un successivo lavoro mostra come

la tecnica ATSWA sia stata implementata e applicata al tracciato EEG di un paziente affetto da epilessia del lobo frontale e a due tracciati di un paziente soggetto a crisi generalizzate (Mammone et al. 2007). La tecnica è riuscita ad emettere un *warning* prima della crisi ed ha inoltre permesso di individuare in modo automatico gli elettrodi critici, coincidenti proprio con la zona del focolaio nel caso del paziente con epilessia parziale focale e con la zona frontale nel caso del paziente con assenze. Solo una minima parte dei lavori presenti in letteratura riguarda tracciati di pazienti affetti da crisi generalizzate.

Tuttavia, affinché si possa testare in modo esaustivo l'affidabilità di un algoritmo di predizione, è necessario analizzare tracciati della durata di molte ore e che includano diverse crisi. Sarebbe così possibile valutare la sensibilità, la specificità, l'orizzonte di predizione medio per poi individuare i punti di forza e i punti di debolezza della tecnica su cui lavorare per migliorarne la robustezza.

Un nuovo filone di ricerca è stato inoltre intrapreso dall'Unità di RC in collaborazione con il Computational NeuroEngineering Laboratory (CNEL, University of Florida, Gainesville, Florida, USA) guidato dal Dr. José C. Principe. Partendo da tracciati sia intracranici sia di superficie, è stato calcolato STLmax e successivamente sono state create delle mappe topografiche, a fine di osservare la distribuzione spaziale di STLmax nel tempo e quindi la distribuzione della caoticità nelle diverse aree cerebrali (Mammone et al. 2006 b). È stato inoltre creato un modello matematico di tale distribuzione spaziale di caoticità e la sua quantificazione ha fornito importanti risultati riguardanti l'epilettogenesi (Mammone et al. 2007 b).

Bibliografia

- [1] Maraun D, Kurths J, Holschneider M. *Non-stationary gaussian processes in wavelet domain: definitions estimation and significance testing*. Phys Rev Lett 2007;75(1):PRE 028701.
- [2] Maraun D, Kurths J. *Cross wavelet analysis: significance testing and pitfalls*, *Nonlinear Processes in Geophysics*. Nonlin Proc Geophys 2004;11(4):505–14.
- [3] Torrence C, Compo GP. *A practical guide to wavelet analysis*. Bull Am Meteorolog Soc 1998;79(1):61–78.
- [4] Klein A., Sauer T., Jedynek A., Skrandies W., *Conventional and Wavelet Coherence Applied to Sensory-Evoked Electrical Brain Activity*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 53, NO.2, p. 268
- [5] Iasemidis L.D. et al., (2003) "Adaptive epileptic seizure prediction system", IEEE TBE, Vol. 50(5), pp. 616-627.
- [6] Mammone N., Aguglia U., Campolo M., Fiasché M., Gambardella A., Inuso G., Labate A., La Foresta F., Le Piane E., Morabito F. C., Pucci F., (2007 a) "Analisi dell'EEG di superficie per la predizione delle crisi epilettiche", Aggiornamenti in Epilettologia, In press.
- [7] Mammone N., Aguglia U., La Foresta F., Latella A., and Morabito F.C., (2006 a) "Quantificazione delle dinamiche spazio-temporali dell'EEG di superficie di pazienti affetti da epilessia", Boll. Lega It. Epil., Vol. 133/134, pp. 17-18.
- [8] Mammone N., Morabito F. C., Principe J. C., (2006 b) "Visualization of the Short Term Maximum Lyapunov Exponent Topography in the Epileptic Brain", Proc. of: EMBC 2006, pp. 4257-4260.
- [9] Mammone N., Principe J. C., Morabito F. C., Shiau D. S., Sackellares J. C., (2007 b) "Visualization and Modelling of STLmax Topographic Brain Activity Maps", Submitted to: Journal of Clinical Neurophysiology.