

## پیش‌بینی اختلال کمبود توجه و بیش‌فعالی با استفاده از تحلیل چندفراکتالی نوسانات روندزدایی

شده

روشنی، فریناز<sup>۱</sup>؛ روزبهی، زهرا<sup>۱</sup>؛ محمدحسینی ترامونی، سونیا<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک، دانشگاه الزهرا، تهران

<sup>۲</sup> باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، رباط کریم، ایران

### چکیده

در این پژوهش با استفاده از ابزار آماری تحلیل چندفراکتالی نوسانات روندزدایی شده، موج‌های موج‌نگاری مغز تحلیل شده‌اند. داده‌های EEG مربوط به دو گروه پنج نفره کودکان هفت تا سیزده سال (گروه مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی و گروه نرمال) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که فعالیت‌های مغزی افراد به صورت چندفراکتالی است. شدت چندفراکتالی بودن در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی نسبت به افراد نرمال کمتر است. از این رو این روش به عنوان معیاری برای پیش‌بینی ابتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی پیشنهاد می‌شود.

## Predicting 'Attention Deficit Hyperactivity Disorder' using multifractal detrended fluctuation analysis

Roshani, Farinaz<sup>1</sup>; Roozbehi, Zahra<sup>1</sup>; Mohammad Hosseini Toramuni, Sonia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Alzahra University, Tehran

<sup>2</sup> Young Researchers And Elite club, Robotkarim Branch, Islamic Azad University, Robotkarim, Iran

### Abstract

This study investigated the EEG patterns for normal and abnormal states of subjects in the framework of multifractal detrended fluctuation analysis (MFDFA). The patterns were found to be multifractal for both states. The degree of multifractality was found to be lower in ADHD signals compared to the normal signals. So this technique proposed to use for detection and diagnosis of ADHD.

PACS No. 90.10

### مقدمه

عوامل ژنتیکی، می‌توانند کارآمدی عملکرد مغز را تحت تأثیر قرار

دهند.

بدون شک، اختلال کمبود توجه اختلالی است که در دهه‌های اخیر، توجه عموم را به خود جلب کرده است. هر کودکی که بدرفتار، وحشی<sup>۳</sup>، کسل و یا از نظر عملکرد تحصیلی، ضعیف است در معرض خطر تشخیص اختلال کمبود توجه با یا بدون بیش-فعالی قرار دارد [۱].

qEEG<sup>۴</sup> یکی از فنون مرسوم سنجش این اختلال است و از طریق الکترودهایی که به صورت سیستم بین المللی ۲۰-۱۰ به سر وصل

اختلال کمبود توجه با<sup>۱</sup> یا بدون بیش‌فعالی<sup>۲</sup>، یکی از شایع‌ترین اختلالات دوران کودکی است. این اختلال در صورتی که درمان نشود تا سنین نوجوانی و بزرگسالی نیز ادامه می‌یابد و کارکردهای تحصیلی، شغلی و اجتماعی فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اختلال کمبود توجه پی‌آمد آسیب مغزی است. این آسیب، گاهی آشکار و گاهی کاملاً خفیف است. عواملی از قبیل ضربه هنگام تولد، سوءتغذیه، فلزات سمی، آسیب جسمی، حساسیت‌ها و

<sup>3</sup> Rambunctious

<sup>4</sup> Quantitative Electroencephalography

<sup>1</sup> Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)

<sup>2</sup> Attention Deficit Disorder (ADD)

در معادله (۱) کمیت  $\langle x \rangle$  میانگین  $x$  ها می‌باشد؛ که برای حذف روندهایی که از جمع بستن سری ناشی می‌شود؛ لازم است در هر مرحله‌ی جمع بستن، کم شود. سری جدید  $Y(i)$  را به  $N_s = \text{int}(N/s)$  بخش مستقل که هر یک دارای  $s$  نقطه می‌باشد، تقسیم می‌کنیم. بنابراین در مجموع  $N_s$  قسمت وجود خواهد داشت که داده‌های مربوط به هر قسمت با یک چندجمله‌ای برازش داده می‌شود تا روند محلی در هر قسمت مشخص شود. از آن جایی که اغلب، طول سری مضرب صحیحی از مقیاس  $s$  نیست؛ یک بخش کوچک از انتهای سری تجمعی باقی می‌ماند که برای نادیده نگرفتن آن، یک بار دیگر از انتهای سری تجمعی، آن را به بخش‌های مستقل با طول یکسان  $s$  تقسیم می‌نماییم. بنابراین در مجموع  $2N_s$  قسمت به دست می‌آید.

چندجمله‌ای برازش شده در قسمت  $v$ ام با  $y_v$  نشان داده می‌شود. اکنون در هر قسمت  $v$ ، کمیت زیر که شبیه واریانس می‌باشد محاسبه می‌شود:

$$F^2(s, v) \equiv \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[(v-1)s+i] - y_v(i)\}^2 \quad (2)$$

برای بدست آوردن تابع افت و خیز مرتبه  $q$ ، بر روی کل بلوک‌ها میانگین مرتبه  $q$  گرفته می‌شود:

$$Fq(s) \equiv \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F^2(s, v)]^{\frac{q}{2}} \right\}^{\frac{1}{q}} \quad (3)$$

$q$  در واقع گشتاورهای مختلف سری زمانی است و هر مقدار حقیقی غیر صفری را می‌تواند اتخاذ کند. هر چه  $q$  بالاتری را انتخاب کنیم در واقع به دم‌های تابع توزیع که اتفاقات نادر سری زمانی هستند؛ نزدیکتر شده‌ایم.  $q$ های منفی متناسب با افت و خیزهای کوچک در سری زمانی می‌باشند.

حال مراحل بالا را برای  $s$ های متفاوت تکرار می‌کنیم. مقیاس رفتاری مربوط به  $q$  امین گشتاور نوسان، با کشیدن نمودار لگاریتمی  $Fq(s)$  بر حسب  $q$  حاصل می‌شود. اگر سری زمانی همبستگی بلندمدت داشته باشد؛ در این صورت خواهیم دید که تابع واریانس به شکل توانی افزایش می‌یابد:

$$Fq(s) \propto s^{H(q)} \quad (4)$$

شده اند ضبط می‌شود. امواج مغزی با دستگاه EEG، ۴۰ کاناله Neuro Eb و با استفاده از یک کلاه مخصوص که روی سر قرار می‌گیرد از ۱۹ نقطه سر ثبت می‌گردد. برای تحلیل qEEG پس از ثبت امواج مغزی نسبت موج تتا به بتا روی نقاط FZ و Cz با گروه سالم مقایسه می‌شود [۲]. پژوهش‌ها نشان داده اند که در qEEG افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی، این نسبت بالاتر از سایرین است [۳].

با این وجود در واقع هیچ راه مشخص و استاندارد برای تشخیص این اختلال وجود ندارد. این امر مستلزم مداخله‌ی گسترده‌ی متخصصان حرفه‌ای سلامت روان می‌باشد که به محدوده‌ی اختلالات رفتاری و تفاوت‌هایشان با اختلال کمبود توجه همراه با بیش‌فعالی و نیز اختلاط آن‌ها با هم آگاه هستند. اما این فرآیندی هزینه بر و زمان بر است [۴و۵].

از طرفی در موارد زیادی، پس از یک ارزیابی کامل از کودکانی که برچسب اختلال کمبود توجه گرفته بودند؛ متوجه تشخیص اشتباه می‌شویم. تنها به علت تمرکز روی این اختلال، در زمان تشخیص، بسیاری از افراد، به اشتباه، برچسب این اختلال را می‌گیرند که این برچسب‌ها ممکن است برای مدت زیادی روی آن‌ها بمانند [۱].

از این رو شاید بتوان گفت امر تشخیص بسیار مهم بوده و لزوم جستجو برای روش‌های تشخیصی دقیق تر را ایجاب می‌کند.

## روش محاسبات

روش تحلیل چندفراکتالی نوسانات روندزدایی شده که توسط کنتل هاردت و همکاران ارائه گردید [۶]؛ درحقیقت علاوه بر تعیین نماهای مهم فیزیکی فرآیندها، خواص چند فراکتالی آن‌ها را نیز تعیین کرده و منشاء ایجاد این چندفراکتالی را مشخص می‌کند. این روش شامل پنج مرحله به شرح زیر است:

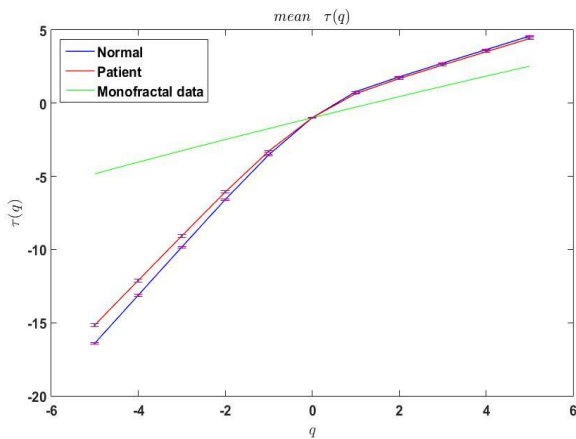
سری زمانی یک بعدی را به صورت  $x_i, i=1, \dots, N$  در نظر می‌گیریم. در مرحله اول سری زمانی تجمعی به این صورت ساخته می‌شود:

$$Y_i \equiv \sum_{k=1}^i [x_k - \langle x \rangle], \quad i=1, \dots, N \quad (1)$$

$H(q)$  وابسته به  $q$  باشد سری زمانی دارای خاصیت چندفراکتالی می باشد و در غیر این صورت سری تکفراکتالی خواهد بود .  
 در شکل ۱ نمودار  $H(q)$  برای اشخاص سالم (A-۱) و بیمار (۱- B) جداگانه و متوسط  $H(q)$  (C-۱) برای آن‌ها رسم و با حالت تکفراکتالی مقایسه شده است. از روی نمودار می توان رفتار چندفراکتالی را به وضوح مشاهده کرد. همچنین مشاهده می شود که شدت چندفراکتالی در افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی نسبت به افراد سالم کاهش یافته است.  
 کمیت مهم دیگر در این تحلیل، نمای مقیاسی چندفراکتالی است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\tau(q) = qH(q) - 1 \quad (5)$$

چنانچه شیب این خط یکتا باشد؛ رفتار سیستم تکفراکتال و اگر دارای شکستگی باشد؛ چندفراکتالی است. این کمیت در شکل ۲ نشان داده شده است.

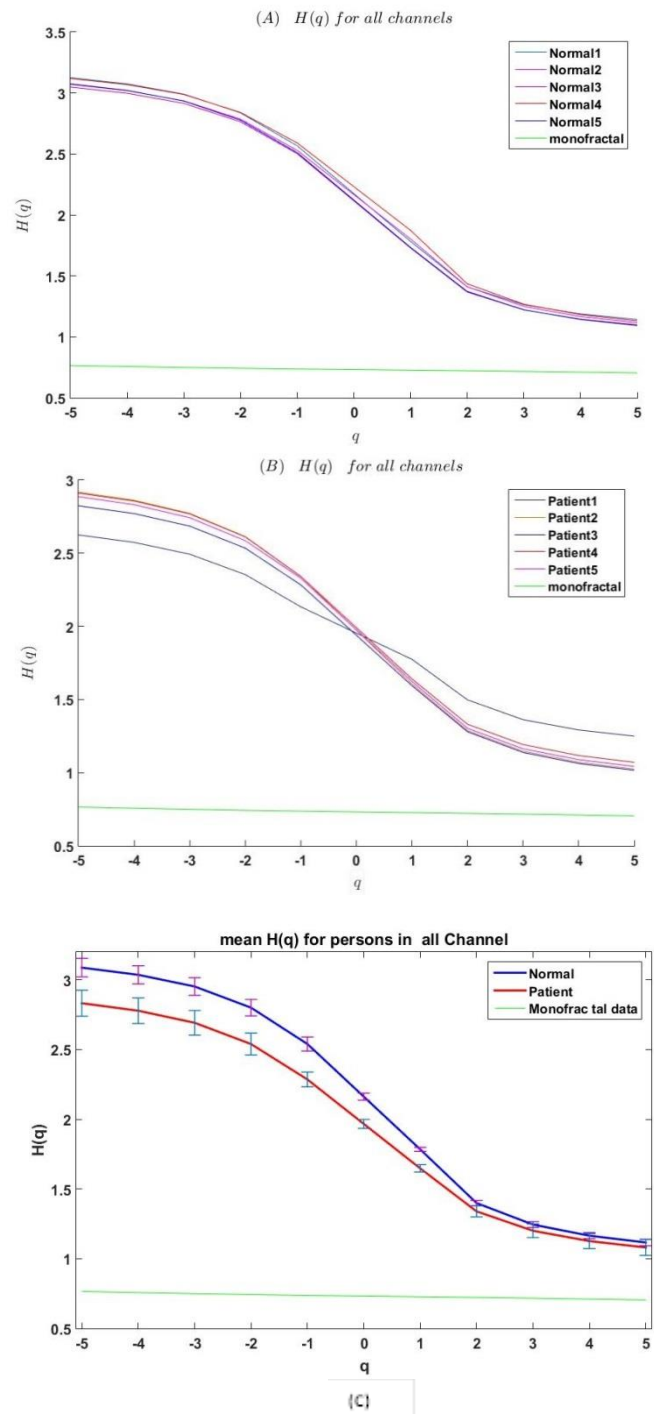


شکل ۲: نمای مقیاسی چندفراکتالی برای حالات افراد سالم، افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی و مقایسه با حالت تکفراکتال

یک شیوهی دیگر برای توصیف خواص چندفراکتالی فرآیندها استفاده از طیف تکینگی،  $F(\alpha)$ ، است که می تواند با تبدیل لژاندر، برحسب نمای مقیاسی چندفراکتالی و برحسب  $H(q)$  به صورت زیر نوشته شود:

$$\alpha \equiv H(q) + q H'(q) \quad (6)$$

$$F(\alpha) \equiv q[\alpha - H(q)] + 1 \quad (7)$$



شکل ۱: نمای هارست تعمیم یافته برای، (A) افراد سالم و (B) افراد اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی و (C) متوسط آن‌ها همراه با خطا

اگر نمودار لگاریتمی  $Fq(s)$  بر حسب  $s$  با یک خط راست برازش داده شود؛ شیب خط حاصل، نمای  $H(q)$  که اصطلاحاً نمای هارست تعمیم یافته نامیده می شود؛ بدست می آید. در صورتی که

شکل ۳، می توان گفت درجه ی چندفراکتالی در حالت افراد بیمار نسبت به حالت افراد سالم کاهش یافته است و پهنای آن کمتر است. طبق مشاهدات ما حالت افراد بیمار مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی درجه چندفراکتالی کمتری نسبت به افراد سالم دارد. بنابراین می توان کاهش درجه چندفراکتالی را به اختلال بیش فعالی نسبت داد. البته باید متذکر شد که با تحلیل داده های پنج بیمار نمی شود نتیجه قطعی گرفت و باید این مورد در حجم نمونه ی بزرگتری مورد بررسی قرار گیرد.

### سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می دانند از مرکز جامع اعصاب و روان درمانگران بهجو بخاطر تامین داده های EEG جهت انجام این پژوهش و نیز از دانشگاه الزهرا تشکر نمایند.

### مرجع ها

[۱] هیل، رابرت؛ کاسترو، ادواردو؛ مترجم: فارسی نژاد، معصومه؛ بخشایش، علیرضا؛ «رهایی از ریتالین: درمان اختلال کمبود توجه با استفاده از نوروفیدبک» مرکز نشر سازمان بسیج دانشجویی؛ صفحه ۱۶ تا ۶۱.

[۲] Monastra, VJ; Linden, M; VanDeusen, P; Green, G; Wing, W; "Assessing attention deficit Hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography"; *Neurophysiology* 13, (1999) 424-433.

[۳] Jason, W Bohland; Saperstein, Sara; Pereira, Francisco; Rapin, J'eremy; Grady, Leo. "Network, anatomical, and non-imaging measures for the prediction of ADHD diagnosis in individual subject.s Front Systems" *Neuroscience* 21, (2012) 6-78.

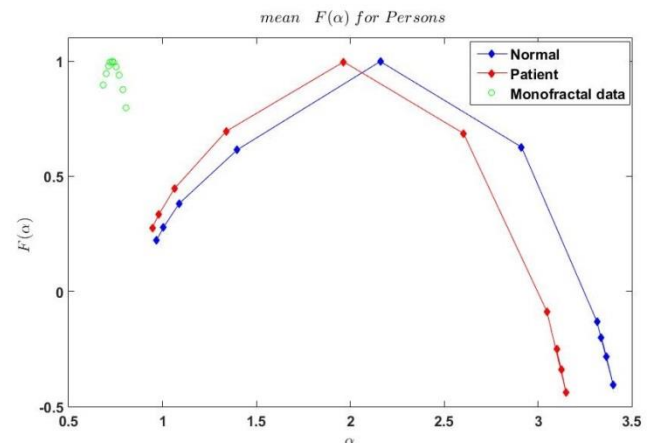
[۴] Shah, Arpi; "Predicting 'Attention Deficit Hyperactive Disorder' using large scale child data set"; San Jose State University; Master's Projects. Fall 2015

[۵] Arns, Martijn; Conners, C. Keith; C. Kraemer, Helena. "A Decade of EEG Theta/Beta Ratio Research in ADHD: A Meta-Analysis"; *Journal of Attention Disorders* 17, No. 5 (2011) 374-383

[۶] J. Kantelhardt, S. Zschiegner, E. Koscielny-Bunde, S. Havlin, A. Bunde, and H. Stanley, "Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Nonstationary Time Series"; *Journal of Physica* 316, (2002) 87-114.

برای فرآیندهای تک فرکتال، یک مقدار خاص برای  $f(\alpha)$  بدست می آید. در حالی که در فرآیندهای چندفراکتال، یک طیف برای آن خواهیم داشت.

کمیت  $\alpha$ ، اصطلاحاً شدت تکینگی یا نمای Holder نامیده می شود. طیف تکینگی در شکل ۳ نمایش داده شده است. نکته ی مهم در رابطه با طیف تکینگی این است که افزایش پهنای  $F(\alpha)$  نمایش دهنده ی افزایش در شدت چندفراکتالی دو سری همبسته است. با استفاده از این روش می توان منشاء خواص چندفراکتالی را در یک سری زمانی بررسی کرد. طبق نظر هاردت و همکاران، دو منشاء متفاوت برای خواص چندفراکتالی وجود دارد؛ خود همبستگی های بلندبرد و وجود دم های پهن در تابع توزیع که منظور وقوع اتفاقات نادر است [۶].



شکل ۳: طیف تکینگی برای حالات افراد سالم، افراد مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی و مقایسه با حالت تک فرکتال

### نتیجه گیری

با توجه به شکل ۱ مشخص می شود که فعالیت های مغزی رفتار چندفراکتالی دارد. این ویژگی از شکل ۲ نیز قابل حصول است. در شکل ۱ مشاهده می شود که شدت چندفراکتالی افراد بیمار مبتلا به اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی نسبت به افراد سالم کاهش یافته است. با توجه به شکل ۲، شیب نمای چندمقیاسی برای حالت اختلال کمبود توجه همراه با بیش فعالی کمتر است که می توان آن را معادل با درجه ی چندفراکتالی کمتر دانست. همچنین طبق