

Evaluation of Baseline Craving in Patients with Methamphetamine Addiction Using EEG Signals in Neurofeedback Process

M. Zolfagharzadeh Kermani¹, M.A. Khalilzadeh^{2*}, M. ghoshuni³ and P. Hashemian⁴

¹Master, Department of Biomedical engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

²Associate Professor, Department of Biomedical engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

³Assistant Professor, Department of Biomedical engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

⁴Assistant Professor, Mashhad University of Medical Sciences, Department of Psychiatry, Mashhad, Iran

Receipt in the online submission system 7 August 2015, received in revised form 26 June 2016, accepted 17 October 2016

Abstract

Evaluation and measurement of parameters associated with methamphetamine craving can be a valuable tool in the management and intervention programs related to methamphetamine use and dependence. We believe that quantitative electroencephalography (EEG) have brought about a revolution in identification the neurologic infrastructure of craving processing. This study has been conducted aimed to design and develop a new method to measure baseline craving in methamphetamine-dependent patients using EEG signals in neurofeedback therapy for separation of the three modes of low, medium, and high craving. For this purpose, 10 methamphetamine abusers were selected by available method in terms of age, sex and IQ. All patients received 10 sessions of neurofeedback therapy with alpha-theta protocol. During the period of treatment with neurofeedback, before and 60 minutes after each training session, at rest state, on Pz, for 2 minutes and 10 seconds EEG was recorded. To labeling EEG signals we have used Desire for Drug Questionnaire (DDQ). After collecting the required data from signals, time, frequency and nonlinear features were extracted. Then by calculating the linear correlation coefficient of the two variables and variance analysis on three levels optimized and effective features were selected. Finally, using fuzzy classifier, those features were separated into three classes of low, medium and high craving. According to the results, separation accuracy of EEG signals in three classes by K-fold Cross-Validation (KCV) method was 96.67% and test data was 75.15%. This study showed in addition to estimating baseline craving in methamphetamine abusers by quantifying EEG we can optimize the number of training sessions for participants.

Key words: *Methamphetamine, Craving, Electroencephalogram, Evaluation, Neurofeedback*

*Corresponding author

Address: Biomedical Engineering Faculty, Azad Islamic University, Ostad Yousefi Blv, Ghasem Abad, P.O. Box: 91735-413, Mashhad, Iran.

Tel: +98-51-36629467

Fax: +98-51-36627560

E-mail: makhalilzadeh@mshdiau.ac.ir

ارزیابی میزان ولع مصرف پایه در بیماران وابسته به مت آمفتامین با استفاده از سیگنال

الکتروانسفالوگرام در روند نوروفیدبک

مهدی ذوالفقارزاده کرمانی^۱، محمدعلی خلیل زاده^{۲*}، مجید قشونی^۳، پیمان هاشمیان^۴

^۱ کارشناس ارشد، گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

^۲ دانشیار، گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

^۳ استادیار، گروه مهندسی پزشکی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

^۴ استادیار، گروه روانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ ثبت در سامانه: ۱۳۹۴/۵/۱۶، بازنگری: ۱۳۹۵/۴/۶، پذیرش قطعی: ۱۳۹۵/۷/۲۶

چکیده

ارزیابی و اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با ولع مصرف مت آمفتامین می‌تواند ابزاری ارزشمند در برنامه‌های درمانی و مداخله‌ای برای سوء مصرف کنندگان به‌شمار آید. باور ما بر این است که کمی‌سازی سیگنال الکتروانسفالوگرام (*EEG*) می‌تواند انقلابی را در شناخت زیرساخت‌های عصبی مرتبط با پردازش ولع مصرف به ارمغان آورد. بنابراین هدف این مطالعه، طراحی و ارائه روشی جدید برای سنجش ولع مصرف در بیماران وابسته (یا معتاد) به مت آمفتامین با استفاده از سیگنال الکتروانسفالوگرام (*EEG*) در روند نوروفیدبک برای تفکیک میان سه حالت میل به مصرف خفیف، متوسط و شدید است. برای اجرای این مطالعه، ۱۰ سوء مصرف کننده مت آمفتامین انتخاب شدند که در مرکز اجتماع درمان مدار در شهر مشهد نگهداری می‌شدند و تحت درمان نوروفیدبک توسط یک روانپزشک قرار داشتند. تمام بیماران در ۱۰ جلسه درمان نوروفیدبک با پروتکل آلفا-تتا حضور داشتند. در طول دوره درمان بانوروفیدبک، قبل و بعد از هر جلسه آموزش، *EEG* ثبت شد. برای برچسب زدن سیگنال‌های مغزی از پرسشنامه سنجش ولع مصرف مت آمفتامین *DDQ* استفاده شد. ویژگی‌های زمانی، فرکانسی و آشوب‌گونه سیگنال *EEG* استخراج شد و با استفاده از تحلیل همبستگی، ویژگی‌های بهینه و تأثیرگذار انتخاب شده و به طبقه‌بندی کننده فازی داده شد. صحت تفکیک مبتنی بر ویژگی‌های منتخب برای داده آموزش ۹۶٫۶۷٪ و برای داده آزمایش ۷۵٫۱۵٪ به دست آمده است. از مزایای قابل توجه روش ابداعی این تحقیق، علاوه بر تخمین ولع مصرف پایه در سوء مصرف کنندگان مت آمفتامین با استفاده از کمی‌سازی سیگنال *EEG* می‌توان به بهینه‌سازی تعداد جلسات آموزش برای شرکت کنندگان در فرآیند درمانی نوروفیدبک اشاره کرد.

کلیدواژه‌ها: مت آمفتامین، ولع مصرف، الکتروانسفالوگرام، ارزیابی، نوروفیدبک

* نویسنده مسئول

نشانی: مشهد، قاسم‌آباد، بلوار استاد یوسفی، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه مهندسی پزشکی، کد پستی: ۹۱۷۳۵-۴۱۳

تلفن: ۳۶۶۲۹۴۶۷ (۵۱) ۰۹۸+

دورنگار: ۳۶۶۲۷۵۶۰ (۵۱) ۰۹۸+

پست الکترونیکی: makhailizadeh@mshdiau.ac.ir

۱- مقدمه

شیشه یا مت‌آمفتامین^۱ کریستال (بلور) شده، ترکیبی محرک از خانواده مواد آمفتامینی است که در آزمایشگاه‌های صنعتی ساخته می‌شود و متأسفانه در چند سال اخیر رواج زیادی در بین جوانان ایرانی یافته است [۱]. طبق آمار رسمی اعتیاد از ایران [۲] که به صورت ارزیابی سریع وضعیت^۲ در سطح کشوری انجام شده، فراوانی مصرف کنندگان شیشه ۲/۵ درصد کل مصرف کنندگان مواد بوده است. مصرف شیشه اغلب وابستگی جسمی و روانی شدیدی در فرد ایجاد می‌کند؛ به طوری که شخص پس از چندبار مصرف، در اکثر اوقات میل شدیدی برای مصرف مجدد آن احساس می‌کند [۱]. ولع شدید و اجتناب ناپذیر بیمار به ادامه مصرف مواد، به عنوان ریشه اصلی عود و شکست‌های درمانی شناخته شده است [۳] و [۴]. مفهوم ولع مصرف مواد^۳، که یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های شناختی مورد توجه در دانش اعتیاد است و تا کنون تعاریف گوناگونی از آن ارائه شده است، با رویکردهای متفاوتی بررسی شده است. تقریباً تمام این تعاریف شامل مفهوم گرایش شدید به مصرف مواد هستند. در این راستا، سنجش و اندازه‌گیری دقیق ولع مصرف مواد اهمیت بسیاری دارد؛ اگرچه اجرای آن با مشکلات زیادی همراه است که به-طور عمده ریشه در تعریف ولع مصرف و ویژگی‌های آن، به-عنوان یک تجربه ذهنی، شخصی دارند [۵].

مطالعات مختلف با وجود مشکلات موجود، روش‌های مختلفی برای سنجش و ارزیابی ولع مصرف مواد پیشنهاد کرده‌اند [۶] که دو روش اصلی و پرکاربرد آن، روش‌های کلامی و غیرکلامی هستند. روش کلامی در واقع همان ابزارهای سنجش گزارشگر است که به صورت پرسش‌نامه‌های گزارش ولع مصرف پایه‌ای در بازه‌های زمانی مختلف یا به صورت سنجش میزان القاپذیری در اثر ارائه محرک‌های القای ولع مصرف می‌باشد. روش‌های غیر کلامی عبارت‌اند از [۶]:

الف) بررسی اثر پاداشی و تقویتی مواد: در این روش، برای مثال می‌توان ترجیح دریافت مواد را با دریافت مبالغ پولی مختلف مقایسه کرد؛

ب) خود مصرفی مواد: در این روش، مدت زمانی که طول می‌کشد تا آزمودنی در محیط آزاداما زیر نظر متخصصان، اولین مصرف را داشته باشد، بهترین معیار ارزیابی ولع مصرف است؛

ج) سنجش پاسخ‌های فیزیولوژیک: مانند میزان هدایت پوستی و تغییرات ضربان قلب و فشار خون و نیز بازتاب از جا پریدن؛

د) ارزیابی پاسخ‌های نورویولوژیک: با استفاده از روش‌های تصویربرداری مغزی^۴ fMRI یا بررسی تغییرات امواج مغزی به صورت^۵ QEEG؛

ه) بررسی رفتارهای بیان هیجانی: برای مثال، بررسی حالات هیجانی چهره در زمان ولع مصرف؛

و) ارزیابی ولع مصرف مواد با استفاده از ارزیابی پردازش‌های شناختی مرتبط: در این حوزه، دو ابزار اصلی یعنی آزمون‌های سنجش کلامی و غیر کلامی (بر اساس یادگیری و یادآوری بهتر مفاهیم مرتبط با اعتیاد) و توجه تقسیم یافته (میزان سوگیری توجه به موارد مرتبط با القای ولع مصرف) مطرح هستند.

ولع مصرف را می‌توان به دو روش ارزیابی کرد. میزان ولع مصرف کلی فرد در حال حاضر یا در بازه زمانی مشخص، ولع مصرف پایه است. روش دوم، میزان القاپذیری فرد در ایجاد ولع مصرف است؛ به این معنا که ولع مصرف فرد را تا چه میزان می‌توان تحریک کرد. درباره ولع مصرف پایه در سوءمصرف کنندگان مت‌آمفتامین، ۵۳ مقاله بین سال‌های

^۱ Methamphetamine

^۲ Rapid Assessment Situation

^۳ Drug Craving

^۴ Functional Magnetic Resonance Imaging

^۵ Quantitative Electro Encephalography

(شیشه) بزرگسال ۲۱-۵۰ ساله و ساکن در مرکز اجتماع درمان مدار شهر مشهد است که تحت درمان نوروفیدبک با پروتکل آلفا-تتا و زیر نظر روانپزشک قرار دارند. کمترین نمره IQ آنها برابر با ۷۰ بود. مشخصه‌های جمعیت شناختی (سن، مدت زمان مصرف و مدت زمان پاکي) در جدول ۱ ارائه شده‌اند. آموزش نوروفیدبک براساس پروتکل درمانی آلفا-تتا در ناحیه Pz (واقع در منطقه آهیانه‌ای قشر مخ)، در یک دوره درمانی ۱۰ جلسه‌ای (به مدت ۲ هفته، هر هفته ۵ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای) با استفاده از دستگاه (FlexCompInfiniti™) صورت گرفته است. فرآیند نوروفیدبک با پروتکل آموزش آلفا-تتا شامل ثبت فعالیت امواج باند آلفا و تتا در سیگنال EEG است؛ در وضعیتی که فرد در حالت استراحت و با چشمان بسته می‌باشد. این فرآیند با پخش موسیقی‌های دلنشین، همچون صدای برخورد امواج با ساحل و صدای جریان رودخانه، همراه است. متناسب با تقویت باند تتا نسبت به باند آلفا، صدای قالب (آیا منظور غالب است؟) بین صدای برخورد امواج با ساحل و صدای جریان رودخانه تغییر می‌کند. هدف از تغییرات امواج آلفا و تتا، بیشینه سازی نرخ تتا به آلفا است [۹]. افزایش نرخ تتا به آلفا در حالت چشم بسته، شاخصی از وضعیت فرد در حالت آرامش عمیق، مانند مرحله اول خواب، مدیتیشن یا هیپنوتیزم، است [۱۰].

جدول ۱- مشخصه‌های جمعیت شناختی آزمودنی‌ها

متغیر	سن	مدت مصرف (سال)	مدت پاکي (ماه)
تعداد	دامنه میانگین	دامنه میانگین	دامنه میانگین
۱۰	۲۱-۴۵	۱-۸	۱-۴
	۳۵,۳	۴,۸	۲,۱

از تمام شرکت کنندگان در قبل و ۶۰ دقیقه بعد از هر جلسه آموزش نوروفیدبک و در وضعیت استراحت، سیگنال مغزی ثبت شده است. برای جمع‌آوری داده‌های مرتبط با ولع مصرف و علامت گذاری سیگنال‌های مغزی از پرسش‌نامه DDQ^۲ برای سوء مصرف کنندگان مت آمفتامین (به زبان فارسی) استفاده شد. برای این منظور، آزمون سنجش ولع مصرف برای بیماران در هر جلسه قبل و ۶۰ دقیقه بعد از مداخله انجام شد.

۱۹۹۹ و ۲۰۰۹ در سایت کتابخانه ملی آمریکا نمایه شده است؛ اما در زمینه تخمین ولع مصرف پایه در سوء مصرف کنندگان مت آمفتامین با استفاده از سیگنال EEG^۱ و در حد جستجوی مؤلفان، مقاله‌ای منتشر نشده است [۵]. تحقیقات قبلی در زمینه تأثیرات ناشی از مواد مخدر مت آمفتامین بر سیگنال EEG حیوانات، بر استخراج ویژگی در حوزه فرکانس از سیگنال EEG متمرکز شده‌اند. کاهش دامنه طیف توان در تمام باندهای فرکانسی EEG مشاهده شده است [۷] و [۸]. طراحی و آزمایش ابزارهای جدید برای سنجش میزان ولع در مصرف کنندگان مت آمفتامین، موضوع مهمی است که با توجه به افزایش مصرف کنندگان مت آمفتامین در ایران به توجه بیشتری نیاز دارد. از طرفی با توجه به الگوی مصرف دوره‌ای مت آمفتامین و سایر مواد محرک، این امکان وجود دارد که ولع مصرف این ماده صرفاً لحظه‌ای بوده و بررسی آن در افق زمانی حال و در این مورد خاص از سوء مصرف مواد، بسیار کارآمد است. این در حالی است که می‌توان با تخمین ولع مصرف پایه در سوء مصرف کنندگان مت آمفتامین با استفاده از سیگنال EEG، رفتار را از مبدأ شکل‌گیری آن، یعنی مغز، مطالعه کرده و تغییرات لحظه‌ای رفتار را هم‌زمان کمی کرد؛ درحالی‌که دیگر سیگنال‌های سایکوفیزیولوژیکی، ناشی از اثرات ثانویه سیستم اعصاب خودکار هستند.

در یک جمع‌بندی، می‌توان هدف اصلی این مطالعه را طراحی و ارائه ابزاری برای سنجش ولع مصرف پایه در بیماران وابسته به مت آمفتامین با استفاده از EEG در روند نوروفیدبک و تفکیک میان سه حالت ولع مصرف خفیف، متوسط و شدید دانست.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- جامعه تحقیق و روش نمونه‌گیری

برای اجرای این تحقیق، مجموعه‌ای از ۱۰ بیمار بزرگسال ارزیابی می‌شود. این ۱۰ بیمار به شیوه در دسترس از نظر متغیرهای سن، جنس و هوش انتخاب شدند. جامعه مورد مطالعه متشکل از بیماران مرد معتاد به ماده مخدر مت آمفتامین

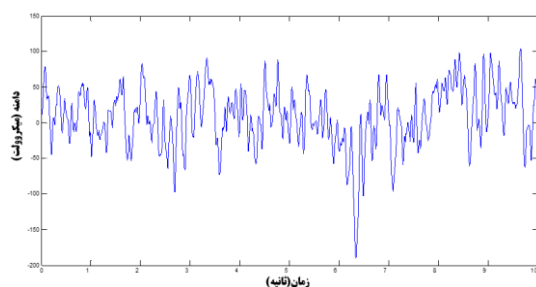
^۲ Desire for Drug Questionnaire

^۱ Electroencephalography

نرم افزار دستگاه ارائه شده است، سیگنال‌های ثبتي از يك فيلتر پايين‌گذر با فرکانس قطع ۳۵ هرتز و يك فيلتر بالاگذر با فرکانس قطع ۱ هرتز عبور داده شدند. سپس با روش آستانه‌گذاري آرتيفکت‌هاي حرکتی و چشمی با دامنه زياد به شکل قلّه‌ها و درّه‌هاي ايجاد شده، از داده‌ها حذف شده و در نهايت با حذف نمونه از انتها، داده‌ها هم‌طول شدند. شکل ۲، نمونه‌اي از سيگنال EEG ثبت شده در حالت استراحت و با چشمان بسته است.



شکل (۱) - تصوير نمايش داده شده به آزمودنی‌ها



شکل (۲) - سيگنال الكترولوگراف ثبت شده با چشم بسته

۲-۴- استخراج ویژگی از سيگنال EEG و انتخاب

ویژگی‌های بهینه

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، ویژگی‌های خطی و غیرخطی از سیگنال‌های EEG استخراج شدند. علاوه بر ویژگی‌های زمانی، از توان نسبی باندهای آلفا و تتا، بدهمبستگی، بُعد فرکانس و آنتروپیشنون به‌عنوان ویژگی‌های فرکانسی و آشوب‌گونه استفاده شد. برای نرمال کردن ویژگی‌ها از رابطه (۱) استفاده شد.

$$Y_{norm} = \frac{2\bar{Y}_s - \bar{Y}_s \max - \bar{Y}_s \min}{\bar{Y}_s \max - \bar{Y}_s \min} \quad (1)$$

که Y_{norm} ، مقدار دامنه نسبی است و در محدوده $[-1, 1]$ قرار می‌گیرد. \bar{Y}_s مقدار دامنه مورد نظر برای نرمال کردن از

۲-۲- اندازه‌گیری ولع مصرف پایه

برای جمع‌آوری داده‌های مرتبط با ولع مصرف، از پرسش‌نامه سنجش ولع مصرف DDQ استفاده شد. پرسش‌نامه DDQ با هدف ارزیابی چند بُعدی پدیده ولع مصرف، در افق زمانی حال، در مصرف کنندگان مواد افیونی است که توسط فرانکن^۱ از پرسش‌نامه مرتبط با ولع مصرف الکل DAQ^۲ اقتباس شده است [۱۱]. این پرسش‌نامه، سه عاملی و با مقیاس نمره‌گذاری ۷ درجه‌ای لیکرت است. سه زیرمقیاس اصلی این پرسش‌نامه عبارت‌اند از: تمایل و قصد به سوء مصرف مواد، تقویت منفی و کنترل [۶]. مطالعات توانسته است پایایی و اعتبار این ابزار را در سنجش شدت ولع مصرف در بیماران وابسته به مواد مخدر کراک، هروئین و مت‌آمفتامین ثابت کند [۱۱ و ۱۲]. نقش پایایی و روایی شکل فارسی این ابزار در ایران در سنجش شدت ولع مصرف در بیماران وابسته به ماده مخدر مت‌آمفتامین، مطالعه و تأیید شده است [۱۳ و ۱۴].

۲-۳- اندازه‌گیری EEG و پیش پردازش

در طول دوره درمان، سیگنال EEG در منطقه میانی آهیانه Pz، در شروع و پایان هر جلسه و برای درمان در حالت استراحت (Pre-Training & Post-Training) به مدت ۲ دقیقه و ۱۰ ثانیه و با استفاده از دستگاه (FlexCompInfiniti™) با نرخ ۲۵۶ نمونه در ثانیه ثبت شد. لازم به ذکر است پیش از ثبت داده‌های حالت استراحت، برای رسیدن به ثبت‌های مشابه و در وضعیت یکسان علاوه بر یکسان‌سازی شرایط محل ثبت داده (نور، دما و صدای محیط)، تصویری مشابه به تمام افراد در حالت استراحت و با چشمان بسته نشان داده شد (شکل ۱) و از آنها خواسته شد تا لحظاتی، آن‌گونه که درمانگر توضیح می‌دهد، به عکس بنگرند. در هنگام ثبت نیز از افراد خواسته شد تا در طول ثبت داده، در ذهن خود مشغول به شمارش اعداد از ۱ باشند؛ به این ترتیب تمام بیماران از نظر تفکرات و فعالیت ذهنی تا حدود زیادی در شرایط مشابهی قرار خواهند داشت. به‌عنوان پیش پردازش و براساس پیش فیلتری که در

^۱ Franken

^۲ Desire for Alcohol Questionnaire

آمفتامین، ضریب همبستگی بین دو متغیر محاسبه شد. رعایت پیش فرض‌های تحلیل همبستگی برای تمامی ۹ ویژگی با نمرات ولع مصرف مت‌آمفتامین با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک^۴ بررسی شد. معنی‌داری در آزمون بیانگر این مطلب بود که توزیع همزمان دو متغیر نرمال است؛ به این منظور برای محاسبه ضریب همبستگی بین دو متغیر، از ضریب همبستگی توالی پیرسن^۵ استفاده شد. میزان معناداری نتایج همبستگی خطی میان هر ویژگی و نمرات پرسش‌نامه سنجش ولع - مصرف، در جدول (۲) آمده است.

با توجه به نتایج به دست آمده، مقدار ضریب همبستگی خطی میان نتایج پرسش‌نامه DDQ با نسبت توان تتا به توان آلفا T/A و مقدار بُعد فرکتال F.D. با ۲۰۰ نمونه، به ترتیب برابر با ۰/۶۲۵- و ۰/۳۸۶- می‌باشد و سطح معنی‌دار محاسبه شده برابر با $P < ۰/۰۱$ است؛ در نتیجه فرض صفر، رد می‌شود. می‌توان گفت که بین نتایج نمرات ولع مصرف مت‌آمفتامین، ویژگی‌های T/A و F.D. استخراج شده از سیگنال EEG، همبستگی معکوس و معنی‌داری وجود دارد.

جدول (۲) - نتایج بررسی میزان همبستگی خطی میان نتایج

پرسش‌نامه DDQ و هر ویژگی

تعداد	ویژگی	نماد	ضریب همبستگی
۱	متوسط سیگنال EEG	Mean	۰,۰۱۲
۲	انحراف معیار سیگنال EEG	Std	۰,۰۰۷
۳	مُد یا نمای سیگنال EEG	Mode	۰,۱۱۸
۴	توان نسبی باند تتا	P _T	-۰,۱۸
۵	توان نسبی باند آلفا	P _A	۰,۲۱
۶	نسبت توان تتا به توان آلفا	P _{T/A}	*-۰,۶۲۵
۷	بُعد همبستگی سیگنال EEG	C.D	-۰,۰۳۵
۸	بُعد فرکتال سیگنال EEG	F.D	*-۰,۳۸۶
۹	آنترپی سیگنال EEG	Ent	۰,۱۱۳

* $P < ۰,۰۱$

در شکل‌های ۳ و ۴، نمودار مقادیر T/A و F.D. برحسب تغییرات نمره ولع مصرف به همراه تخمین معادله خط رگرسیون رسم شده است. همچنین تغییرات نتایج محاسبه شده

ویژگی مورد نظر است و $\bar{Y}_s \max$ و $\bar{Y}_s \min$ به ترتیب بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین دامنه محاسبه شده از ویژگی مورد نظر است.

۲-۵- طبقه‌بندی و اعتبارسنجی

هدف نهایی در هر مسأله شناسایی الگو، تفکیک مجموعه‌ای از نمونه‌ها به دو یا چند دسته مختلف است. هدف این تحقیق نیز تفکیک سیگنال‌های مغزی در سه حالت میل به مصرف خفیف، متوسط و شدید است. در روش‌های دسته‌بندی با معلم از یک مجموعه داده برچسب خورده به‌عنوان مجموعه آموزشی برای تنظیم پارامترهای طبقه‌بندی کننده استفاده می‌شود. به عبارت دیگر ابزار طبقه‌بندی، فضای ورودی و خروجی مسأله و ارتباط بین آن‌ها را از روی یک سری داده آموزشی یاد می‌گیرد. در این تحقیق از طبقه‌بندی کننده با نظارت بر اساس طراحی سیستم فازی با استفاده از توابع genfis2^۱ توسط نرم‌افزار (MATLAB 7.10.0(R2010a)) استفاده شده است. در توابع genfis2 برای مدل‌سازی داده‌ها، تولید ساختار سیستم فازی با استفاده از روش خوشه یا بیکاهشی^۲ آموزش داده می‌شود؛ به این مفهوم که برای استخراج قواعد، ابتدا با استفاده از روش کاهش خوشه‌ها مراکز خوشه‌ها را یافته و در ادامه تعداد قواعد مورد نیاز و توابع عضویت پیشین محاسبه شده و با استفاده از روش کمترین مربعات خطا، تخمینی از معادله هر قاعده به دست می‌آید. در نهایت یک ساختار فازی، شامل قواعد فازی در کل فضای ویژگی ارائه می‌شود [۱۵]. در این مطالعه سیستم فازی پیشنهادی به ازای شعاع نفوذ نرمال شده ۰/۲، ۲۱ قاعده فازی تخمین زده و استخراج شد. برای اعتبارسنجی سیستم شناخت طراحی شده از روش اعتبارسنجی متقابل KCV^۳ استفاده شده است.

۳- یافته‌ها و بحث

برای بررسی وجود رابطه معنادار بین نتایج ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های EEG و نمرات ولع مصرف مت-

^۱ Generate Fuzzy Inference System2

^۲ Subtractive Clustering

^۳ K-fold Cross-Validation

^۴ Shapiro-Wilk test

^۵ Pearson's correlation coefficient

نتایج صحت تفکیک سیگنال‌های مغزی برای سه کلاس در دسته ویژگی‌های برتر به کمک طبقه‌بندی کننده فازی با استفاده از توابع genfis2 و در نظر گرفتن شعاع نفوذ نرمال ۰/۲ با روش اعتبارسنجی KCV، در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

جدول (۳) - نتایج اعتبارسنجی در تفکیک سه کلاس*

ویژگی‌ها	صحت داده‌های آموزش	صحت داده‌های آزمایش
T/A, F.D.	۹۶,۶۷	۷۵,۱۵

*K=۱۰ گروه آموزش و K=۵ برای گروه آزمایش در نظر گرفته شد.

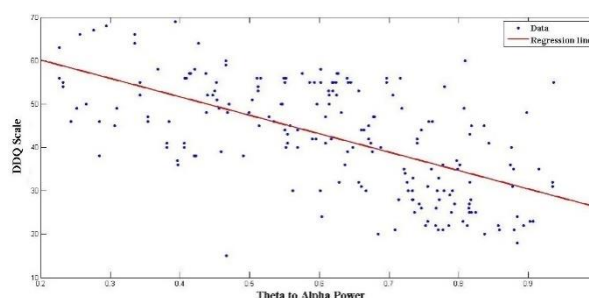
۴- نتیجه‌گیری

سوء مصرف مت‌آمفتامین با وابستگی جسمی و روانی شدید، معضل بهداشتی مهمی در ایران و جهان محسوب می‌شود [۲،۱۴]. ولع شدید و اجتناب ناپذیر بیمار به ادامه مصرف مواد، عامل اصلی عود و شکست‌های درمانی شناخته شده است. ولع مصرف، میل کنترل نشدنی برای مصرف مواد است که اگر برآورده نشود، رنج‌های روان‌شناختی و بدنی فراوانی نتیجه می‌شود [۱۳]. بنابراین ارزیابی و اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با ولع مصرف مت‌آمفتامین، می‌تواند ابزاری مفید در برنامه‌های درمانی و مداخله‌ای برای سوء مصرف کنندگان به‌شمار آید. تاکنون مطالعات مختلف، روش‌هایی برای سنجش و ارزیابی ولع مصرف مواد پیشنهاد کرده‌اند که در تمام آنها روش‌های مبتنی بر کلامی و غیرکلامی [۶] مطرح و به‌کاربرده شده که اغلب، کیفی و براساس اظهارنظر فرد یا پزشک بوده است. اما طراحی و آزمایش ابزارهای سنجش میزان ولع در مصرف کنندگان مت‌آمفتامین، موضوع مهمی است که نظر به افزایش تعداد مصرف کنندگان مت‌آمفتامین در ایران [۱] نیازمند توجه بیشتری است.

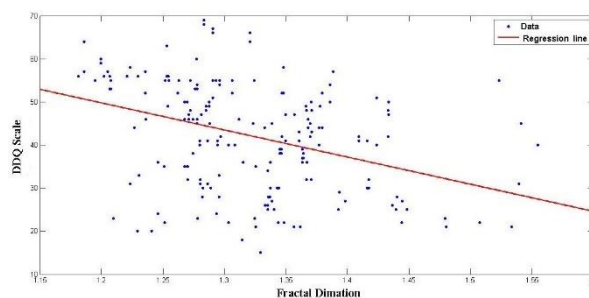
هدف این مطالعه، طراحی و ارائه روشی جدید برای سنجش ولع مصرف در بیماران وابسته به مت‌آمفتامین با استفاده از سیگنال الکتروانسفالوگرام است. به این منظور ویژگی‌های گوناگون زمانی، فرکانسی و غیرخطی از سیگنال‌های مغزی استخراج شد و تلاش شد تا بتوان هر چه بهتر سه دسته از ولع مصرف خفیف، متوسط و شدید را از

از دو ویژگی با استفاده از آنالیز آماری ANOVA در ۳ سطح، نشان داد که نتایج در هریک از ویژگی‌ها در سطح اول تا سطح سوم به‌طور معنی‌داری ($P < 0.01$) تغییر کرده است. ویژگی طیفی T/A در مقایسه با ویژگی غیرخطی F.D. از همبستگی بیشتری برخوردار بوده است؛ درحالی‌که سیگنال EEG، ماهیتی غیرخطی دارد.

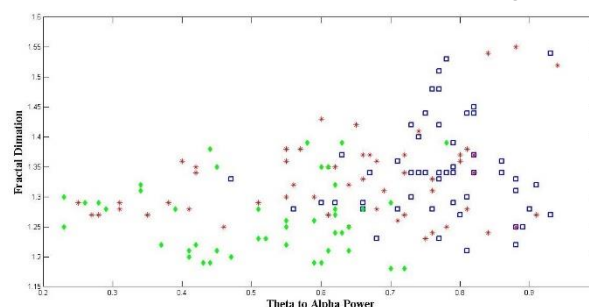
در ادامه براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۲، داده‌های مربوط به هر یک از سه کلاس با توجه به نمرات پرسش‌نامه سنجش ولع مصرف DDQ علامت گذاری شدند و فضای ویژگی‌های T/A و F.D. (شکل ۵) براساس پراکندگی داده‌های هریک از سه کلاس میل به مصرف کم، متوسط و زیاد، دسته‌بندی شده است.



شکل (۳) - نمودار مقادیر T/A برحسب نمرات DDQ



شکل (۴) - نمودار مقادیر F.D. برحسب نمرات DDQ



شکل (۵) - فضای ویژگی‌ها برای سه دسته

۵- مراجع

- [۱] اختیاری، حامد، "آشنایی با مواد اصلی اعتیاد آور در ایران، راهنمای خانواده ها"، تهران، انتشارات مهر و ماه نو. (۱۳۸۸).
- [2] H. Narenjiha, H. Rafiey, A. H. Baghestani, "Rapid situation assessment of drug abuse and drug dependence in Iran", Circulated report [in Persian], DARIUS Institute, 2005.
- [3] Kaufman, M. J. "Brain imaging in substance abuse: research, clinical, and forensic applications", *American Journal of Neuroradiology*, 2001, 22, 1230-1231.
- [4] رستمی، رضا؛ گودرزی، شاهرخ؛ بولهری، جعفر، "سم زدایی سریع: مروری بر مزایا و معایب. مجله اندیشه و رفتار"، (۱۳۸۲)، ۸(۴)، ۱۶-۳۱.
- [5] اختیاری، حامد؛ علم مهجودی، زهرا؛ حسنی ابهریان، پیمان؛ نوری، مهتری؛ فرنام، رابرت؛ مکرری، آذرخش، "بررسی و ارزیابی واژه های القاء کننده ولع مصرف، در سوء مصرف کنندگان مت آمفتامین فارسی زبان. فصلنامه تازه های علوم شناختی"، (۱۳۸۹)، ۱۲(۲)، ۶۹-۸۲.
- [6] M. Maarefvand, P. Hasani-Abharian, H. Ekhtiari, "Measurement of drug craving in Persian speaking subjects; a review on current experiences and future perspectives", *Zahedan Journal of research in medical sciences*, 2012, 14(9), 1-7.
- [7] C. Praputpittaya, J. Krisanasap "Correlation between locomotor activity and stereotyped behavior, but not ALPHA-1 EEG power spectrum, in methamphetamine-treated rats", *Thai Journal of physiological sciences*, 2005, 18(3), 41-53.
- [8] J. Yamamoto, "Cortical and hippocampal EEG power spectra in animal models of schizophrenia produced with methamphetamine, cocaine, and phencyclidine", *Psychopharmacology*, 1997, 131(4), 379-387.
- [9] T. Egner, E. Strawson, J. H. Gruzelier, "EEG signature and phenomenology of alpha/theta neurofeedback training versus mock feedback", *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2002, 27, 261-270.
- [10] D. Vaitl, N. Birbaumer, J. Gruzelier, G. Jamieson, B. Kotchoubey, A. Kubler, D., Lehmann, WHR. Miltner, U. Ott, P. Putz, G. Sammer, I. Strauch, U. Strehl, J. Wackermann, T. Weiss, "Psychobiology altered states of consciousness", *Psychol Bull*, 2005, 131, 98-127.
- [11] I.H. A. Franken, V. M. Hendriks, W. V. Brink, "Initial validation of two opiate craving questionnaires. The obsessive compulsive drug use scale and the desires for drug questionnaire", *Addict Behav*, 2002, 27(5), 675-685.
- [12] R. F. Anton, D. H. Moak, P. Latham, "The obsessive compulsive drinking scale: A self-rated instrument for the quantification of thoughts about alcohol and drinking behavior", *Alcoholism*: یکدیگر تفکیک کرد. استفاده از سیستم فازی مبتنی بر توابع genfis2 برای تفکیک داده ها به سه دسته، به صحت قابل قبولی منجر شده است (جدول ۳). لازم به ذکر است تخمین ولع مصرف به مت آمفتامین با استفاده از سیگنال EEG برای نخستین بار در این تحقیق انجام شده است. تحقیقات قبلی اغلب کیفی و براساس اظهار نظر فرد بوده است؛ در حالی که روش پیشنهادی این تحقیق، ابزاری کمی و مبتنی بر منشأ رفتاری فرد، یعنی مغز، می باشد.
- میزان همبستگی نمره پرسش نامه DDQ به عنوان شاخص ولع مصرف و هریک از ویژگی های استخراجی در جدول ۲، نشان می دهد که بین دو ویژگی معنی دار با $P < 0.01$ ، ویژگی خطی T/A در مقایسه با ویژگی غیرخطی F.D. در اولویت است. با توجه به پروتکل نوروفیدبک، یعنی آلفا-تتا، به نظر می رسد ویژگی استخراجی باید قادر به کمی سازی انتقال توان بین باندهای فرکانسی در یک دوره درمان باشد. بنابراین با توجه به برتری ویژگی نسبت توان T/A در نتایج، هر چه دیدگاه نسبی گرای و اطلاعات مربوط به کیفیت سری های زمانی بیشتری در ویژگی های استخراج شده از سیگنال EEG در نظر گرفته شود، بازنمایی بهتری از رفتار مغز به دست می آید. پیشنهاد می شود در پژوهش های آینده در به کارگیری ویژگی های سیگنال EEG، با نگاه آشوب گونه به این سیگنال و بازسازی آن در فضای فاز به روش تأخیر، کیفیت نمونه ها نیز در کنار کمیت به عنوان اطلاعاتی از سیگنال، در نظر گرفته شود.
- امکان تخمین میزان میل در روند درمان، کمک مهمی به درمانگر است. در روش نوروفیدبک، با توجه به ثبت سیگنال مغزی و عدم نیاز به هزینه اضافی، می توان در هر جلسه ارزیابی مجددی از وضعیت میل به مصرف فرد به دست آورد و ضمن نظارت بر روند درمان، نسبت به کاهش یا افزایش جلسات درمان تصمیم گرفت؛ بنابراین بهینه سازی فرآیند درمان از مزایای قابل توجه روش ابداعی این تحقیق است.

Clinical Experimental Research, 1995, 19(1), 92-99.

[۱۳] اختیاری، حامد؛ عدالتی، هانیه؛ بهزادی، آرین؛ نوری، مهری؛ صفایی، هومن؛ مگری، آذرخش، "تهیه و بررسی پنج آزمون تصویری ارزیابی ولف مصرف در گروه‌های مختلف معتادین اویپوئدی"، ویژه نامه اعتیاد مجله روانپزشکی و روانشناسی بالینی ایران، (۱۳۸۷)، ۱۴(۳)، ۳۳۷-۳۴۹.

[14] United Nations Office on Drugs & Crime, (2010). World drug report 2010. United Nations Publications.

[15] R. R. Yager, D. P. Filev, (1994). Generation of fuzzy rules by mountain clustering. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2(3), 209-219, 1994.