

دانشکده مهندسی پزشکی

به نام خدا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

طراحی نرم افزار و رابط کاربری برای داده گیری، نمایش و پردازش زمان مستقیم سیگنال های الکتروانسفالوگرام دو کاناله پیشانی و مقایسه آماری ویژگی های استخراج شده از سیگنال های ثبت شده حین خواب

امیرحسین دارائی

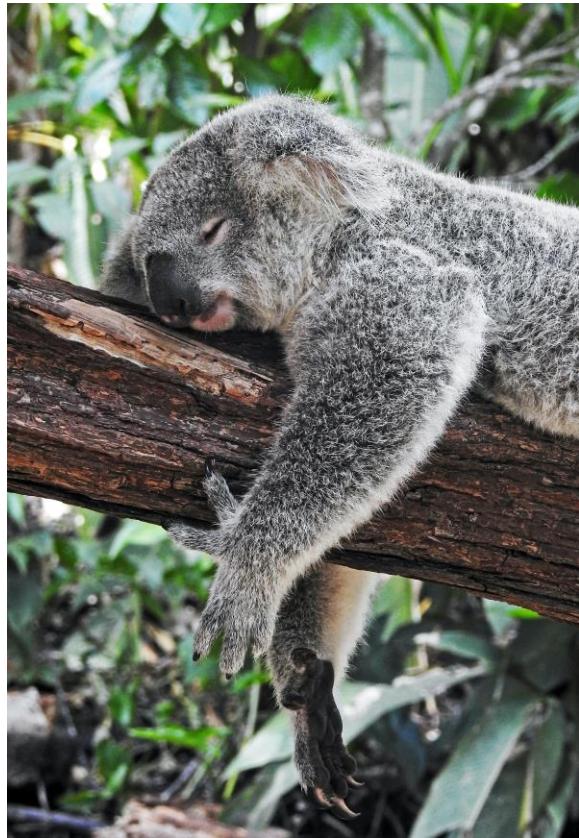
استاد: خانم دکتر قاسمی

مهندس قابان فر

۱۴۰۱

مقدمه

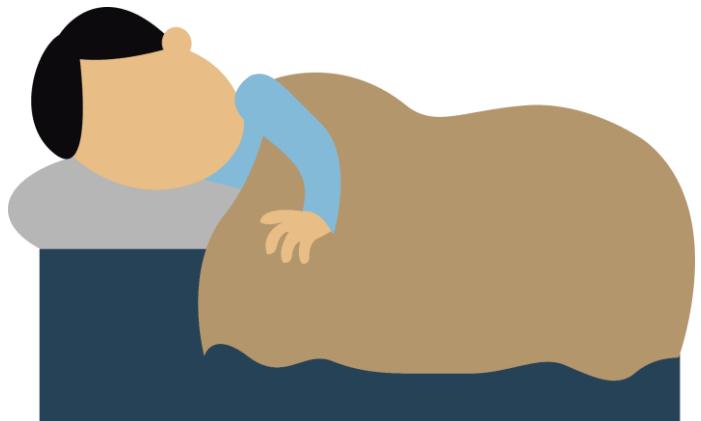
« اهمیت خواب



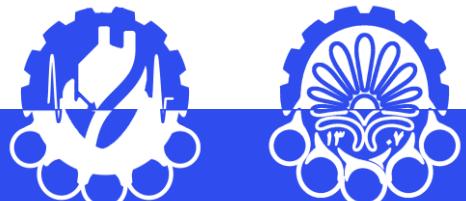
شكل ۳



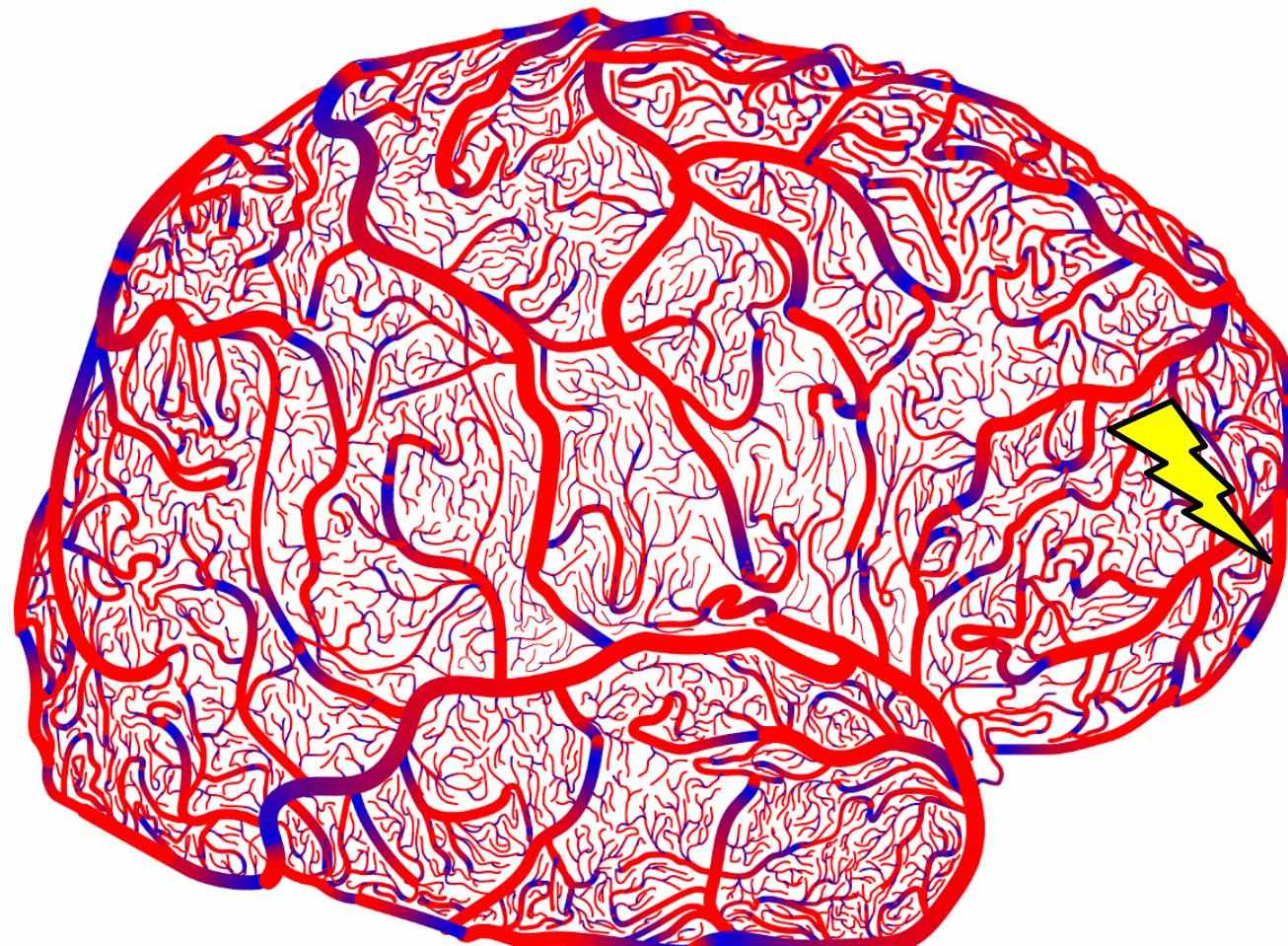
شكل ۲



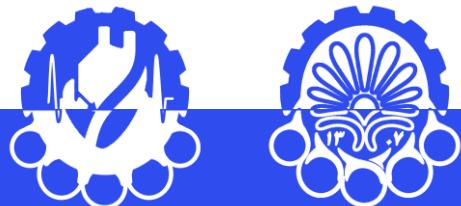
شكل ۱



شكل ۳: باغ کوالا کوراندا، کوراندا، استرالیا ([آدرس](#))

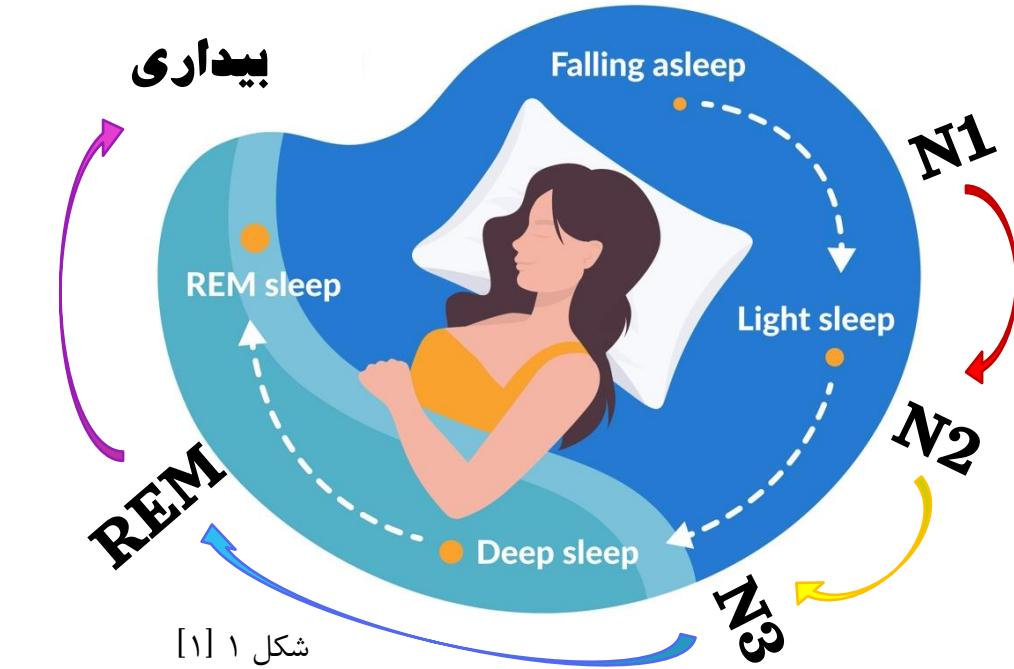


شكل ۲



« فعالیت مغزی در حین خواب

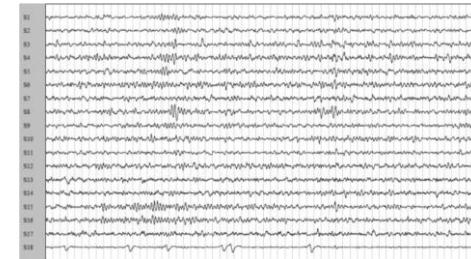
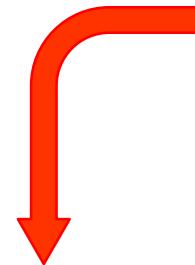
« مراحل خواب



[۱] “Sleep Calculator in Ireland: How Much Sleep You Need | 2022.” ([ادرس](#))

مقدمه

« پلی‌سومنوگرافی و مرحله‌بندی خواب »

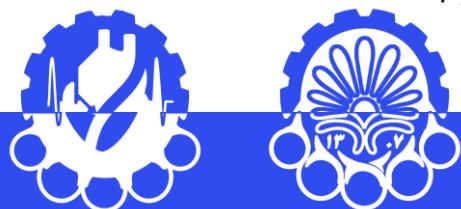


شکل ۳ - سیگنال‌های حیاتی حین خواب



شکل ۱ - بیمار در بیمارستان / آزمایشگاه

شکل ۲ - دستگاه پلی‌سونوگرام



اهداف و ضرورت پژوهش

« محدودیت سیستم‌های کنونی مطالعه‌ی خواب »

- « عدم انطباق‌پذیری افراد جهت خواب در محیط‌های جدید خارج از خانه
- « پذیرش بیمار کم بدليل امکانات محدود بیمارستان‌ها و پیچیدگی سیستم‌های ثبت
- « تفسیر زمان مستقیم و خودکار فرآیند خواب

« اهداف پژوهش »

- « ایجاد بستری مناسب و ارزان‌قیمت برای محققین و پزشکان حوزه خواب
- « طراحی رابط گرافیکی بهمنظور ثبت، نمایش و تفسیر زمان‌مستقیم دادگان الکتروانسفالوگرام
- « تعیین مناسب‌ترین ویژگی‌های سیگنال EEG برای مرحله‌بندی خواب
- « معرفی چهارچوبی استاندارد جهت مداخلات نوری/صوتی/رزشی در حین خواب



مروری بر ادبیات گذشته

» مروری بر نرم افزارها و سخت افزارهای ثبت سیگنال های الکتروانسفالوگرام

راهنمای جدول	
EEG	
ژیروسکوپ	
فتوپلیسموگرافی	
دماسنجد	
میکروفون	
ژیروسکوپ	
SpO2	

متن باز	مشخصات و ویژگی ها	سنسورها	نام دستگاه
×	۵ کanal EEG خشک هدایت استخوان: تحریک صوتی		درییم
×	۵ سنسور EEG پلیمر نیمه خشک		اموتیو - اینسایت
×	۱۴ کanal EEG خشک		اموتیو - اپوک
×	۲ کanal (Fp1 - Fp2) EEG خشک		آی بند +
✓ *	۴ کanal EEG خشک (-TP9 - TP10) (AF8 - AF7)		میوز ۵
✓	۲ کanal EEG تر (AF7 - AF8)		زی مکس



مروزی بر ادبیات گذشته

» مروزی بر پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه‌ی طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب

نویسنده‌گان	مراحل	نتیجه
کراکوفسکا و همکاران	پردازش سیگنال PSG از ۲۰ شرکت‌کننده و استخراج ۷۴ ویژگی متفاوت از آن‌ها. بررسی آماری ویژگی‌ها و انتخاب ۱۴ ویژگی برتر.	دقت ۸۱٪ با ۱۴ ویژگی و ۷۴٪ با ۴ ویژگی. بهترین ویژگی نسبت توان سیگنال EEG در باند فرکانسی بتا به آلفا است. دقت مرحله‌بندی خواب موج آهسته (N4 و N3)، خواب REM، N2 و N1 به ترتیب برابر ۹۲٪، ۸۶٪، ۷۴٪ و ۶۱٪ است. به گفته آنان هیچ ویژگی‌ای به تنها‌یی قادر به طبقه‌بندی تمام مراحل خواب نیست
لجنف و همکاران	استخراج ۱۰۲ ویژگی از سیگنال‌های EOG، EEG و EMG از ۱۵ شرکت‌کننده. استفاده از روش کاهش بعد تست-t برای انتخاب ۳۲ ویژگی برتر. استفاده از الگوریتم مرحله‌بند SVM.	دقت کلی ۸۱٪ با ۳۲ ویژگی. بیشترین دقت برای مرحله REM برابر ۹۷٪ بdst آمد. دقت تمام مراحل بجز مرحله N1 بالای ۷۰٪ و دقت مرحله N1 برابر ۴۰ درصد بdst آمد.
فل و همکاران	استخراج ویژگی‌های طیفی و غیرخطی از سیگنال‌های EEG.	ترکیب معیارهای طیفی و غیرخطی در مقایسه با معیارهای طیفی به تنها‌یی، تمایز کلی بهتری را در شناسایی مراحل خواب به همراه دارد. آنتروپی طیفی، بزرگ‌ترین توان لیاپانوف، آنتروپی جای‌گشت، بعد همبستگی و لبه طیفی بیشترین تاثیر را در مرحله‌بندی خودکار خواب دارند.
بکیان و مرادی	استخراج ویژگی از سیگنال‌های PPG، EEG و شتاب‌سنج هدیند دریم و استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی، SVM و KNN برای طبقه‌بندی مراحل خواب.	بر اساس نتایج این مطالعه الگوریتم جنگل تصادفی با ۷۶/۲۰ درصد بیشترین دقت را در طبقه‌بندی دارد. همچنین پس از آن، الگوریتم‌های SVM بادقت ۶۱/۷۵ درصد و KNN با دقت ۶۹/۴۶ درصد مراحل خواب را طبقه‌بندی کردند.
کریستین گانارسدوتیر و دکتر سرما	استخراج ویژگی از دادگان PSG ۳۸ شرکت‌کننده و استفاده از طبقه‌بند درخت تصمیم.	دقت امتیازدهی مجموعه‌ی آزمون با استفاده از تمام داده‌های موجود ۷۷ درصد بود و پس از حذف دوره‌های حاوی آریفکت، به ۸۰/۷ درصد افزایش یافت. بالاترین دقت امتیازدهی برای مرحله N3 بdst آمد. N1 با دقت امتیازدهی زیر ۵۰ درصد و دوره‌های بسیار کمتر در مقایسه با مراحل دیگر، سخت‌ترین مرحله برای طبقه‌بندی بود.



مروrij بر ادبیات گذشته

» مروrij بر پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه‌ی طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب

نویسنده‌گان	مراحل	نتیجه
آچاریا و همکاران	استخراج ویژگی از دادگان EEG با یک بانک فیلتر موجک و استفاده از طبقه‌بند مدل SVM و مدل مخلوط گاووسی با استفاده از ویژگی‌های مبتنی بر طیف مرتبه بالا.	روش پیشنهادی قادر است مراحل خواب را با دقت ۸۸/۷ درصد، با حساسیت و ویژگی به ترتیب ۸۹/۱۶ و ۸۷/۱۳ درصد شناسایی کند.
حسن و همکاران	تجزیه سیگنال EEG با استفاده از تجزیه حالت تحریی گروهی و استخراج چندین ویژگی آماری از آن‌ها. سپس طبقه‌بندی دادگان توسط کمونونه‌بردار تصادفی تقویتی (ANN، KNN، RUSBoost)	RUSBoost به عنوان بهترین مدل طبقه‌بند در همه موارد بجز طبقه‌بند ۵ کلاسه ظاهر می‌شود. روشن پیشنهادی او در طبقه‌بندی ۳، ۴ و ۵ کلاسه به ترتیب دارای دقت ۹۴/۲۴، ۹۲/۶۶ و ۸۳/۴۹ درصد است
زو و همکاران	استخراج ویژگی‌های مبتنی بر زمان - فرکانس از دادگان EEG ۲۰ شرکت‌کننده.	به دقت کلی ۸۶ درصد در طبقه‌بند ۵ کلاسه.
باجاج و همکاران	استخراج ویژگی و پردازش تصاویر زمان-فرکانس دادگان EEG خواب. سپس استفاده از طبقه‌بند SVM	دقت کلی و میانگین امتیاز F1 به ترتیب ۷۸ و ۸۴ درصد بدست آمد.
هوانگ و همکاران	از استخراج ویژگی‌های طیفی سیگنال‌های EEG از دو الکترود پیشانی (Fp1 و Fp2) با استفاده از تبدیل فوریه سریع کوتاه مدت و داشش امتیازدهی دستی استفاده کردند. سپس برای طبقه‌بندی خواب از مدل SVM استفاده شد.	دقت کلی ۷۶/۷ درصد برای طبقه‌بندی ۵ مرحله خواب بدست آمد. همچنین عملکرد روشن استخراج ویژگی پیشنهادی تفکیک پذیری بهتری نسبت به روشن استخراج ویژگی PSD معمولی دارد.



مروزی بر ادبیات گذشته

» مروزی بر پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه‌ی طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب

نویسنده‌گان	مراحل	نتیجه
ییلماز و همکاران	عملکرد کلی این طبقه بند با ۶ مرحله خواب ۷۱/۱ درصد حساسیت های طبقه‌بندی Wake, N2, N1, REM, N3 و N4 به ترتیب برابر ۹۴/۳، ۶۱/۸، ۹۸/۵، ۸۴/۹، ۹۵/۶ و ۸۷/۴ درصد است. حتی حساسیت مرحله N1 برابر ۹۸/۵ درصد بود، که دشوارترین مرحله خواب برای شناسایی خودکار است.	ارائه طبقه‌بند مرحله خواب و تشخیص ایپاک آپنه انسدادی خواب را از طریق ECG تک کاناله.
ناکامورا و همکاران	روش پیشنهادی آنان قادر به طبقه‌بندی ۹۳/۸ درصد از ۵ مرحله خواب از یک کانال EEG بود. علاوه بر این مشخص شد که آنتروپی چند مقیاسی توائسته است عملکرد تمایز مراحل خواب N1 را بهبود بخشد، که چالش برانگیزترین بخش برای کارهای طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب بوده است.	استفاده از یک SVM چند کلاسه برای طبقه‌بندی ویژگی های مشتق شده از EEG با استفاده از ویژگی های آنتروپی فازی چند مقیاسی و آنتروپی جایگشت چند مقیاسی.
فل و همکاران	مشخص شد که ترکیب این اندازه‌گیری‌ها نتایج بهتری نسبت به مطالعات قبلی ایجاد می‌کند.	استفاده از از انواع اندازه‌گیری‌های طیفی و غیر خطی از سیگنال‌های EEG برای تشخیص مراحل خواب.



پیاده‌سازی نرم‌افزار



» پای کیوتی و طراح کیوتی

» معرفی قابلیت‌های اصلی نرم‌افزار

- « دریافت سیگنال‌های حیاتی از دستگاه و نمایش آن‌ها به صورت برخط
- « ذخیره داده‌های دریافتی به صورت کم حجم و قابل بازیابی
- « ارسال دستور شروع محرک صوتی، نوری یا لرزشی به دستگاه و تنظیم شدت و فرکانس محرک
- « ذخیره‌سازی زمان محرک‌های ارسالی همزمان با داده‌های دریافتی
- « پردازش برخط داده‌های الکتروانسفالوگرام
- « اجرای الگوریتم‌های مختلف به منظور طبقه‌بندی و تفسیر داده‌های دریافتی
- « رسم نمودار طیف‌نگار به صورت برخط
- « رسم چگالی طیفی بسامدهای سیگنال مغزی دریافتی به صورت برخط

Dremento (DREAM ENgineering TOOlbox)**Dremento**

1. Open HDServer.exe and HDRecorder.exe, then connect.

Connected

3. Set desired stimulation (light/audio) parameters:

R: 2
G: 0
B: 0

Althernate Eyes Vibrate Reps: 3

Intensity: 85%

Audio: Nothing Selected

Say this: A remarkable happening....

On time: 0.1 Off time: 0.3 seconds

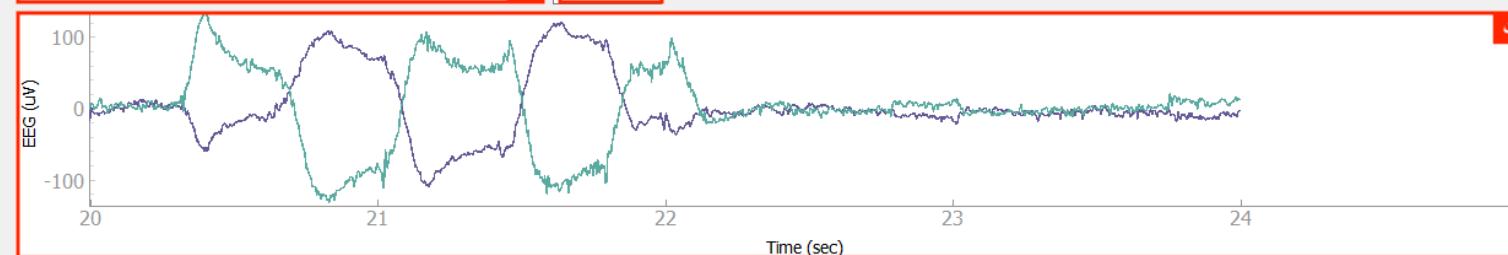
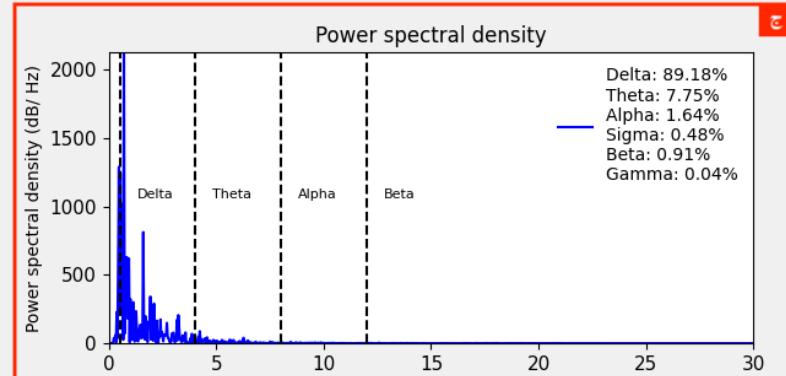
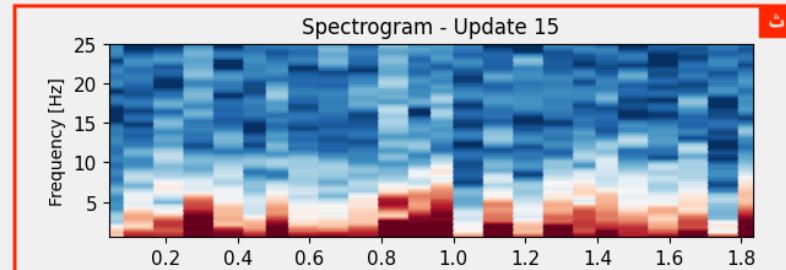
4. Trigger stimulation (Zmax ON):

5. Choose singal and press record and press record button:

EEGR, EEGL, TEMP

Real-time Autoscoring with: CNN + LSTM

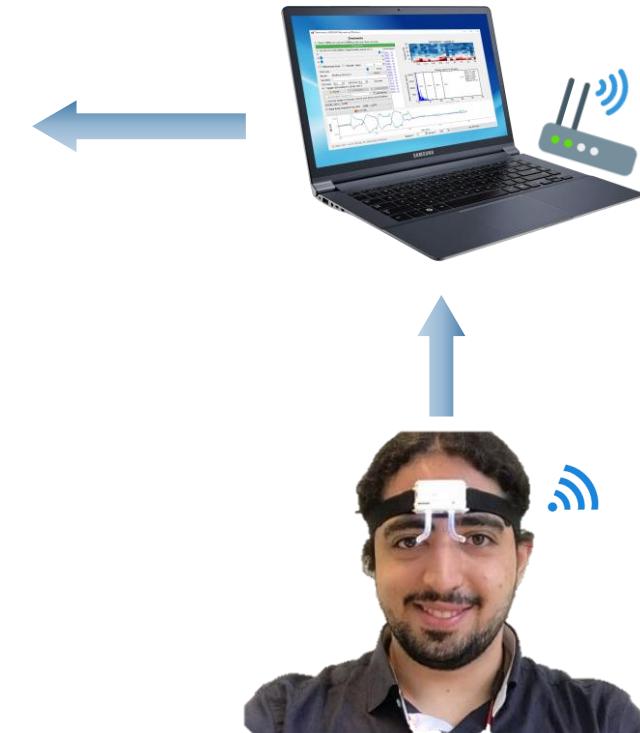
0:07:56



© 2021-22 — A.H. Daraie, M. Jafarzadeh Esfahani

شكل ۱- رابط کاربری نرم‌افزار

پیاده‌سازی نرم‌افزار

« بخش‌های مختلف نرم‌افزار**« ساختار دادگان ثبت شده**

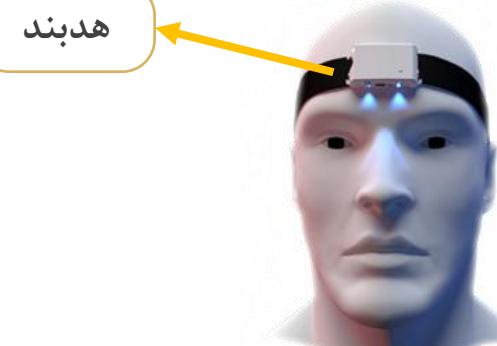
طراحی تکلیف و دادگان تجربی

» مشخصات هدبند الکترواسنفالوگرام زی‌مکس

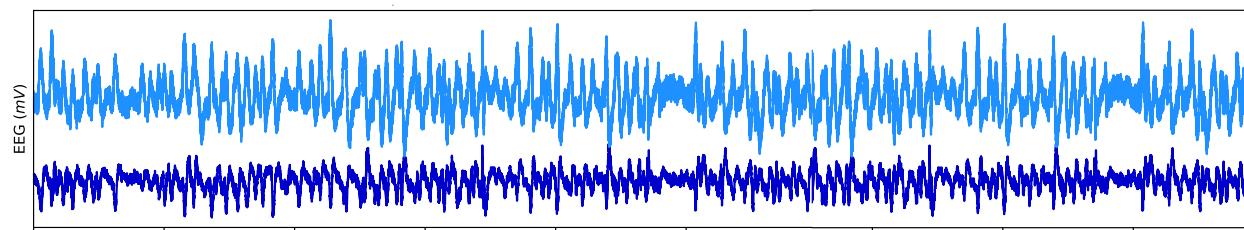
» الکترودهای هیدروژل جامد یکبار مصرف

» ارتباط با کامپیوتر توسط بلوتوث و شبکه TCP/IP

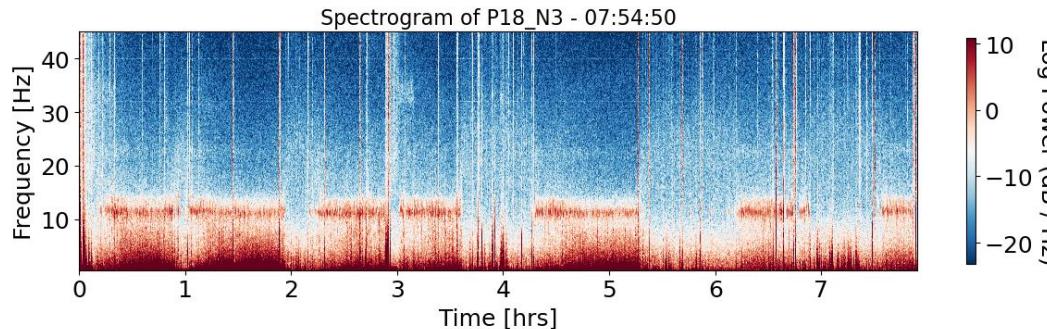
» پایگاه داده‌ی ثبت شده



شکل ۱ - هدبند زی‌مکس



شکل ۲ - سیگنال الکترواسنفالوگرام ثبت شده

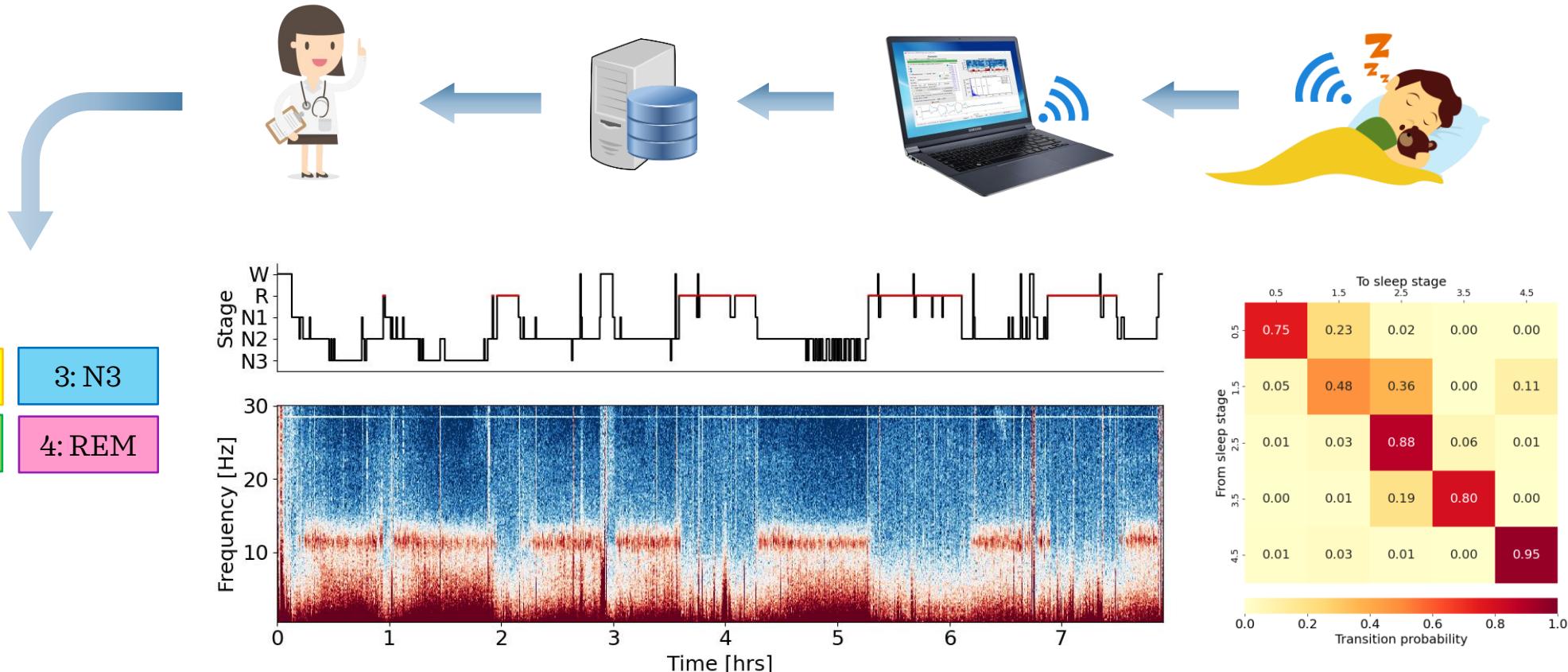


شکل ۳ - مراحل ثبت دادگان خواب از دریافت تا رسم طیف‌نگار



طراحی تکلیف و دادگان تجربی

» مرحله بندی دادگان توسط متخصص خواب

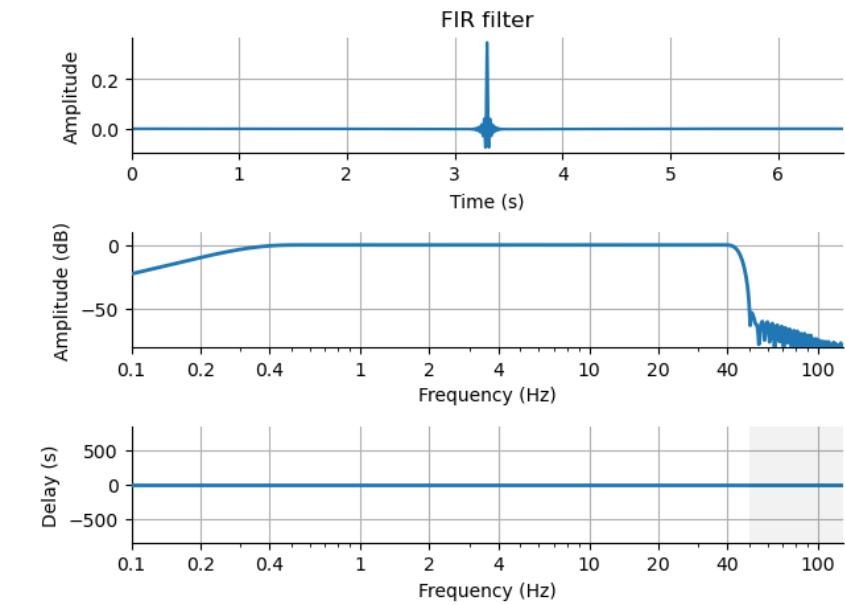
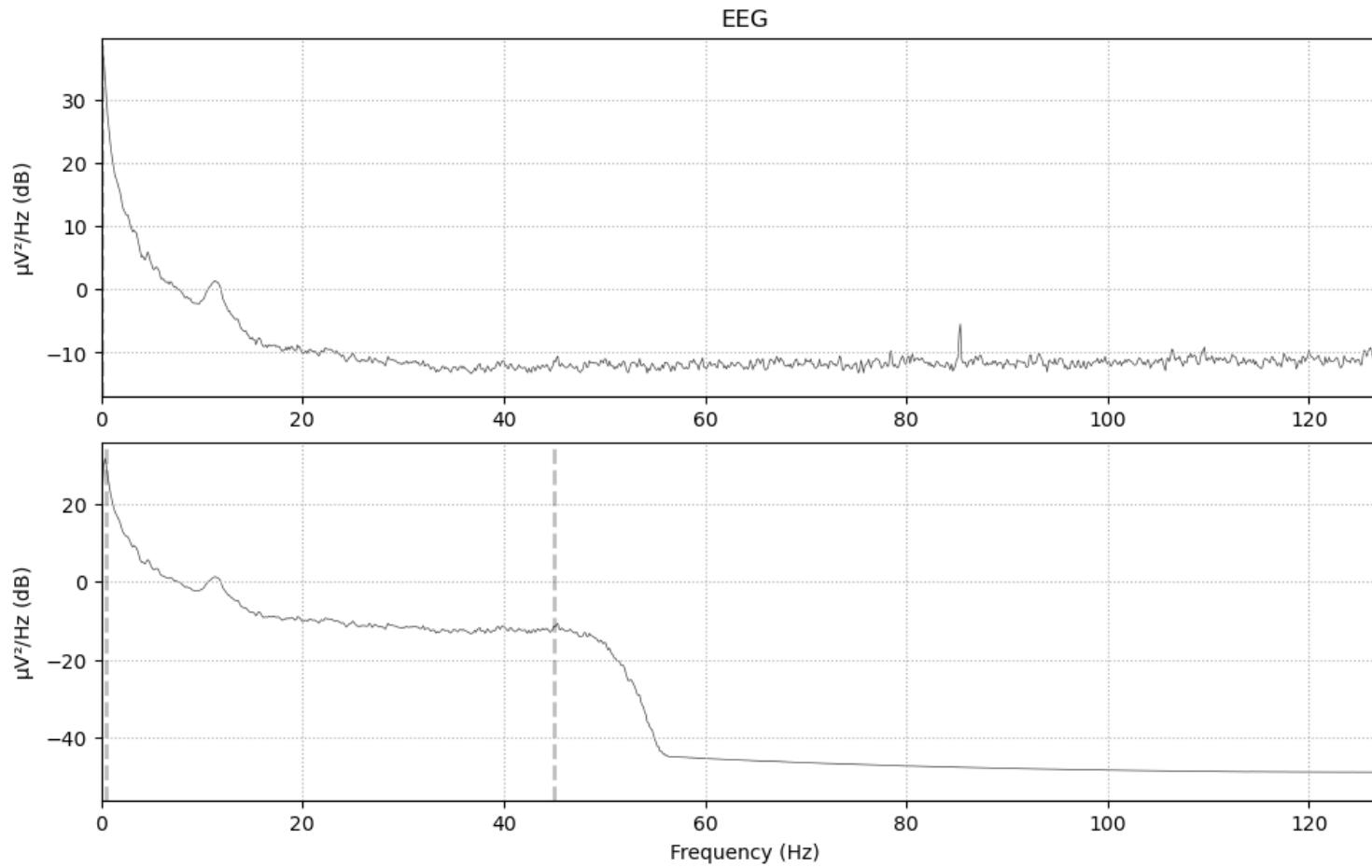


شکل ۱ - طیف‌نگار و هیپنوگرام دادگان ثبت شده از یک شرکت کننده



روش پیش‌پردازش

« اعمال فیلتر روی سیگنال

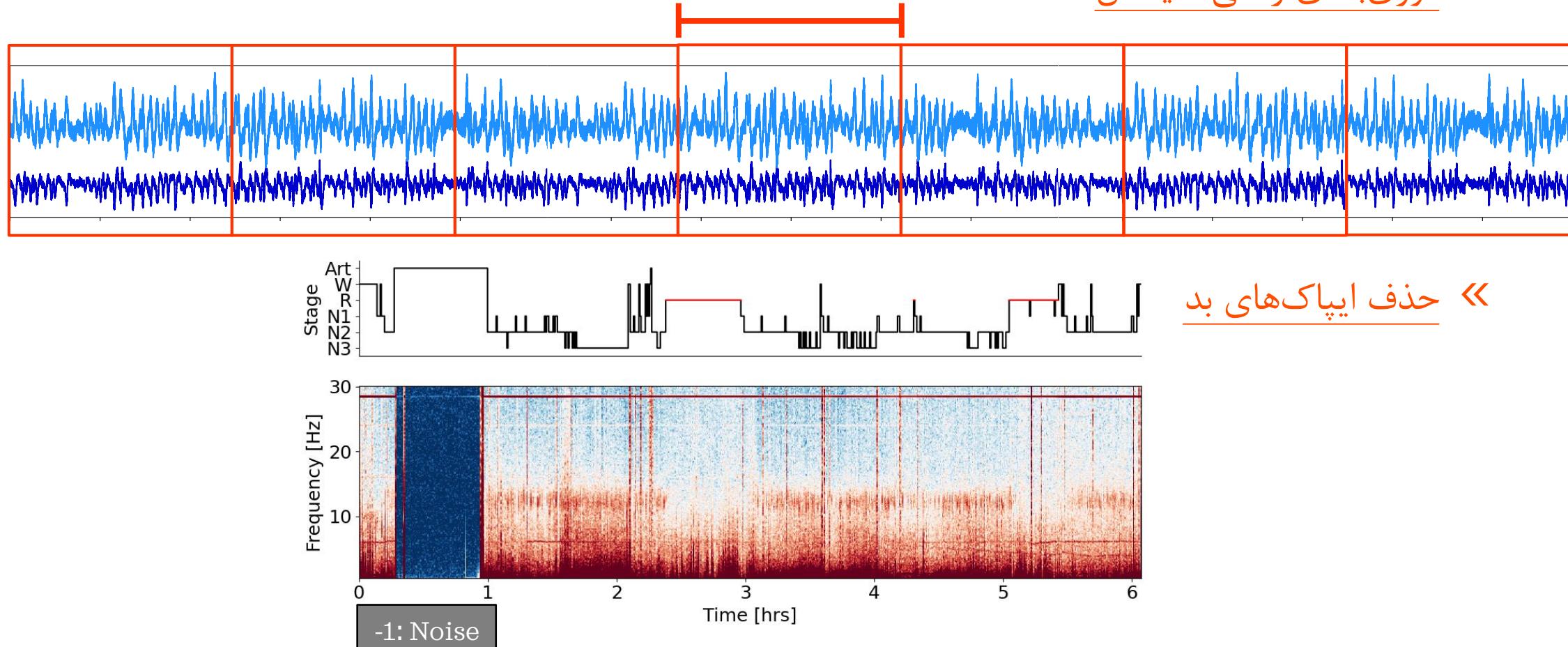


FIR فیلتر پاسخ ضربه محدود
 فاز صفر، علی و میان‌گذر بین $50/50$ تا 45 هرتز

روش پیش‌پردازش

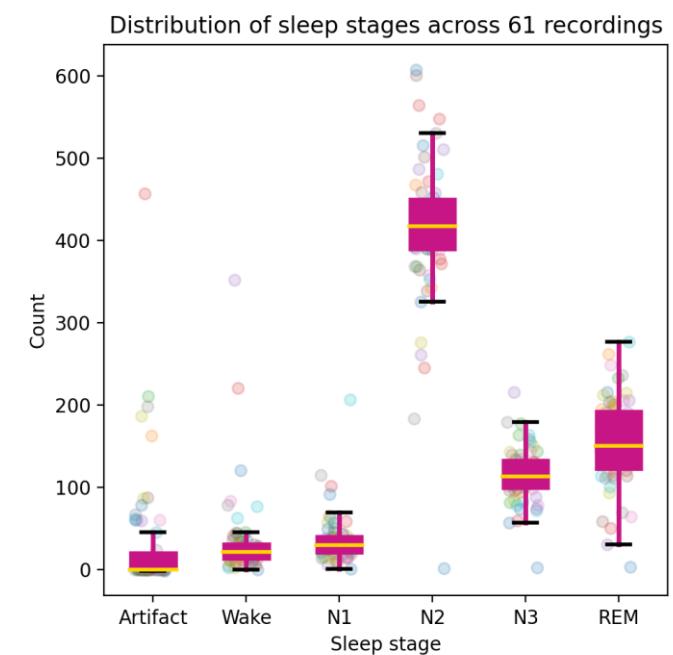
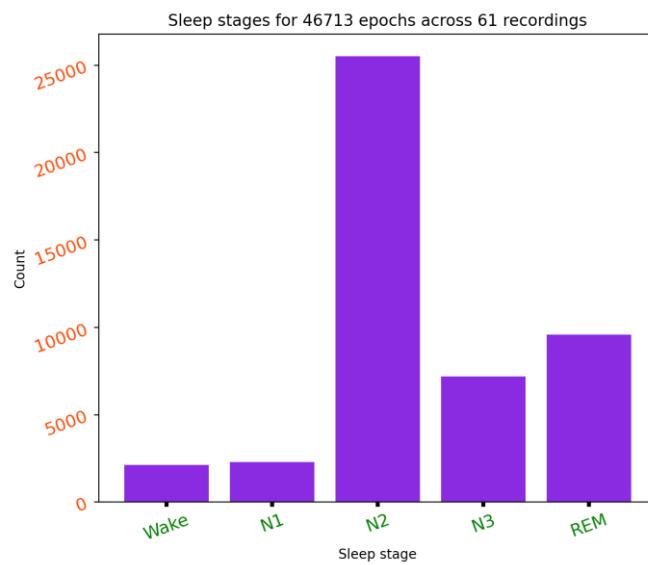
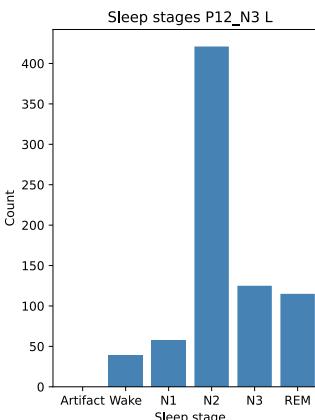
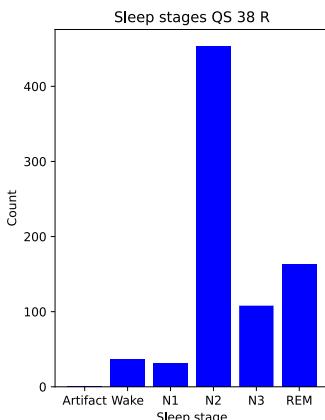
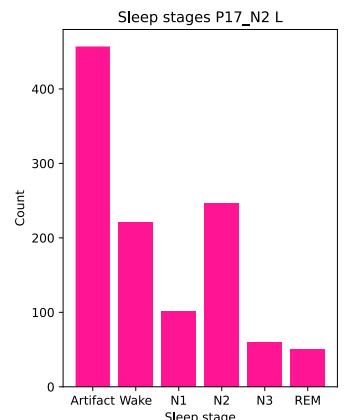
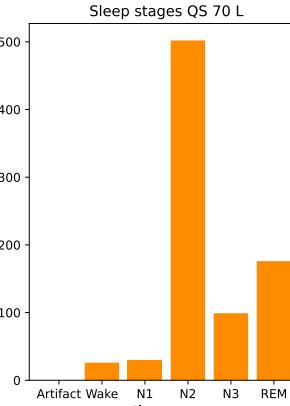
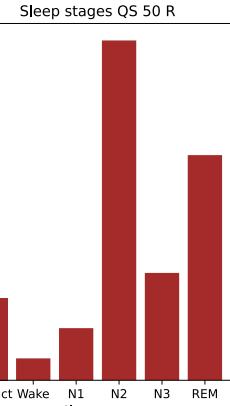
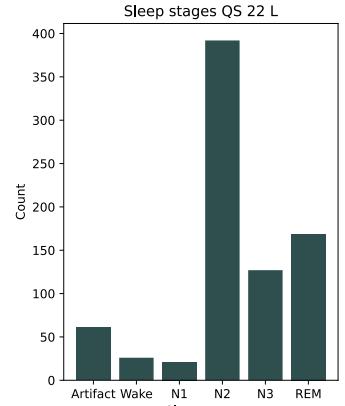
۳۰ ثانیه

« دوری‌بندی زمانی سیگнал



روش پیش‌پردازش

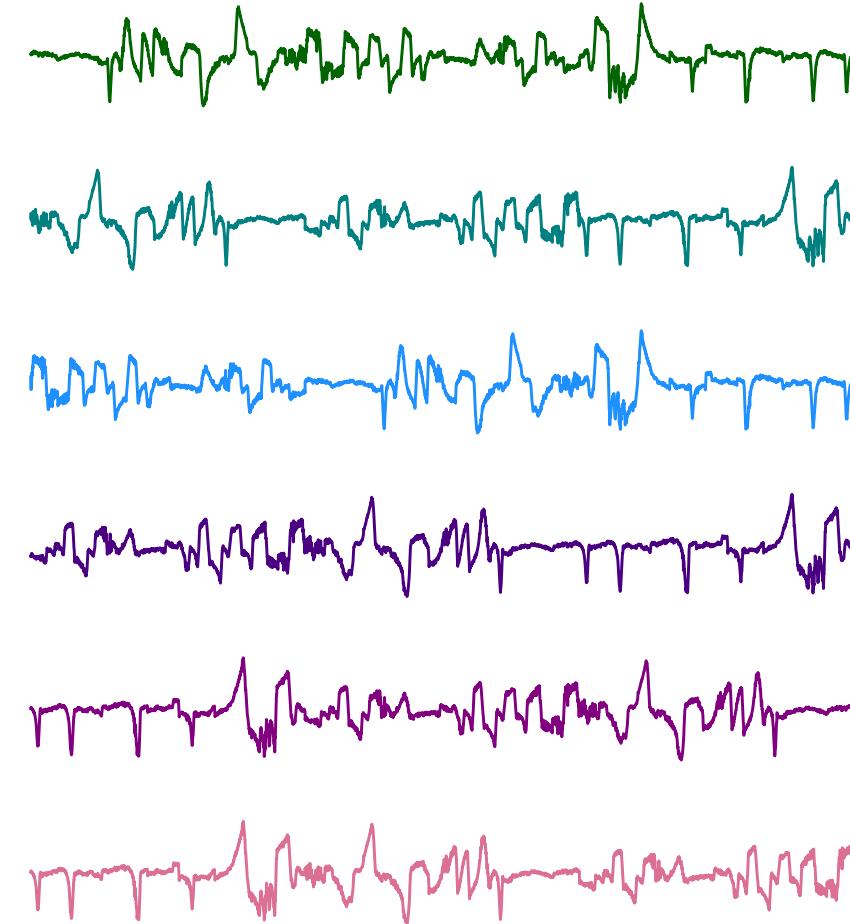
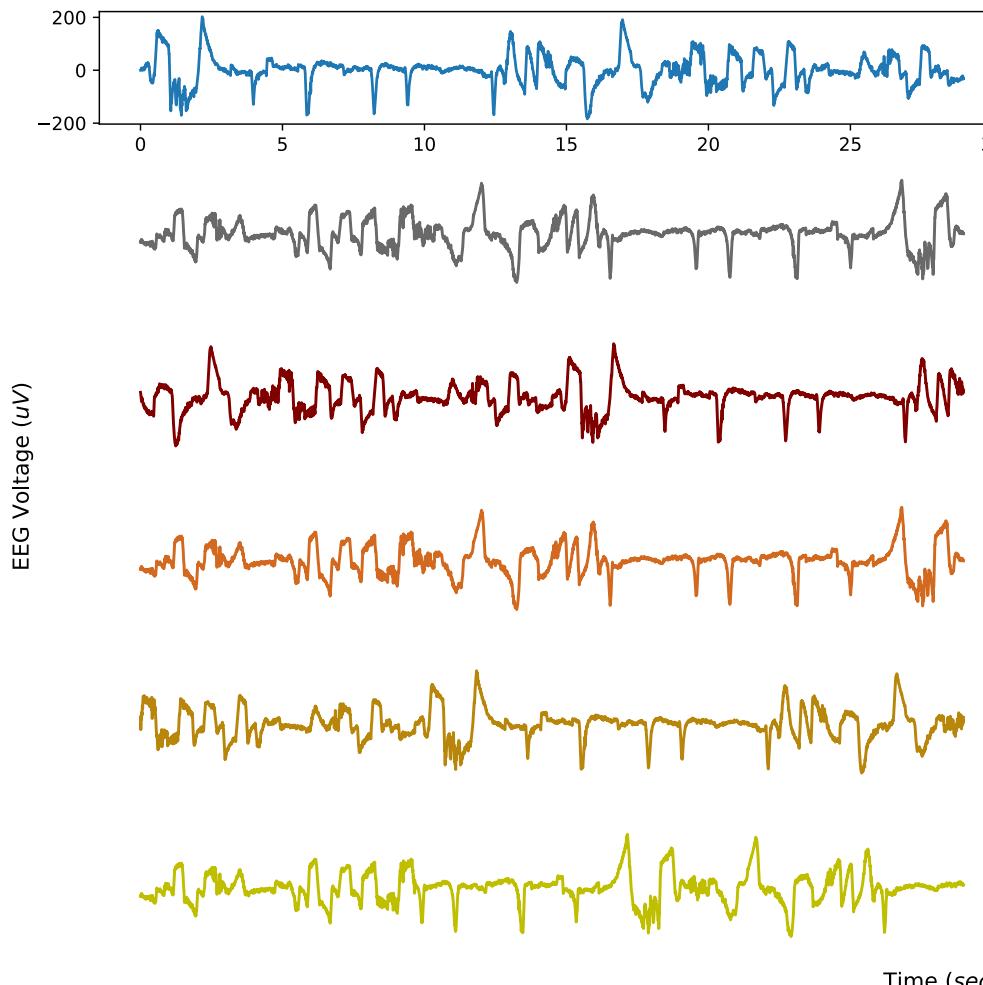
« افزایش دادگان

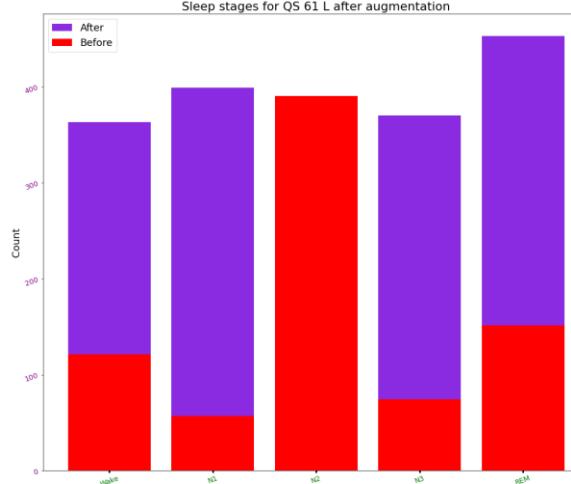


روش پیش‌پردازش

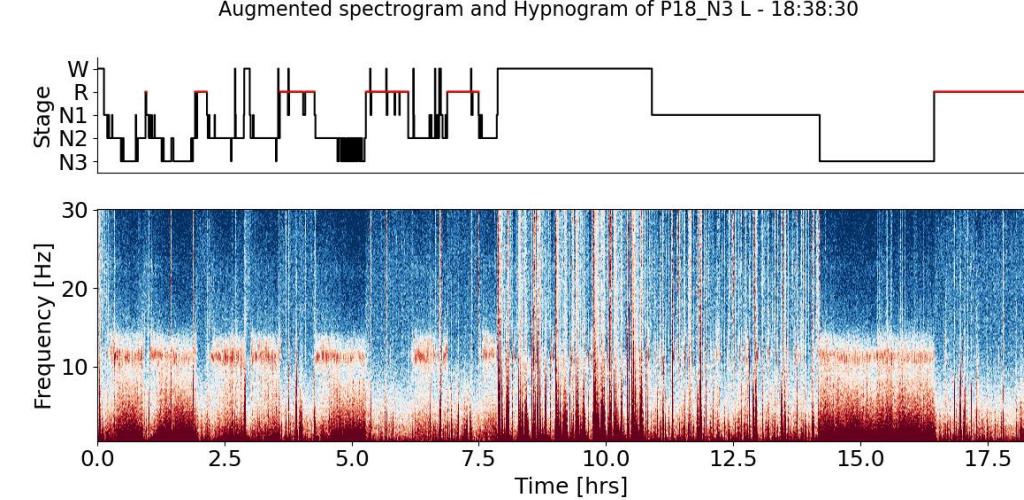
» افزایش دادگان

Augmentation of an EEG epoch

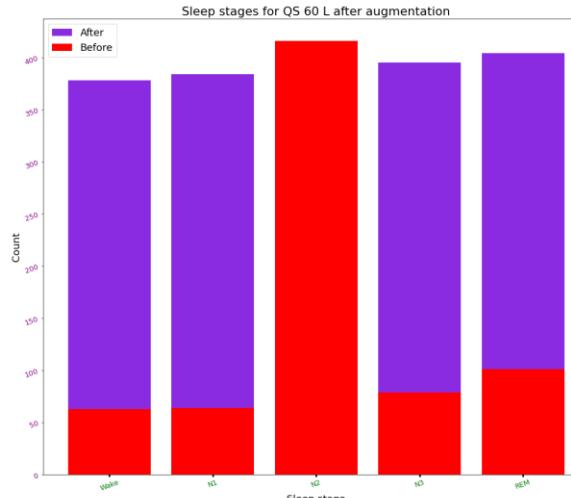




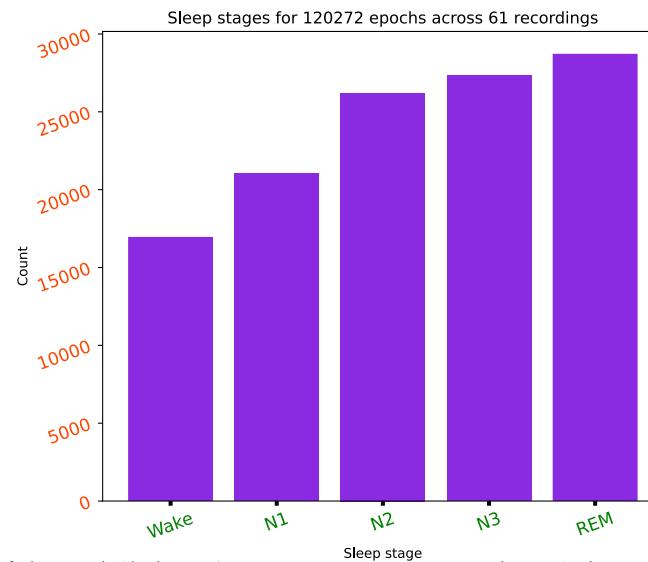
شکل ۱- توزیع مراحل خواب در دو جلسه ثبت قبل (قرمز) و بعد (بنفش) از افزایش دادگان



شکل ۲- طیف‌نگار یک جلسه ثبت بعد از افزایش دادگان



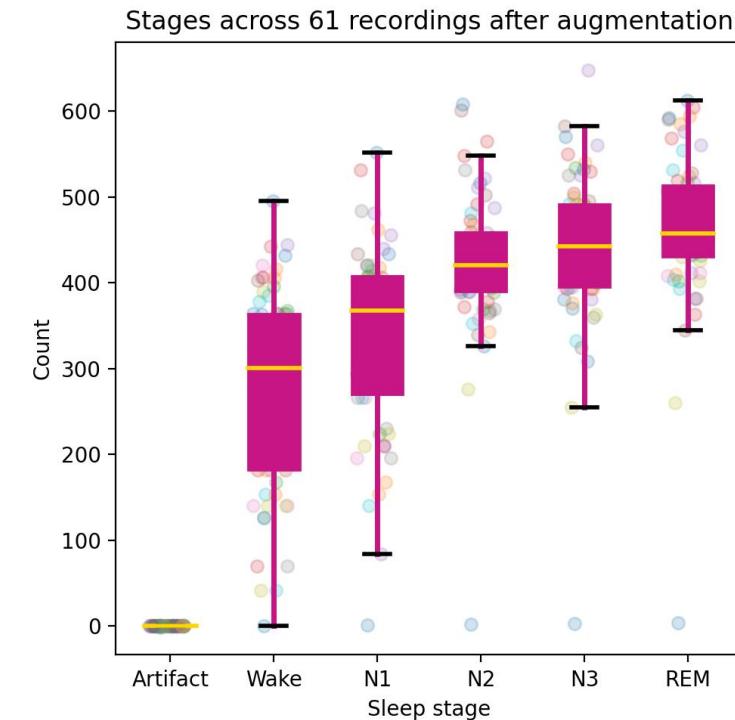
شکل ۱- توزیع مراحل خواب در دو جلسه ثبت قبل (قرمز) و بعد (بنفس) از افزایش دادگان



شکل ۳- توزیع مراحل خواب در مجموع همه ثبت‌ها بعد از افزایش دادگان

نتایج پیش‌پردازش

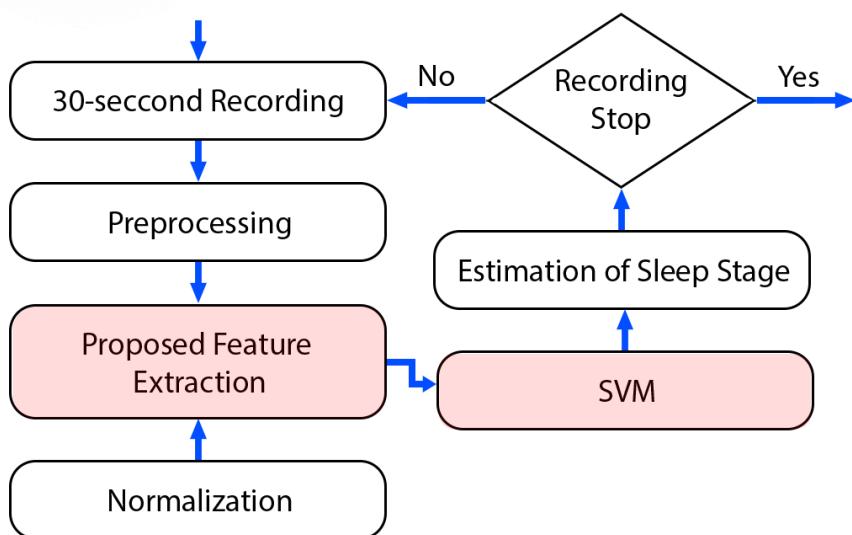
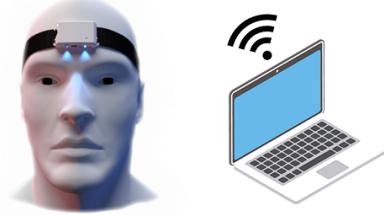
» افزایش دادگان



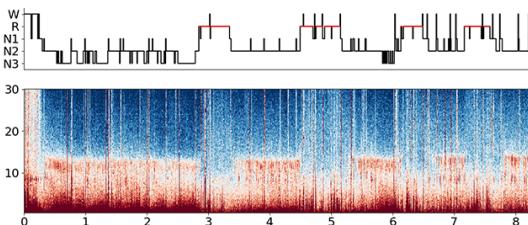
شکل ۴- توزیع مراحل خواب در مجموع همه ثبت‌ها بعد از افزایش دادگان

مراحل پردازش

Forehead EEGs



ANOVA



- « استخراج ویژگی
- « بررسی برخی خصوصیات آماری ویژگی‌های به دست آمده
- « انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری تحلیل واریانس
- « انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری خ₂
- « طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان (SVM)

شکل ۱ - بلوک دیاگرام مراحل طبقه‌بندی خواب بخش قرمز رنگ نشان‌دهنده مراحل پردازش است.



مراحل پردازش

استخراج ۷۴ ویژگی

جزوه فرقانس

مخفف	نام ویژگی	مخفف	نام ویژگی	گروه			مخفف	نام ویژگی	گروه
Skew	کشیدگی	Mean	میانگین	جزوه زمان	Alpha	alfa	Mean_psd	میانگین	جزوه زمان
Nzc	نرخ عبور از صفر	Median	میانه		Beta	بتا	Median_ps d	میانه	
Hact	فعالیت هجورت	Var	واریانس		Gamma	گاما	Var_psd	واریانس	
Hcomp	پیچیدگی هجورت	Std	انحراف معیار		Sigma	سیگما	Std_psd	انحراف معیار	
hmob	تحرک هجورت	Iqr	دامنه بین چالگی		...	۳۶ نسبت باند ها	Iqr_psd	دامنه بین چالگی	
E	انرژی	Kurt	چولگی		Ta_b	$\frac{\text{alfa} + \text{ta}}{\text{بتا}}$	Kurt_psd	چولگی	
App_entropy	آنتروپی تقریبی	shEnt	آنتروپی شانون		Ta_ab	$\frac{\text{alfa} + \text{ta}}{\text{بنا} + \text{alfa}}$	Skew_psd	کشیدگی	
Samp_entropy	آنتروپی نمونه	Renyi	آنتروپی رنی		Gb_da	$\frac{\text{بنا} + \text{گاما}}{\text{آلفا} + \text{دلتا}}$	Hact_psd	فعالیت هجورت	
bubbleEnt	آنتروپی حبابی	Spec_entropy	آنتروپی طیفی		Alpha	alfa	Hcomp_psd	پیچیدگی هجورت	
diffEnt	آنتروپی دیفرانسیلی	FuzzEnt	آنتروپی فازی		Beta	بتا	Hmob_psd	تحرک هجورت	
		Perm_entropy	آنتروپی جایگشت	جزوه بین	Gamma	گاما	Delta	دلتا	جزوه بین
Katz	بعد فرکتال کاتز	Dfa	تجزیه و تحلیل نوسانات بدون روند		Sigma	سیگما	Theta	تتا	
Hurt_Xi	ضرایب هرست	Petrosian	بعد فرکتال پتروسین		Higuchi	بعد فرکتال هیگوچی	Lziv	پیچیدگی لمپل-زیو	
								غیرخطی	





مراحل پردازش

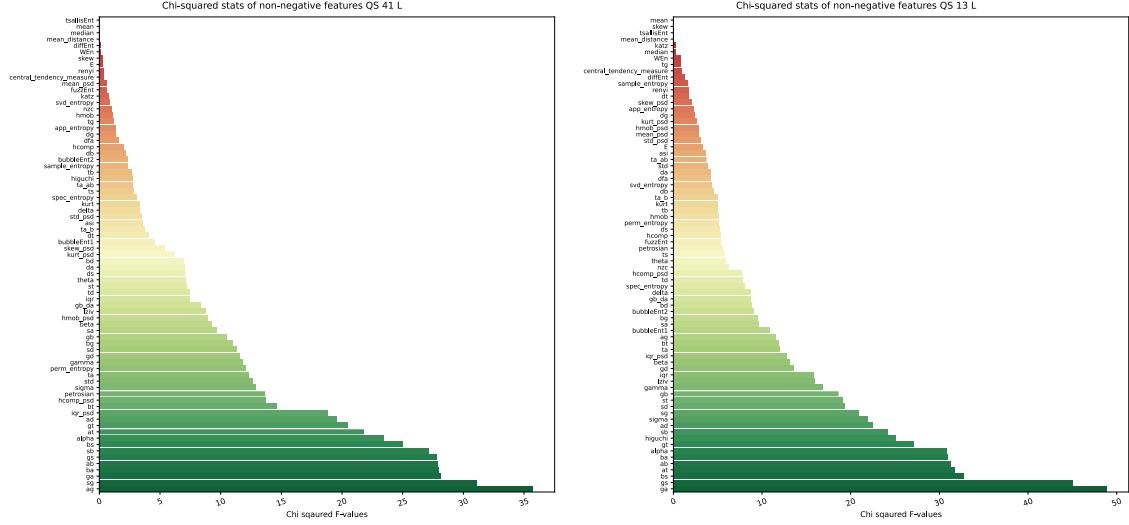
بررسی برخی خصوصیات آماری ویژگی های به دست آمده

« انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری تحلیل واریانس ANOVA

« انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری خی ۲

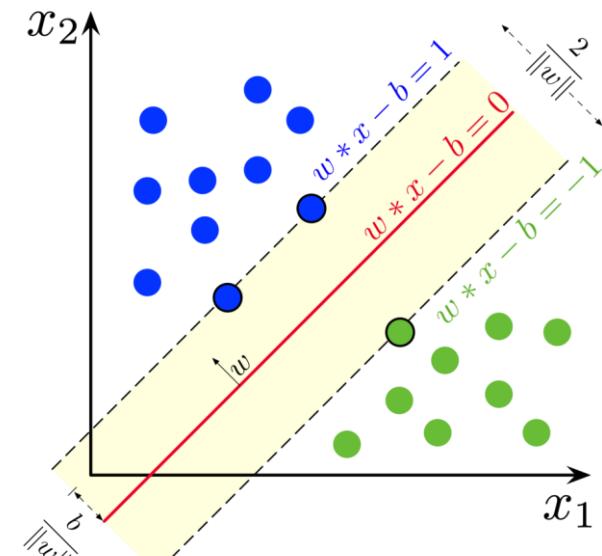
« طبقه بندی با ماشین بردار پشتیبان SVM

شکل ۱۰-۲- مرتب سازی ویژگی ها بر اساس امتیاز آزمون ANOVA



Chi-squared stats of non-negative features QS 41 L

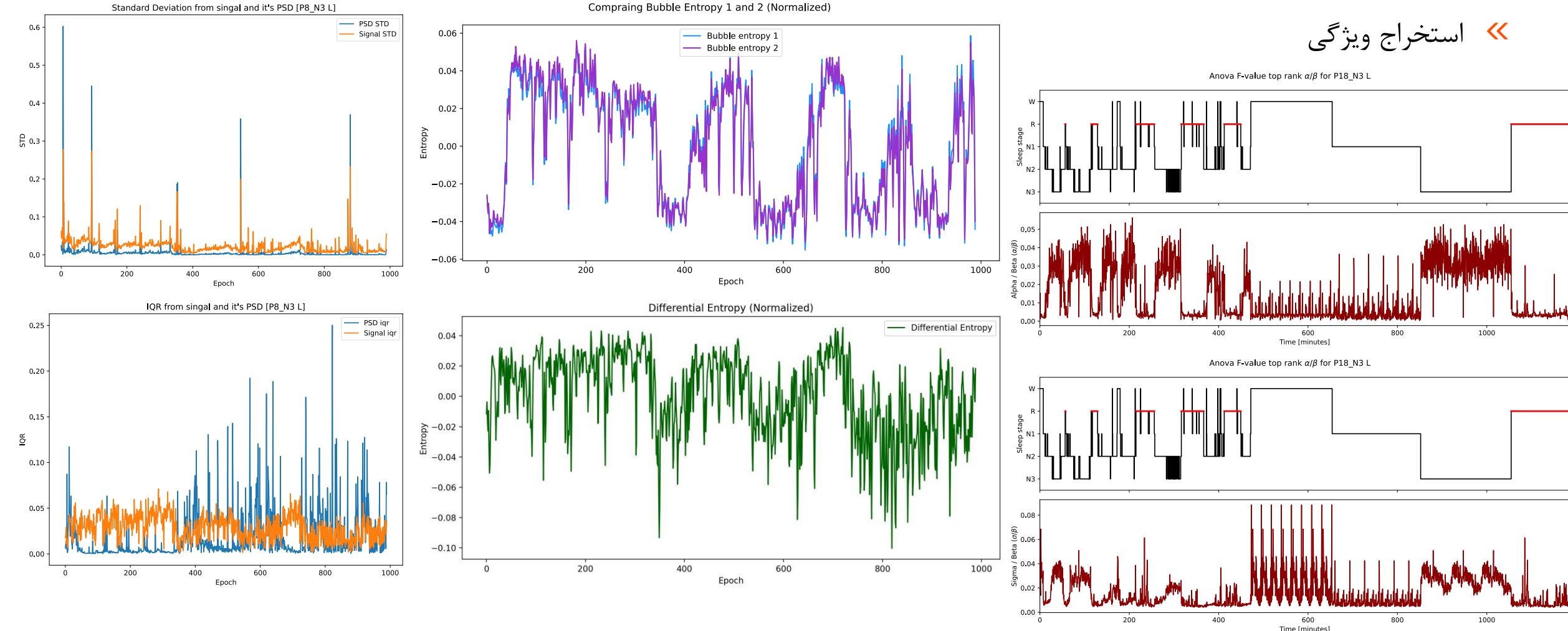
Chi-squared stats of non-negative features QS 13 L



شکل ۲- ماشین بردار پشتیبان (SVM).

نتایج پردازش و طبقه‌بندی

استخراج ویژگی

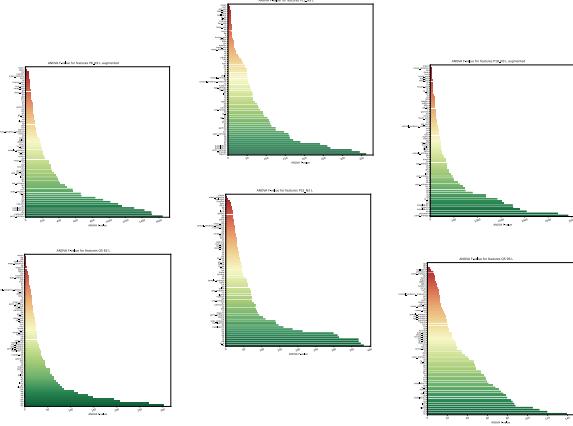


نتایج پردازش و طبقه‌بندی

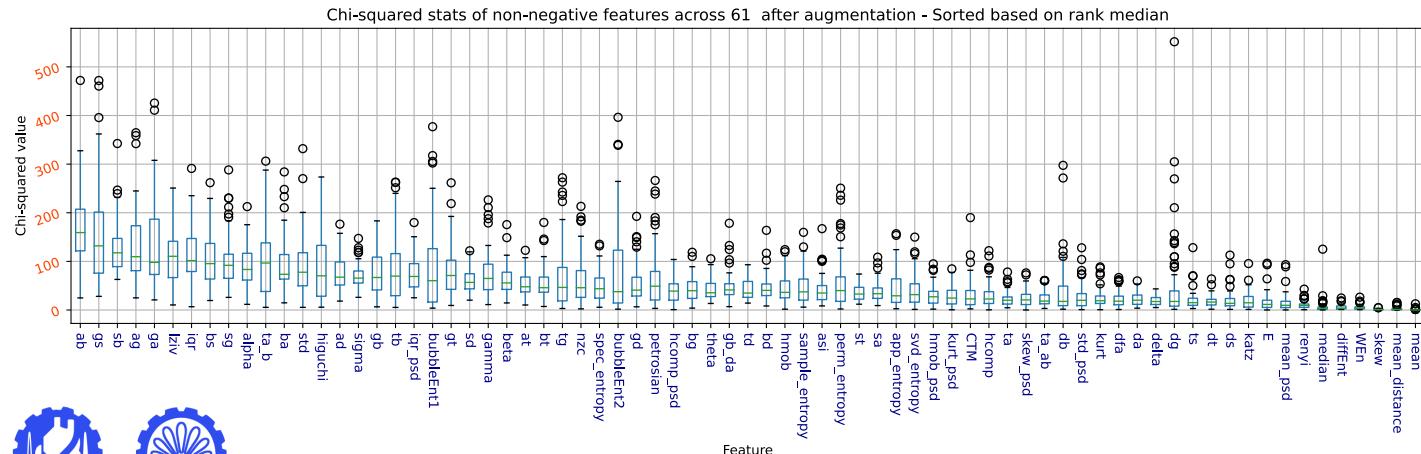
بررسی برخی خصوصیات آماری ویژگی‌های به دست آمده

« انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری تحلیل واریانس (ANOVA F-test) »

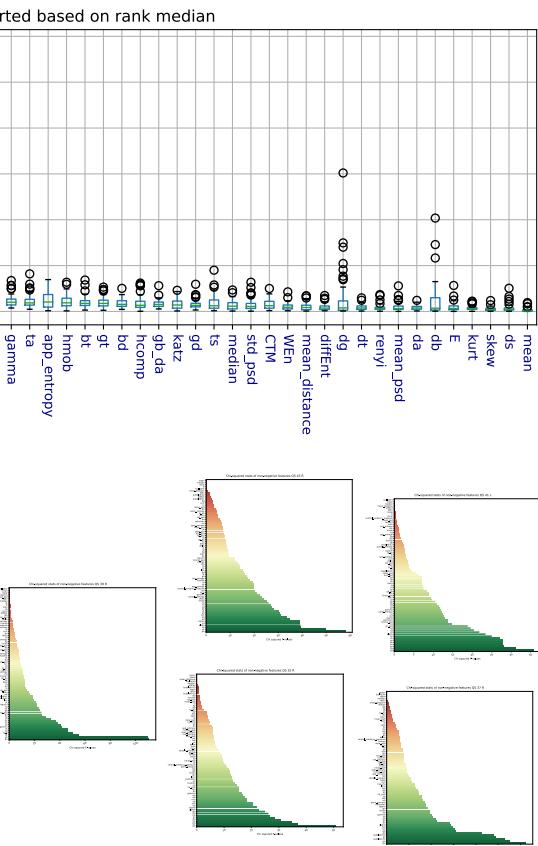
مرتب سازی بر
اساس میانه‌ها
امتیاز



« انتخاب ویژگی بر اساس آزمون آماری خی ۲ »



مرتب سازی بر
اساس میانه‌ها
امتیاز

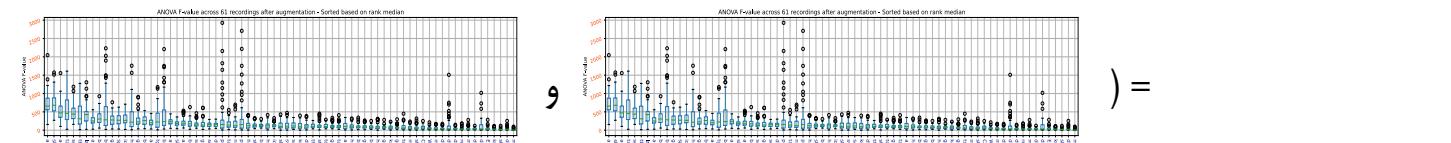


نتایج پردازش و طبقه‌بندی

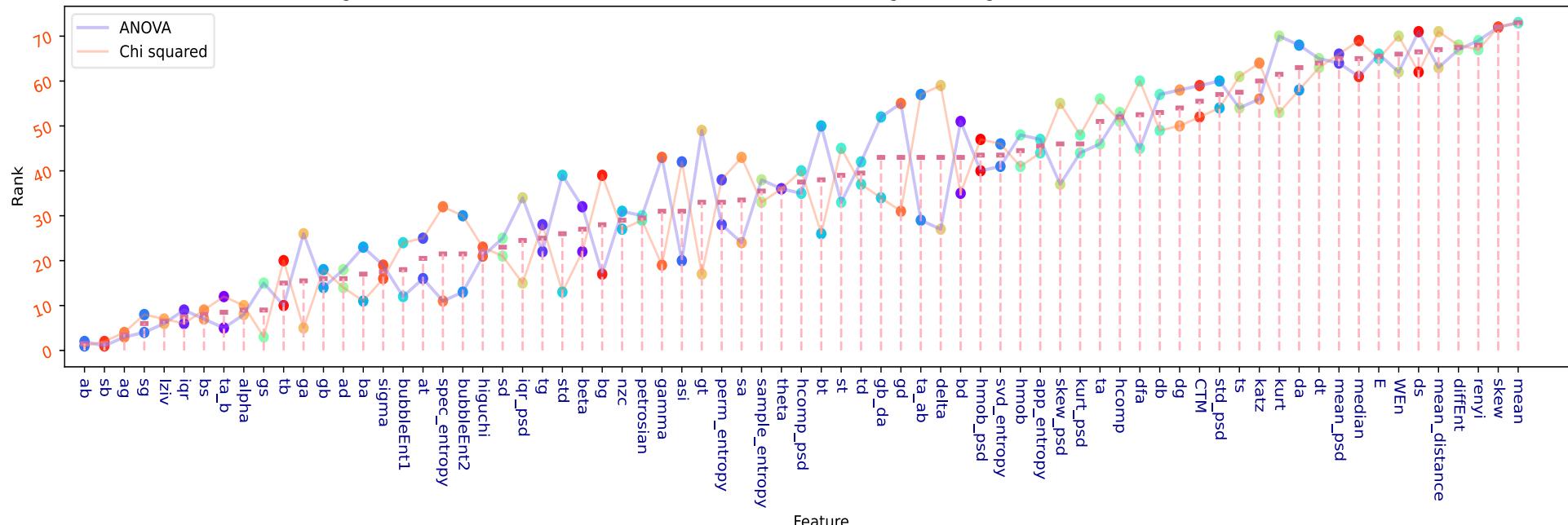
بررسی برخی خصوصیات آماری ویژگی‌های به دست آمده

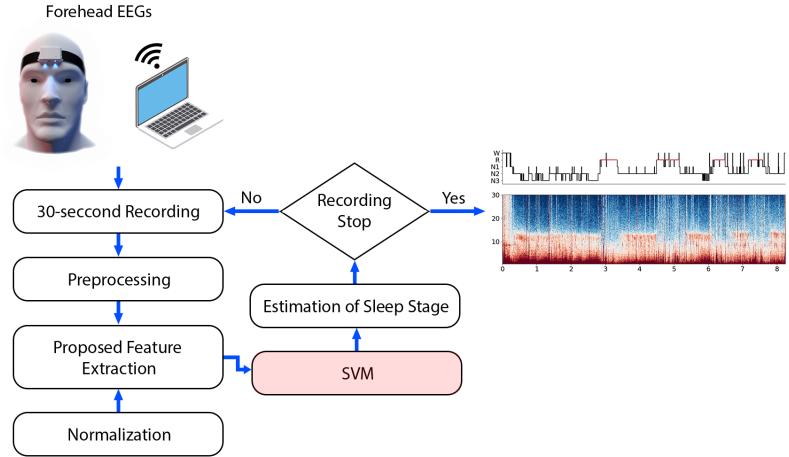
« رتبه‌بندی ۷۳ ویژگی مورد مطالعه بر اساس میانگین رتبه‌ها در میان دو آزمون آماری ANOVA و خی^۲

) میانگین



Average rank of features for two statistical tests across 61 recordings after augmentation - Sorted based on rank mean





شكل ۱ - بلوک دیاگرام مراحل طبقه‌بندی خواب بخش قرمز رنگ نشان‌دهنده طبقه‌بند است.

نتایج پردازش و طبقه‌بندی

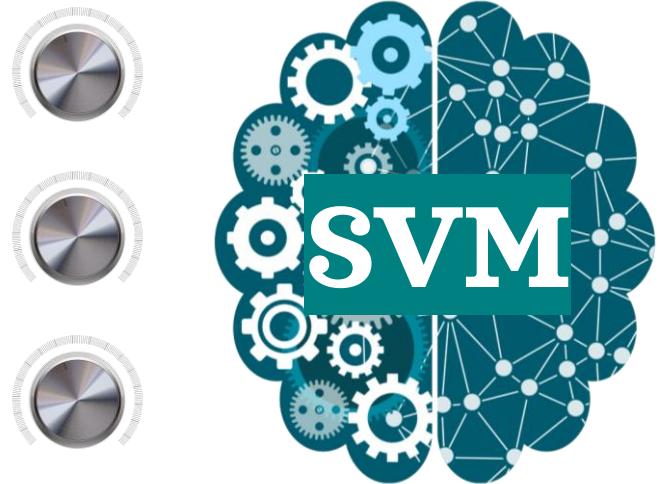
طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان SVM

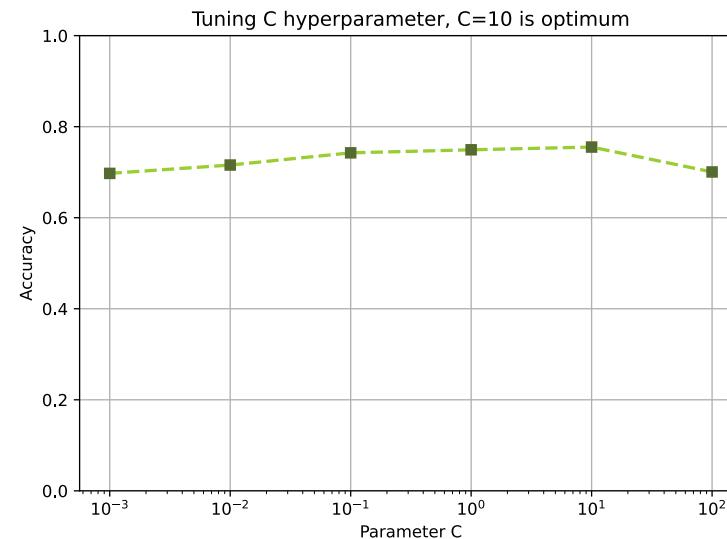
یافتن بهترین پارامترهای مدل ماشین بردار پشتیبان

نوع کرنل: RBF (غیرخطی)

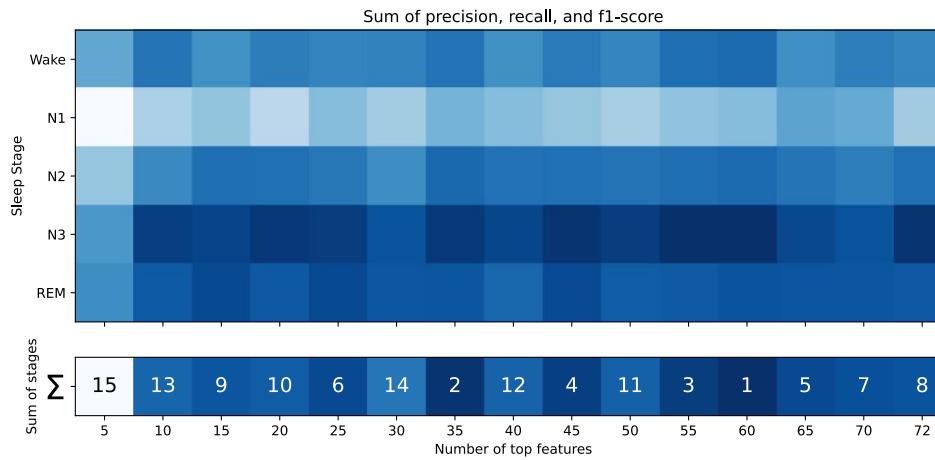
ضریب جریمه C

تعداد ویژگی برتر مورد استفاده





شکل ۱ - نمودار دقت طبقه‌بندی بر اساس مقادیر مختلف پارامتر C.

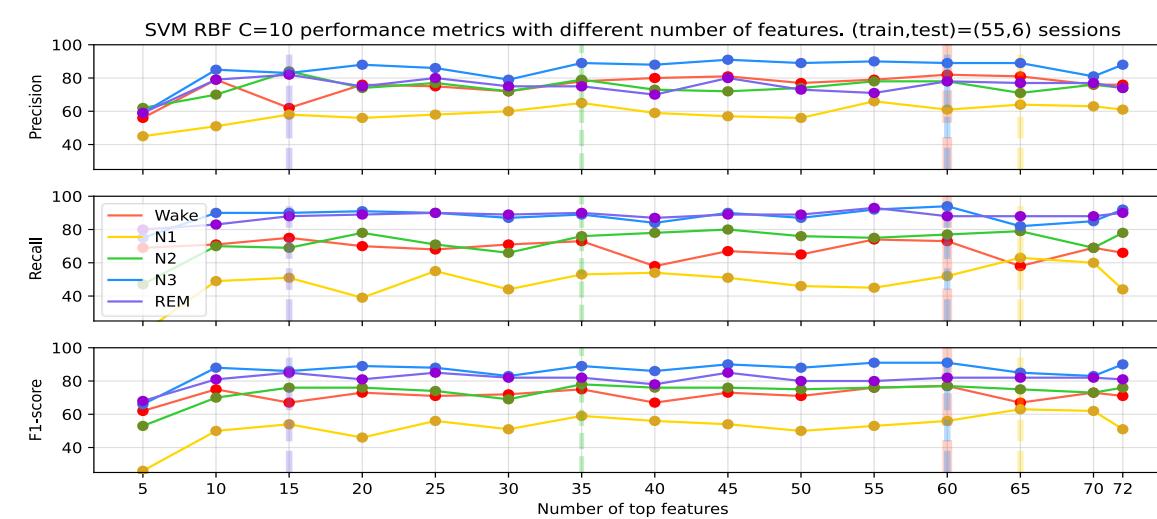


شکل ۳ - مقادیر جمع صحت، یادآوری و امتیاز F1 مراحل مختلف خواب به ازای تعداد ویژگی‌های مختلف

نتایج پردازش و طبقه‌بندی

طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان SVM

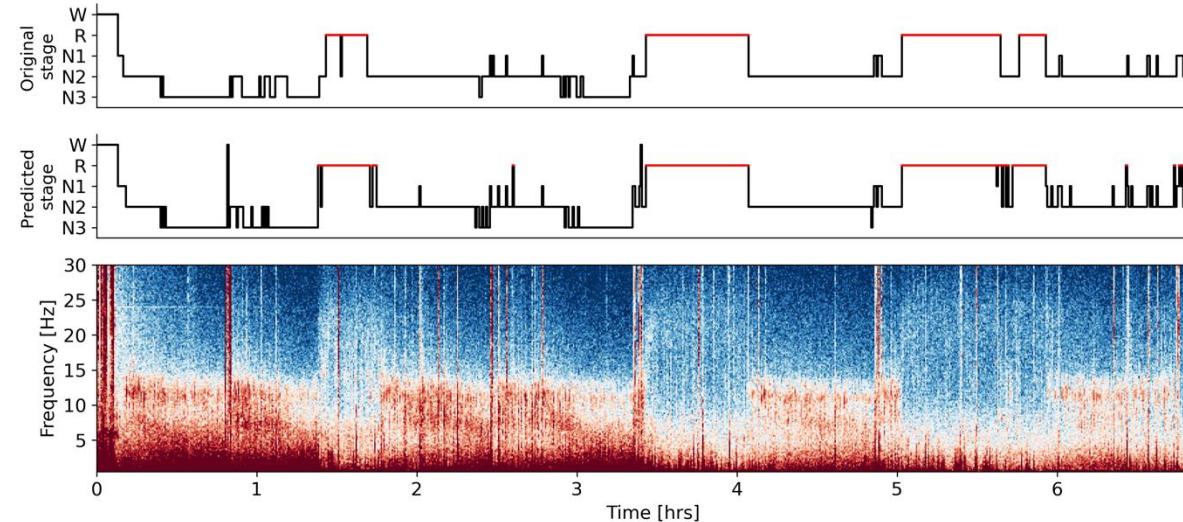
یافتن بهترین ضریب جریمه



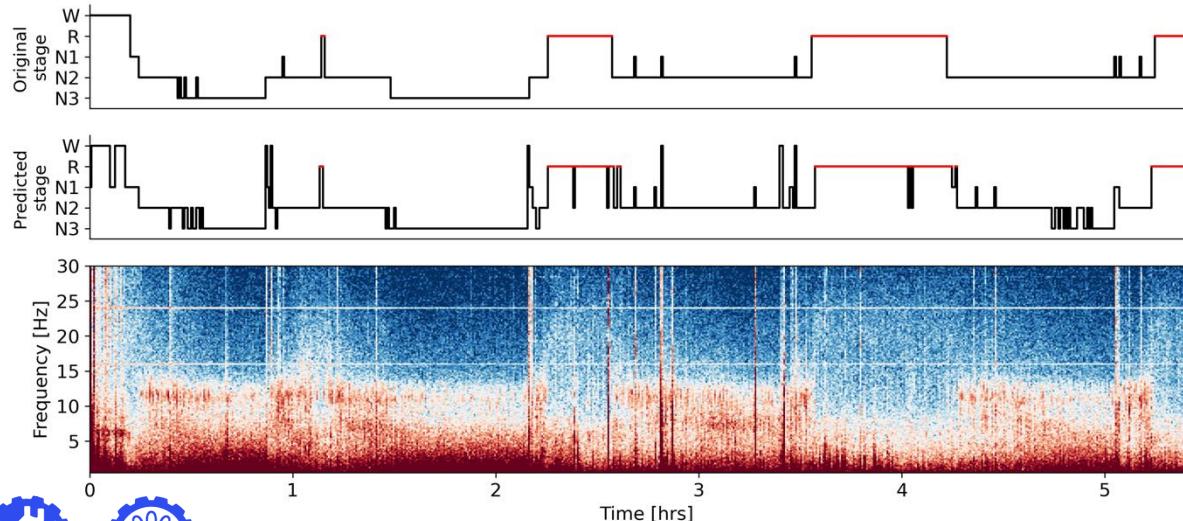
شکل ۲ - مقادیر صحت، یادآوری و امتیاز F1 برای هر کلاس بر حسب تعداد ویژگی‌های منتخب استفاده شده در یادگیری مدل



Predicted and original hypnogram and spectrogram of QS 12 R - 06:57:30
Prediction using SVM RBF C=10 with 60 top features (Trained on 54 recordings). Acc.: 82.71



Predicted and original hypnogram and spectrogram of QS 11 L - 05:29:30
Prediction using SVM RBF C=10 with 35 top features (Trained on 54 recordings). Acc.: 76.15



نتایج پردازش و طبقه‌بندی

طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان SVM

عملکرد مدل آموزش داده شده

با ۳۵ و ۶۰ ویژگی

		Predicted label				
		Wake	N1	N2	N3	REM
True label	Wake	167	8	5	1	9
	N1	15	174	38	2	93
N2	Wake	22	112	1920	273	143
	N1	3	2	30	682	2
N3	Wake	8	26	22	1	956
	N1					
REM	Wake					
	N1					

Confusion Matrix

		Predicted label				
		Wake	N1	N2	N3	REM
True label	Wake	114	26	7	8	22
	N1	55	85	30	6	108
N2	Wake	25	132	1811	279	172
	N1	12	10	98	605	6
N3	Wake	10	37	26	2	805
	N1					
REM	Wake					
	N1					

Confusion Matrix



صحت	یادآوری	F1	امتیاز	تعداد پشتیبان‌ها	
۷۸/۰	۸۸/۰	۸۲/۰	۱۹۰		بیداری
۵۴/۰	۵۴/۰	۵۴/۰	۳۲۲		N1
۹۵/۰	۷۸/۰	۸۶/۰	۲۴۷۰		N2
۷۱/۰	۹۵/۰	۸۱/۰	۷۱۹		N3
۷۹/۰	۹۴/۰	۸۶/۰	۱۰۱۳		REM
دقت: ۸۳/۰					
۷۶/۰	۸۲/۰	۷۸/۰	۴۷۱۴		میانگین بزرگ
۸۵/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۴۷۱۴		میانگین وزن دار

جدول ۱ - مقادیر صحت، یادآوری و امتیاز F1 برای مدل SVM با پارامترهای کرنل RBF، $C = 10$ و $\gamma = 60$ ویژگی برتر

صحت	یادآوری	F1	امتیاز	تعداد پشتیبان‌ها	
۵۳/۰	۶۴/۰	۵۸/۰	۱۷۷		بیداری
۲۹/۰	۳/۰	۳/۰	۲۸۴		N1
۹۲/۰	۷۵/۰	۸۲/۰	۲۴۱۹		N2
۶۷/۰	۸۳/۰	۷۴/۰	۷۳۱		N3
۷۲/۰	۹۱/۰	۸۱/۰	۸۸۰		REM
دقت: ۷۶/۰					
۶۳/۰	۶۹/۰	۶۵/۰	۴۴۹۱		میانگین بزرگ
۷۹/۰	۷۶/۰	۷۶/۰	۴۴۹۱		میانگین وزن دار

جدول ۲ - مقادیر صحت، یادآوری و امتیاز F1 برای مدل SVM با پارامترهای کرنل RBF، $C = 10$ و $\gamma = 35$ ویژگی برتر

نتایج پردازش و طبقه‌بندی

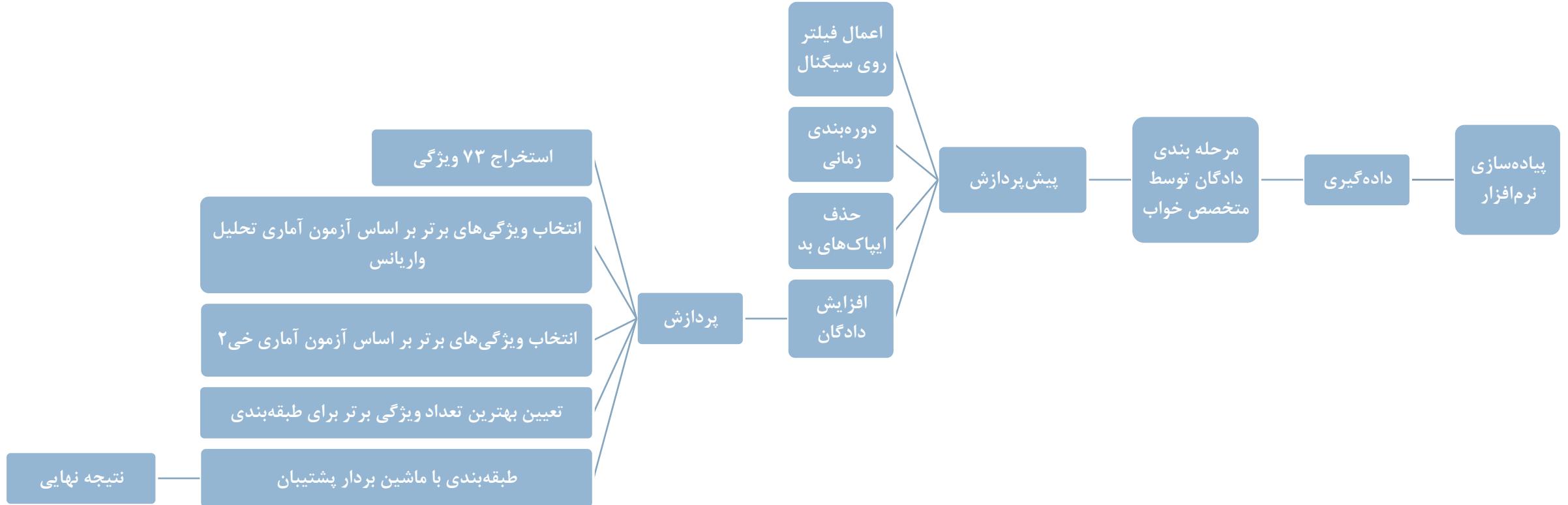
طبقه‌بندی با ماشین بردار پشتیبان SVM 

عملکرد مدل آموزش داده شده 

با ۶۰ و ۳۵ ویژگی



جمع‌بندی



جمع‌بندی

نتیجه‌ی نهایی

» نسبت توان باند فرکانسی آلفا به بتا (۱)، توان باند سیگما به بتا (۲)، توان باند آلفا به گاما (۳)، توان باند سیگما به گاما (۴)، ضریب توان لیاپانو (۵) و دامنه بین چارگی (۶) به ترتیب دارای بیشترین بیان‌کنندگی آماری با برچسب‌ها هستند.

» بهترین پارامترهای یادگیری شامل تعداد ویژگی برتر و ضریب جریمه به ترتیب مقادیر ۶۰ یا ۳۵ ویژگی و ضریب جریمه ۱۰ می‌باشد.

» طبقه‌بندی با ۶۰ ویژگی برتر (دقت ۸۳ درصد) دقت بیشتر ۹ درصد نسبت به طبقه‌بندی با ۳۵ ویژگی برتر (دقت ۷۶ درصد) است.

» استفاده از مدل آموزش‌دیده نهایی برای طبقه‌بندی برخط دادگان خواب

» پایش طولانی‌مدت و برخط خواب



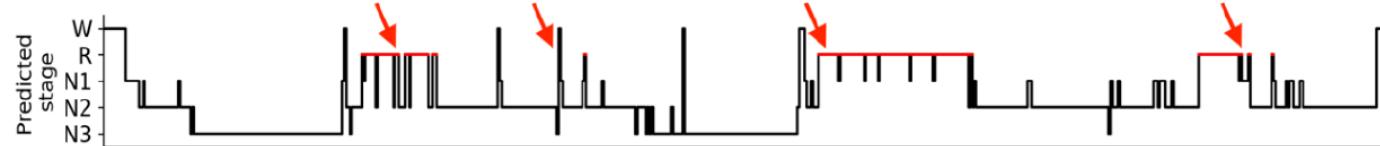
افق‌های پیش‌رو

« استفاده از روش‌های افزایش دادگان مبتنی بر شبکه‌های متخاصم مولد (GAN)

« جلوگیری از انتشار خطا توسط الگوریتم برش و جابه‌جایی

« تولید دادگان EEG با تنوع بیشتر

« استفاده از پیش‌فرض‌های زیستی در مدل‌های ریاضیاتی و آماری یادگیری ماشین



« افزایش دقت طبقه‌بند

« هماهنگی تصمیم‌های طبقه‌بند با فرآیندهای زیستی تولیدکننده‌ی دادگان

« استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین مبتنی بر سری‌های زمانی مانند LSTM و RNN

« یادگیری پویایی زمانی سیگنال‌های EEG



منابع

« منبع ۱

« منبع ۲

« منبع ۳



باتشکر

