XỬ LÝ ĐA KÊNH TÍN HIỆU ĐIỆN NÃO BẰNG PHƯƠNG PHÁP CỬA SỔ TRƯỢT ENTROPY ĐỂ XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ VÙNG ĐỘNG KINH

Trần Ngọc Quang*, Phạm Văn Thuận, Nguyễn Thị Ngọc Mai,
Phạm Đức Khánh, Phạm Duy Thái

Tóm tắt: *Nghiên cứu đưa ra cách tiếp cận chỉ số Sample Entropy (SE) của tín hiệu điện não trong các cơn động kinh. Nhóm nghiên cứu phân tích và đánh giá sự biến thiên Entropy của của tất cả các kênh trong bản ghi điện não (EEG) trước, trong và sau cơn động kinh trên bộ dữ liệu có sẵn "CHB-MIT scalp EEG database". Thuật toán khảo sát thời điểm xuất hiện cơn động kinh trên tất cả các kênh điện não để xác định vị trí của vùng nghi ngờ động kinh trong não bệnh nhân.*

Từ khóa: EEG; Động kinh; Entropy; SE; Cửa sổ trượt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động kinh (Epilepsy) là một bệnh rối loạn thần kinh khá nguy hiểm do nó làm mất khả năng tự kiểm soát hành vi của người bị bệnh. Theo thống kê của tổ chức Y tế thế giới (WHO), tỷ lệ người mắc bệnh động kinh trên thế giới khoảng 1% dân số thế giới [1]. Tỉ lệ này thay đổi tùy theo điều kiện địa lý, kinh tế, xã hội của mỗi nước, như ở Pháp và Mỹ là khoảng 0.85%, Canada là 0.6 %. Tại Việt Nam, khoảng 2% dân số bị bệnh động kinh, trong đó, gần 60% số bệnh nhân là trẻ em [2] .

Chuẩn đoán động kinh hiện nay ở Việt Nam dựa chủ yếu vào phương pháp lâm sàng thông qua nhận biết các dấu hiệu hay triệu chứng của các cơn co giật lâm sàng. Điện não đồ (EEG) ghi lại các biểu hiện hoạt động của não, là một xét nghiệm bổ trợ cho chuẩn đoán lâm sàng bệnh động kinh thông dụng nhất, đặc biệt là xác định thể loại động kinh và khu vực não bị tổn thương. Hiện nay, rất nhiều bệnh viện ở Việt Nam đã trang bị các thiết bị đo điện não đồ khá hiện đại. Tuy nhiên, việc phân tích và đánh giá dữ liệu vẫn phụ thuộc hoàn toàn vào kinh nghiệm chủ quan của các bác sĩ chuyên môn và kỹ thuật viên đo điện não đồ. Các cơn động kinh được biểu hiện bằng các xung tín hiệu đặc trưng trên màn hình máy đo. Các xung này có biên độ, hình dạng, tần số,… là bất thường.

Hầu hết các hệ thống phát hiện động kinh hiện tại chỉ tập trung vào phân tích dữ liệu EEG trên một kênh tại một thời điểm chứ không xử lý các tín hiệu não đồng thời trên nhiều kênh. Khi quan sát dữ liệu EEG của các bệnh nhân bị động kinh, NCS nhận thấy rằng, khả năng xuất hiện các cơn động kinh trên các kênh gần nhau trong cùng một thời điểm là cao nên phương pháp xử lý đa kênh đồng thời có thể sẽ cho phép khai thác mối liên hệ theo không gian của các cơn động kinh, tăng hiệu quả phát hiện cơn động kinh và vùng não khởi phát cơn động kinh đó. Indiradevi là một trong số ít các nhà khoa học đề cập đến định vị khu vực não tổn thương gây nên các cơn động kinh trong tín hiệu điện não đồ sử dụng đồng thời thông tin từ nhiều kênh [3].

Entropy thường được xem như là chỉ số mức độ hỗn loạn của một hệ động lực và có thể dùng để phân tích tính không dự báo trước của tín hiệu EEG [4]. Đã có nhiều nghiên cứu sử dụng Entropy để phân tích tín hiệu điện não trong các cơn động kinh và nhận thấy, Entropy giảm xuống trong cơn [5, 6].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp sử dụng cửa sổ trượt Entropy để xác định các cơn động kinh và thời điểm khởi phát cơn động kinh trên từng kênh tín hiệu điện não. Với phương pháp này thì các cơn động kinh được phát hiện bao gồm đầy đủ các thông số về điểm khởi đầu, điểm kết thúc và độ dài của cơn. Thông thường các điện cực gắn ở gần khu vực khởi phát động kinh sẽ thu được tín hiệu động kinh sớm hơn các

điện cực còn lại [7] và chúng tôi đề xuất thuật toán tính toán điểm khởi phát các cơn động kinh ở tất cả các kênh và tìm ra những kênh khởi phát sớm nhất để khoanh vùng nghi ngờ ổ động kinh trên não bệnh nhân.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Entroly lựa chọn (SE- Sample Entropy)

Entropy lựa chọn là một trong số Entropy dạng mới và cho thấy kết quả rất tốt khi phân tích tín hiệu điện não so với các phương pháp khác. Do thuật toán có thể tính toán với mẫu chọn ngắn (tới 1000 mẫu) và ổn định khi có nhiễu tác động nên thuật toán tính SE có thể được dùng để phân tích dữ liệu online. Nhóm tác giả đã có công bố nghiên cứu sử dụng SE Entropy để xác định hiệu quả các cơn động kinh [6].

2.2 Thuật toán tính SE

- *Bước 1:* Giả sử X là một chuỗi dữ liệu chứa N điểm dữ liệu:

$$X = \left[x(1), x(2), ...x(N)\right]$$

Tạo m vector từ chuỗi X: $X_m(1),...,X_m(N-m+1)$ và được định nghĩa như sau:

$$X_m(i) = \left[x(i), x(i+1), ...x(i+m-1)\right]$$

$X_m(i)$ là chuỗi con thu được bằng cách thay đổi *i* từ 1 đến *N-m* trong đó:

$1 \le i \le N\text{-}m$, *m* - số lượng mẫu được sử dụng để dự đoán.

Các vectơ này đại diện cho m giá trị X liên tiếp, bắt đầu từ mẫu thứ i.

- *Bước 2:* Lựa chọn mức lọc độ sai lệch r: r = 0.1*SD (SD - độ lệch chuẩn của X).

- *Bước 3:*

Khoảng cách giữa hai vector $X_m(\mathrm{i})$ và $X_m(j)$ được định nghĩa là sự khác biệt tuyệt đối tối đa giữa các thành phần vô hướng của chúng:

$$d\left[X_m(\mathrm{i}), X_m(j)\right] = \max_{k=0,..,m-1}\left(\left|x\left(i+k\right) - x\left(j+k\right)\right|\right) \quad (1)$$

- *Bước 4:*

Với mỗi $X_m(\mathrm{i})$ ta tính số lượng *j,* $(1 \le j \le N-m, j \ne i)$ sao cho $d\left[X_m(\mathrm{i}), X_m(j)\right] \le r$, , số lượng đó ký hiệu là C_i và với $(1 \le i \le N-m)$ ta có:

$$C_i^m(r) = \frac{1}{N-m-1} C_i \quad (2)$$

Ở đây, lưu ý rằng chỉ *N-m* vectơ đầu tiên có chiều dài m được xem xét $(1 \le i \le N-m)$, đồng thời vetor $X_{m+1}(\mathrm{i})$ cũng được tính.

- *Bước 5:*

$\theta^m(r)$ được tính như sau:

$$\theta^m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} C_i^m(r) \quad (3)$$

- *Bước 6:* Tăng m thành m+1 và tính $\theta^{m+1}(r)$:

$$\theta^{m+1}(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} C_i^{m+1}(r) \quad (4)$$

- *Bước 7:* Tính giá trị SE (sample Entropy):

$$SE\left(N,m,r\right)=\ln\frac{\theta_r^m}{\theta_r^{m+1}} \tag{5}$$

3. PHÂN TÍCH VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU

3.1. Dữ liệu phân tích

Dữ liệu phân tích khai thác từ cơ sở dữ liệu "CHB-MIT scalp EEG database" được chia sẻ tại physionet.org. Cơ sở dữ liệu này được thu thập tại Bệnh viện Nhi Boston, bao gồm các bản ghi EEG từ các bệnh nhân là trẻ em với các cơn động kinh. Tần số lấy mẫu của tất cả các bản ghi là 256 mẫu/giây, với độ phân giải 16 bit.

Hầu hết mỗi bản ghi bao gồm 23 tín hiệu EEG (một số tường hợp là 24 hoặc 26) với thời gian khoảng 1 giờ. Vị trí gắn điện cực theo chuẩn 10 - 20 quốc tế, tên của từng tín hiệu EEG được gắn theo các bản ghi như trên hình 1. Trong các bản ghi có cơn động kinh thì thời điểm bắt đầu và kết thúc của từng cơn đều được ghi chú rất đầy đủ giúp cho nhóm tác giả có thể dễ dàng xác định các tín hiệu EEG, các phân đoạn trước, trong và sau cơn.

Thông thường để thu tín hiệu EEG chúng ta sẽ dùng một bộ điện cực gắn trên da đầu theo hệ thống đặt điện cực 10-20 của quốc tế (the 10-20 International System).

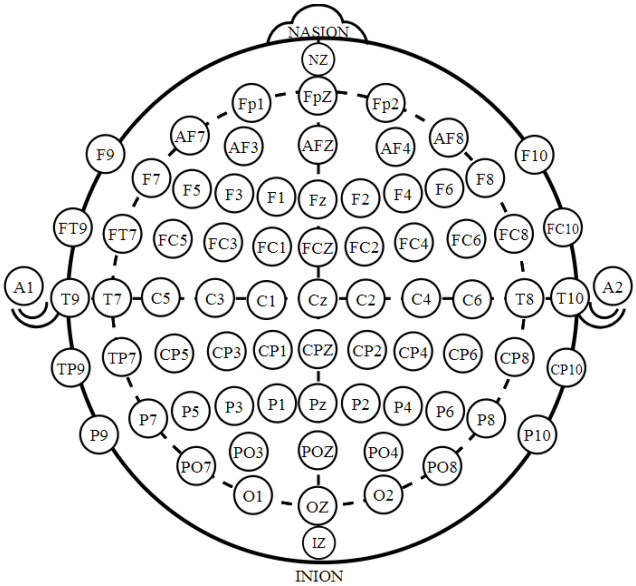
Ta lấy các điểm mốc sau đây:

- Điểm gốc mũi (nasion), nằm giữa 2 chân lông mày (glabella);
- Điểm chẩm (inion);
- Ống tai ngoài 2 bên.

Với các ký hiệu sau đây:

- F là trán (Frontal);
- O là chẩm (Occipital);
- C là trung tâm (Central);
- P là đỉnh (Parietal).

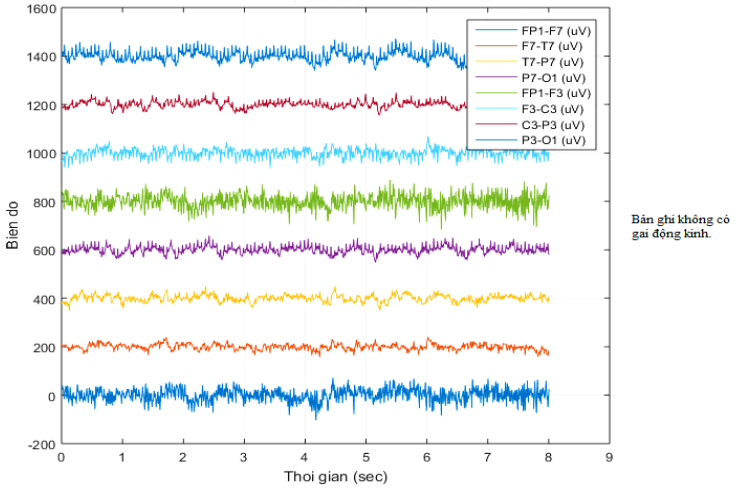
Đánh số lẻ nếu là bên trái, và số chẵn nếu là bên phải.



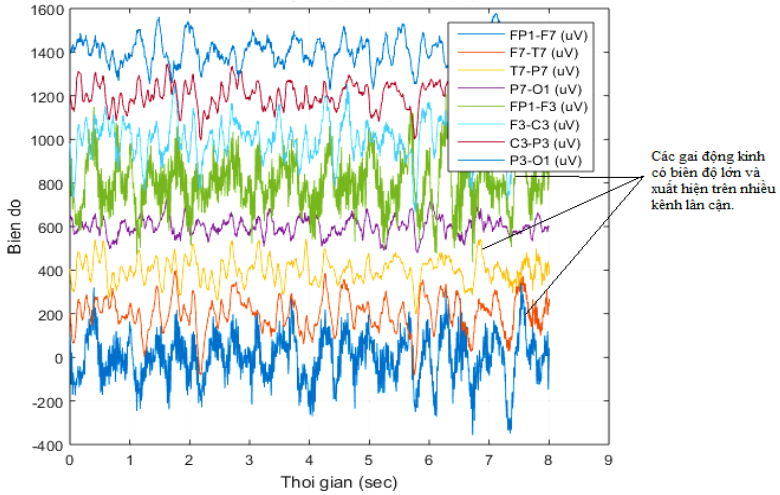
Fp1: Cực trán T
Fp2: Cực trán P
F3: Trán trái
F4: Trán phải
F7: Trán dưới (Thái dương trước) T
F8: Trán dưới (Thái dương trước) P
C3: Trung tâm (Ronaldo) T
C4: Trung tâm (Ronaldo) P
T3: Thái dương giữa T
T4: Thái dương giữa P
T5: Thái dương sau T
T6: Thái dương sau P
P3: Đỉnh T
P4: Đỉnh P
O1: Chẩm T
O2: Chẩm P
Fz: Trán giữa
Cz: Trung tâm giữa
Pz: Đỉnh giữa

Hình 1. *Bố trí điện cực điện não và các kênh theo chuẩn 10-20 quốc tế.*

Hình 2 và 3 là các trích đoạn 8s tín hiệu điện não khác nhau (8 kênh tín hiệu theo thứ tự từ trên xuống tương ứng với tên kênh theo chuẩn quốc tế), trên hình 2 là trích đoạn không có cơn động kinh-trên tất cả các kênh không xuất hiện các gai sóng. Trên hình 3 là trích đoạn 8s tín hiệu điện não trong cơn động kinh. Khi so sánh hai hình có thể nhận thấy, ở trong cơn động kinh thì tín hiệu điện não xuất hiện các gai sóng với biên độ lớn và thường xuất hiện đồng thời trên các kênh lân cận.



Hình 2. *Trích đoạn tín hiệu EEG bản ghi chb01_02 (không có cơn động kinh).*



Hình 3. *Trích đoạn tín hiệu EEG bản ghi chb01_03 trong cơn động kinh.*

3.2. Thuật toán xử lý đa kênh phát hiện vùng khởi phát động kinh

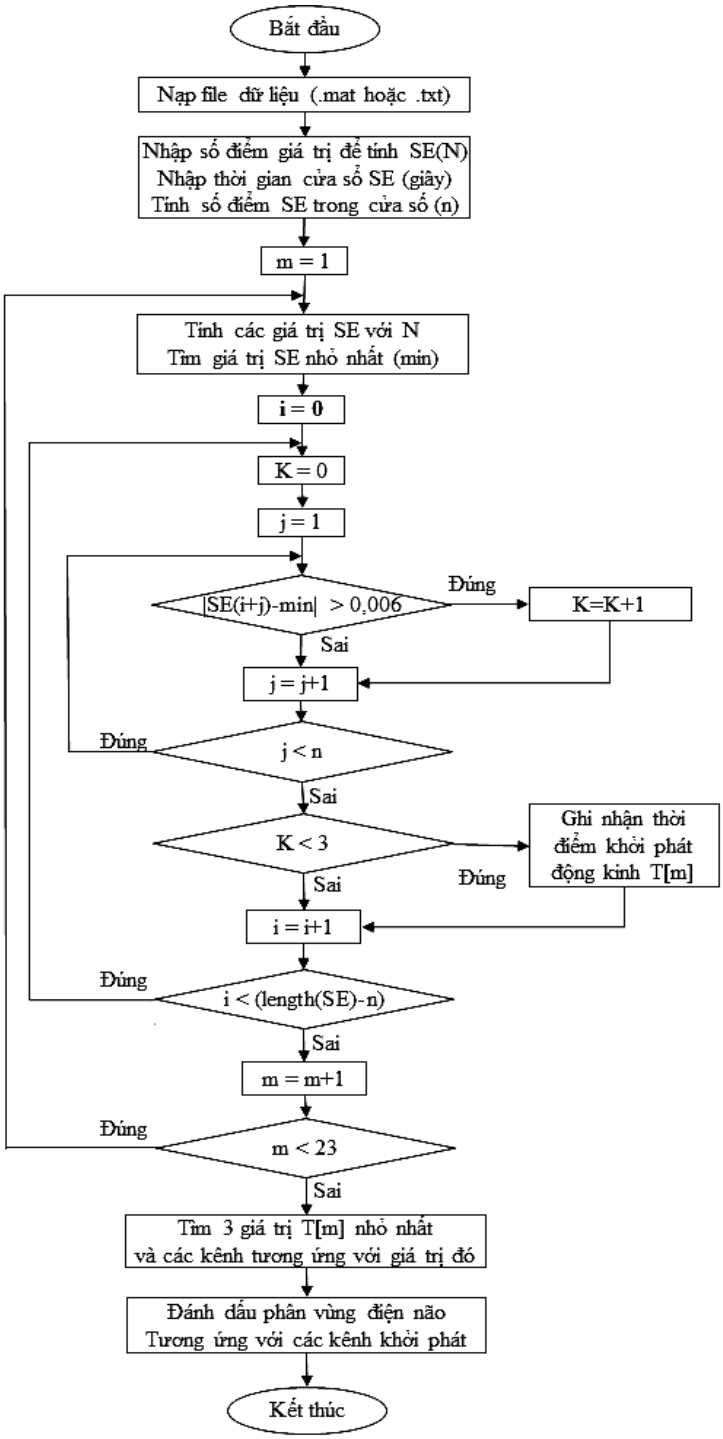
Nhóm nghiên cứu đã xây dựng thuật toán phân tích tín hiệu điện não để tự động phát hiện vùng khởi phát các cơn động kinh dựa trên phần mềm Matlab với lưu đồ thuật toán như trên hình 4:

- Bước 1:

Nạp file dữ liệu vào bộ nhớ (dữ liệu ở dạng .mat hoặc .txt).

- Bước 2:

Nhập số lượng mẫu liên tiếp để tính toán Entropy (N), khoảng thời gian bắt đầu và kết thúc của đoạn dữ liệu cần khảo sát, cửa sổ Entropy để tự động tìm đoạn động kinh (giây). Nghiên cứu [6] cho thấy, tham số cửa sổ tối ưu là 4 giây và N = 128.



Hình 4. *Lưu đồ thuật toán tự động phát hiện vùng khởi phát động kinh.*

- Bước 3:

Tính toán các giá trị Entropy, tìm giá trị Entropy nhỏ nhất tương ứng với các kênh (từ kênh 01 đến kênh 23).

- Bước 4:

Cho cửa sổ tìm đoạn động kinh trượt từ giá trị Entropy đầu tiên đến giá trị Entropy cuối

cùng với khoảng dịch chuyển là 1 giá trị Entropy (với cửa sổ 4 giây, N = 128 thì mỗi cửa sổ có 8 giá trị Entropy và hai cửa sổ liên tiếp có sự chồng lấn 7 giá trị Entropy tương đương với tỉ lệ chồng lấn 87,5%), các giá trị của Entropy trong cửa sổ được so sánh lần lượt với giá trị Entropy nhỏ nhất. Nếu trong đoạn cửa sổ có tối đa 2 giá trị Entropy vượt quá ngưỡng 0,006 [6] so với Entropy nhỏ nhất thì chúng ta đưa ra khẳng định đoạn dữ liệu trong cửa sổ đó là cơn động kinh và ghi nhận giá trị thời điểm bắt đầu cơn động kinh A[m] của kênh đó .

- Bước 5:

Từ tập hợp A[m] các giá trị thời điểm bắt đầu cơn động kinh của tất cả 23 kênh, nhóm nghiên cứu tìm 03 giá trị nhỏ nhất và căn cứ vào các kênh tương ứng với 3 giá trị đó để khoanh vùng vị trí ổ động kinh trên não bệnh nhân.

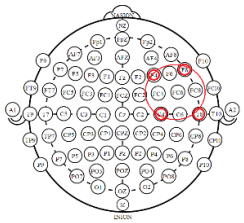
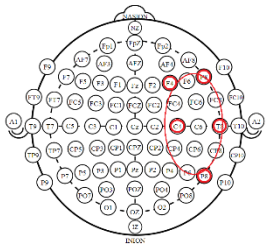
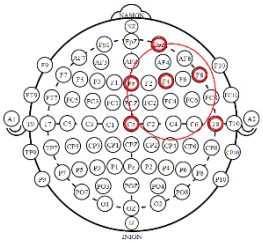
- Bước 6:

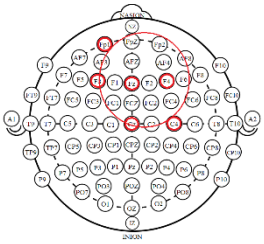
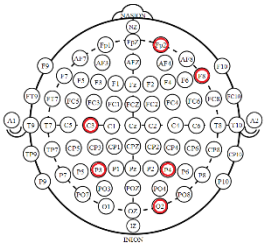
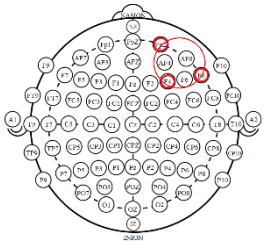
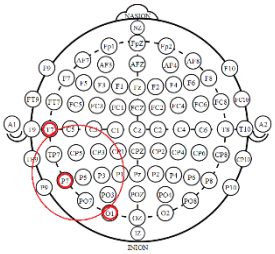
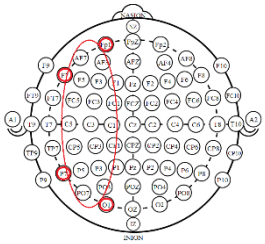
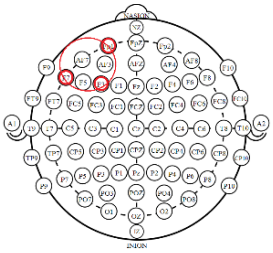
Vẽ phân vùng ổ động kinh trên sơ đồ bố trí điện cực điện não dựa trên các kênh có điểm khởi phát nhỏ nhất đã tìm ra ở bước 5 (các kênh khởi phát động kinh sớm nhất).

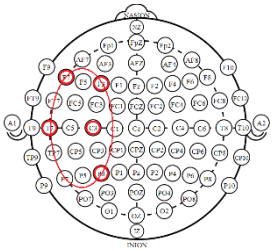
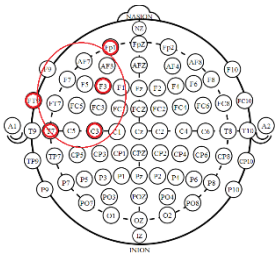
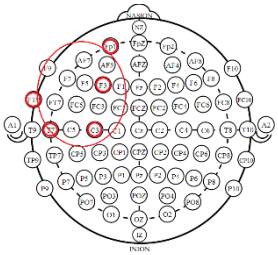
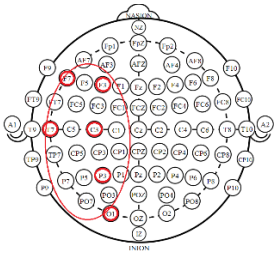
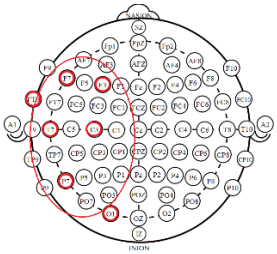
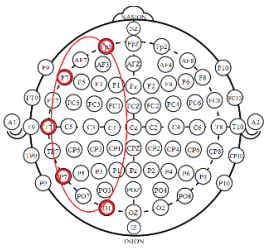
3.3. Kết quả phân tích

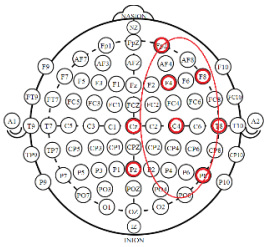
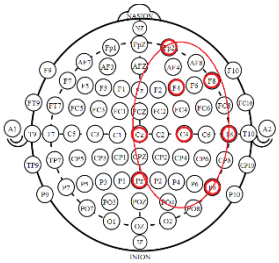
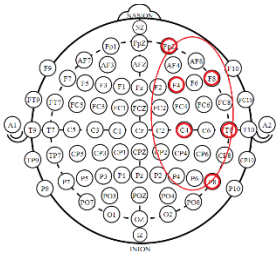
Bảng số 1 thống kê một số kết quả phân tích trên các bản ghi khác nhau của các bệnh nhân khác nhau. Qua kết quả đánh giá của thuật toán các vùng khởi phát động kinh tương ứng với các kênh có thời điểm bắt đầu động kinh sớm nhất và vùng nghi ngờ khởi phát động kinh được khoanh vùng màu đỏ.

Bảng 1. *Kết quả phân tích tự động các file dữ liệu.*

Thứ tự bệnh nhân	Tên file dữ liệu	Thứ tự kênh	Tên kênh	Thời điểm khởi phát (giây)	Hình ảnh vùng não nghi ngờ khởi phát động kinh
1	chb01_04_edfm	21	FT9-FT10	1464	
		14	F8-T8	1465.5	
		10	F4-C4	1466.5	
	chb01_15_edfm	14	F8-T8	1729	
		10	F4-C4	1729	
		23	T8-P8	1730	
	chb01_16_edfm	9	FP2-F4	1011	
		14	F8-T8	1011	
		17	FZ-CZ	1011	

	chb01_18_edfm	10	F4-C4	1717	
		17	FZ-CZ	1717.5	
		5	FP1-F3	1718	
2	chb02_16_edfm	13	FP2-F8	127.5	
		7	C3-P3	128.5	
		12	P4-O2	128.5	
	chb02_19_edfm	13	FP2-F8	3356.5	
		9	FP2-F4	3357	
		21	FT9-FT10	3357.5	
3	chb03_01_edfm	21	FT9-FT10	362	
		4	P7-O1	362.5	
		19	P7-T7	362.5	
		22	FT10-T8	362.5	
	chb03_02_edfm	21	FT9-FT10	732	
		1	FP1-F7	735	
		4	P7-O1	735	
	chb03_04_edfm	21	FT9-FT10	2161.5	
		1	FP1-F7	2162	
		5	FP1-F3	2162	

4	chb05_06_edfm	2	F7-T7	400.5	
		6	F3-C3	400.5	
		7	C3-P3	400.5	
	chb05_13_edfm	5	FP1-F3	1075.5	
		6	F3-C3	1075.5	
		20	T7-FT9	1075.5	
	chb05_16_edfm	5	FP1-F3	2303	
		6	F3-C3	2303	
		20	T7-FT9	2301	
5	chb06_01_edfm	2	F7-T7	1718.5	
		6	F3-C3	1718.5	
		7	C3-P3	1718.5	
		8	P3-O1	1718.5	
	chb06_04_edfm	2	F7-T7	320.5	
		4	P7-O1	321	
		6	F3-C3	320.5	
		20	T7-FT9	320.5	
	chb06_13_edfm	1	FP1-F7	490.5	
		2	F7-T7	490.5	
		3	T7-P7	490.5	
		4	P7-O1	491	

6	chb11_82_edfm	10	F4-C4	250.5	
		13	FP2-F8	250.5	
		18	CZ-PZ	251	
		23	T8-P8	250.5	
	chb11_92_edfm	10	F4-C4	2680.5	
		13	FP2-F8	2680.5	
		18	CZ-PZ	2680.5	
		23	T8-P8	2680.5	
	chb11_99_edfm	10	F4-C4	1430.5	
		13	FP2-F8	1430.5	
		23	T8-P8	1430.5	

Nhóm nghiên cứu khảo sát 06 bệnh nhân, mỗi bệnh nhân sử dụng 03-04 file dữ liệu để đối chiếu vùng khởi phát động kinh, mỗi file dữ liệu được ghi ở các thời điểm khác nhau. Ví dụ: khảo sát 04 file dữ liệu của bệnh nhân số 01 thì nhóm nghiên cứu đưa ra vùng nghi ngờ ổ động kinh khởi phát ở bán cầu não phải. Bệnh nhân số 02 có vùng nghi ngờ khởi phát động kinh là ở vùng thái dương thuộc bán cầu não phải và bệnh nhân số 03 có vùng nghi ngờ khởi phát động kinh là vùng não trái tương ứng với các khoanh vùng trên hình vẽ ở cột hình ảnh của bảng 1.

4. KẾT LUẬN

Trong các cơn động kinh thì tín hiệu điện não của các kênh trên vùng não bị bệnh sẽ có dấu hiệu khởi phát sớm nhất, từ đó nhóm nghiên cứu đã xây dựng được thuật toán để tự động phát hiện thời điểm khởi phát động kinh trên tất cả các kênh điện não, căn cứ vào thời điểm khởi phát sớm nhất tương ứng với kênh điện não thì các bác sỹ hoàn toàn có thể định vị được khu vực nghi ngờ khởi phát (ổ động kinh) động kinh trên não bệnh nhân. Tuy nhiên, những phát hiện này chỉ mang tính chủ quan theo kết quả tính toán của nhóm nghiên cứu do không có cơ sở đối chiếu (bộ dữ liệu này không có thông tin về vùng khởi phát động kinh đối và cũng chưa có nghiên cứu nào khảo sát vùng khởi phát).

Hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả là sẽ tiến hành thử nghiệm tại bệnh viện với việc kết hợp đánh giá của các bác sĩ để kiểm chứng kết quả của thuật toán đề xuất xác định vị trí cơn động kinh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Jerome Engel Jr., M., PhD; Timothy A. Pedley MD, Epilepsy: *"A Comprehensive Textbook"*. 2008, Lippincott Williams & Wilkins.

[2]. Nga, P.V., *"Nghiên cứu chẩn đoán và theo dõi kết quả điều trị động kinh toàn thể ở trẻ em (từ 6 - 15 tuổi)"*. 2002, Học viện Quân y, Hà Nội.

[3]. Indiradevi, K.P., et al., *"A multi-level wavelet approach for automatic detection of epileptic spikes in the electroencephalogram"*. Computers in biology and medicine, 2008. 38: p. 805-16.

[4]. Tsvetkov, O., *"Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике". 2015*.

[5]. Anderson, R. and J. Jakobsson, *"Entropy of EEG during anaesthetic induction: A comparative study with propofol or nitrous oxide as sole agent."* British journal of anaesthesia, 2004. 92: p. 167-70.

[6]. Trần Ngọc Quang, Phạm Van Thuận., *"Tự động phát hiện các cơn động kinh bằng phương pháp cửa sổ trượt Entropy "*. Journal of Science and Technique - N.201 (8-2019) - Le Quy Don Technical University

[7]. Murin, Y.A.-O., et al., *SozRank: "A new approach for localizing the epileptic seizure onset zone"*. (1553-7358 (Electronic)).

[8]. Bruce, E.N., M.C. Bruce, and S. Vennelaganti, *"Sample entropy tracks changes in electroencephalogram power spectrum with sleep state and aging."* Journal of clinical neurophysiology : official publication of the American Electroencephalographic Society, 2009. **26**(4): p. 257-266.

[9]. Kannathal, N., et al., *"Entropies for detection of epilepsy in EEG"*. Computer methods and programs in biomedicine, 2006. **80**: p. 187-94.

[10]. Lio, P. and Y. Song, *"A new approach for epileptic seizure detection: sample entropy based feature extraction and extreme learning machine"*. Journal of Biomedical Science and Engineering, 2010. **3**: p. 556-567.

[11]. Srinivasan, V., C. Eswaran, and N. Sriraam, *"Approximate Entropy-Based Epileptic EEG Detection Using Artificial Neural Networks"*. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2007. **11**(3): p. 288-295.

[12]. Bai, D., T. Qiu, and X. Li, *"The sample entropy and its application in EEG based epilepsy detection."* Sheng wu yi xue gong cheng xue za zhi = Journal of biomedical engineering = Shengwu yixue gongchengxue zazhi, 2007. **24**: p. 200-5.

[13]. Li, P., et al., *"Classification of 5-S Epileptic EEG Recordings Using Distribution Entropy and Sample Entropy"*. Frontiers in Physiology, 2016. **7**: p. 136.

[14]. Song, Y., J. Crowcroft J Fau - Zhang, and J. Zhang, *"Automatic epileptic seizure detection in EEGs based on optimized sample entropy and extreme learning machine"*. (1872-678X (Electronic)).

[15]. Koren, Johannes, Gritsch, Gerhard Pirker, *"Automatic ictal onset source localization in presurgical epilepsy evaluation."* Clinical Neurophysiology, 2018

[16]. Ashraf Anwar, *"An Entropy-based Feature in Epileptic Seizure Prediction Algorithm''* . IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), 2015 p47-54.

[17]. Li, Peng Karmakar, *"Detection of epileptic seizure based on entropy analysis of short-term EEG''*. PLOS ONE , 2018

[18]. Reza, Mohammad Arefin, A. S. M. "*Epileptic Seizure Prediction and Source Localization using Entropy Analysis of Scalp EEG''*. Bangladesh Journal of Medical Physics, 2019,p16-25.

ABSTRACT

A MULTI-CHANNEL PROCESSING ALGORITHM EEG SIGNALS USING ENTROPY SLIDING WINDOW TO DETECT SEIZURES TRIGGER AREA

In this research, an approach of Entropy index for analyzing electroencephalography (EEG) in epilepsy is supposed. The Entropy change of all EEG channels is evaluated and analyzed before, during, and after an epilepsy fit on the available dataset "CHB-MIT scalp EEG database". A new algorithm to investigate the time when seizures occur on all EEG channels to determine the location of suspected seizures in the patient's brain is built.

Keywords: EEG; Epilepsy; Entropy; Sliding window.

Nhận bài ngày 28 tháng 8 năm 2020
Hoàn thiện ngày 09 tháng 10 năm 2020
Chấp nhận đăng ngày 15 tháng 10 năm 2020

Địa chỉ: Học viện Kỹ thuật quân sự.
*Email: ngocquangbme@gmail.com.