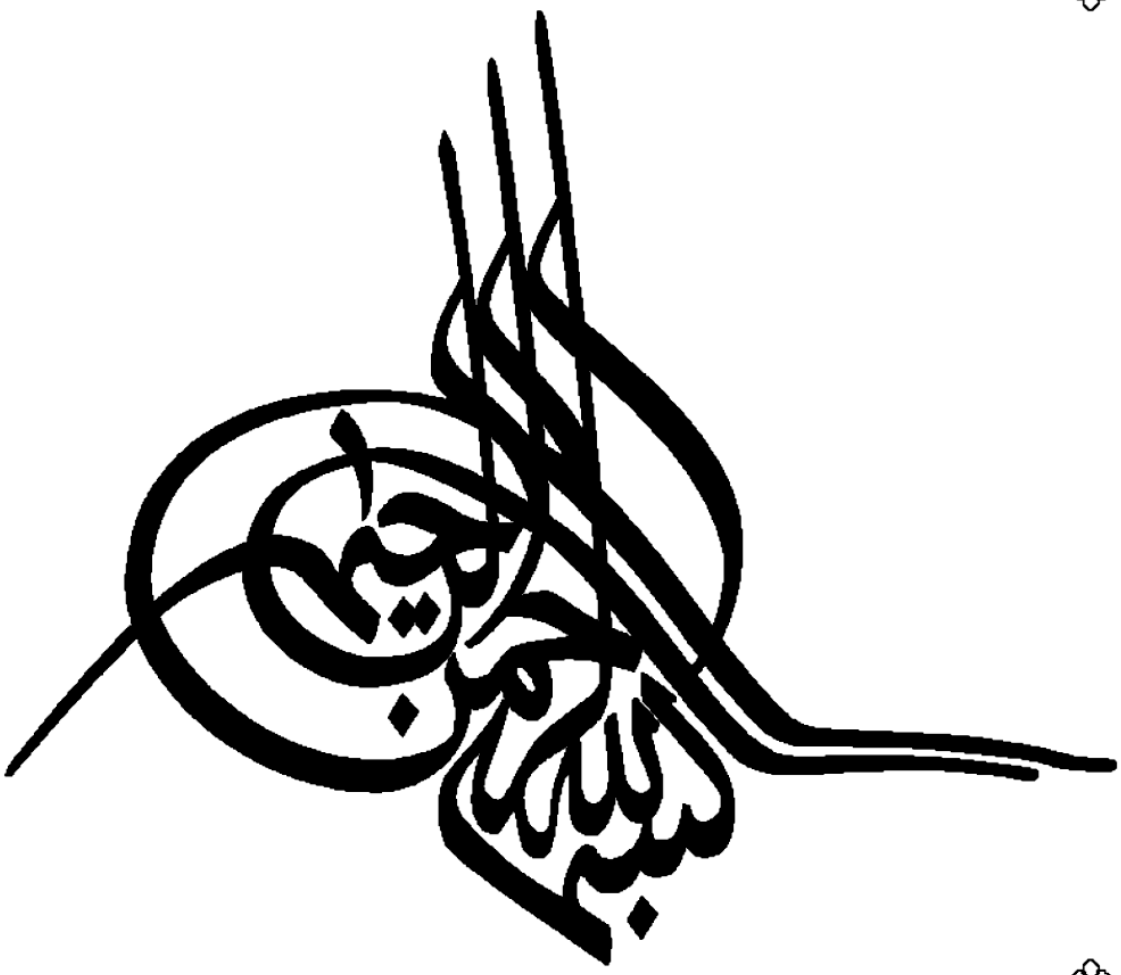
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق- بیوالکتریک

موضوع:

ترکیب طبقه‌بندها جهت تشخیص خودکار مراحل مختلف خواب از روی سیگنال EEG

استاد راهنما:

دکتر حسین منتظری کردی

نام دانشجو:

رضا کیان‌زاد

بهمن‌ماه ۱۳۹۲

سپاس‌گزاری

از تمامی اساتید محترم مهندسی پزشکی، خانواده‌ام و دوستان عزیزم علیرضا عسکری و احمد رحمانفر سپاس‌گزارم.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

چکیده

خواب سالم نقش مهمی در زندگی روزانه افراد دارد، چرا که در عملکرد کاری، ارتباط با دیگران، حالات اخلاقی و ذهنی آن‌ها تأثیرگذار است. یکی از اقدامات مهم در تشخیص مشکلات بالقوه‌ی خواب، طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب است. طبقه‌بندی مراحل خواب به‌صورت دستی که توسط افراد خبره صورت می‌گیرد، کاری بسیار بغرنج و زمان‌بر است. در این پایان‌نامه، پیشنهادی نو برای بهبود عملکرد طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب ارائه شده است. این روش بر پایه سیگنال EEG، انتخاب ویژگی و ترکیب طبقه‌بندها استوار است. ابتدا مجموعه‌ای از ویژگی‌های مختلف در حوزه فرکانس، زمان و تبدیل موجک از دو کانال سیگنال EEG استخراج شده‌است. سپس، برای هر طبقه‌بند، به‌صورت جداگانه و با استفاده از روش "انتخاب ترتیبی پیشرو"، بهترین ویژگی‌ها انتخاب شده‌است. طبقه‌بندهای استفاده‌شده عبارت‌از تحلیل تمایز خطی (LDA)، k همسایه نزدیک‌تر (k-NN)، و درخت تصمیم‌گیری (DT) می‌باشند. از ویژگی‌های انتخاب‌شده، به عنوان داده‌ی ورودی به طبقه‌بندها استفاده کرده و عملکرد هر کدام بررسی گردید. از آنجایی که هر طبقه‌بند نقاط قوت و ضعف خاص خودش را دارد و تنها مرحله یا مراحلی از خواب را با نرخ بالا طبقه‌بندی می‌کند، تصمیم گرفته‌شد تا با **ترکیب** خروجی طبقه‌بندها بر این مشکل غلبه کنیم. بدین‌وسیله از مزایای همه‌ی طبقه‌بندها در شناسایی و تفکیک مطلوب همه‌ی مراحل خواب بهره می‌بریم. از روش ساده و معروف **رأی‌گیری اکثریت** (Majority Voting) برای ترکیب خروجی طبقه‌بندها استفاده شده‌است. نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که نرخ کلی طبقه‌بندی LDA، k-NN و DT به‌ترتیب ۷۰,۰۰ ٪ و ۶۸,۷۲ ٪ و ۷۲,۳۸ ٪ بودند که با ترکیب آن‌ها به نرخ نهایی ۷۷,۵۷ ٪ رسیدیم و درنهایت توانستیم عملکرد طبقه‌بندهای پایه را تا حد قابل‌قبولی بهبود بخشیم تا **همه‌ی** مراحل خواب به‌خوبی شناسایی و تفکیک شوند.

واژه‌های کلیدی:

مراحل مختلف خواب، طبقه‌بندی، سیگنال EEG، استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی، ترکیب طبقه‌بندها، رأی‌گیری اکثریت.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۲

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف مسأله ۳

۱-۳- ساختار کلی پایان‌نامه ۴

فصل ۲: سیگنال EEG و مراحل مختلف خواب ۷

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- پلی‌سمنوگرافی (PSG) ۸

۲-۳- الکتروانسفالوگرام ۹

۲-۴- تکنیک‌های الکتروانسفالوگرافی ۱۲

۲-۵- ریتم‌های مغز ۱۴

۲-۶- مراحل خواب و قوانین R&K ۱۶

۲-۷- نظام‌نامه ارزیابی خواب مربوط به AASM ۱۷

فصل ۳: بررسی روش‌های موجود در طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب ۲۵

۳-۱- مقدمه ۲۵

۳-۲- اصول طبقه‌بندی خودکار ۲۶

۳-۲-۱- استخراج ویژگی ۲۷

۳-۲-۲- انتخاب ویژگی ۳۱

۳-۲-۳- طبقه‌بندها ۳۳

فصل ۴: طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب بر اساس ترکیب طبقه‌بندها ۴۵

۴-۱- مقدمه ۴۵

۴-۲- جمع‌آوری داده ۴۶

۴-۳- استخراج ویژگی ۴۸

۴-۳-۱- ویژگی‌های در حوزه فرکانس ۴۸

۴-۳-۲- ویژگی‌های در حوزه زمان ۴۹

۴-۳-۳- ویژگی‌های بر پایه موجک ۵۱

۴-۴- نرمالیزه‌کردن ویژگی‌ها ۵۴

۴-۵- انتخاب ویژگی ۵۵

۴-۶- طبقه‌بندها ۵۷

۴-۶-۱- تحلیل تمایز خطی (LDA) ۵۷

۴-۶-۲- k همسایه نزدیک‌تر ۵۹

۴-۶-۳- درخت تصمیم‌گیری ۶۰

۴-۷- ترکیب طبقه‌بندها ۶۱

فصل ۵: ارزیابی نتایج و مقایسه ۶۷

۵-۱- مقدمه ۶۷

۵-۲- ماتریس درهم‌ریختگی ۶۸

۵-۳- نتایج حاصل از انتخاب ویژگی ۶۹

۵-۴- نتایج حاصل از طبقه‌بندی ۷۰

۵-۵- نتایج حاصل از ترکیب طبقه‌بندها ۷۶

۵-۶- شبیه‌سازی دو نمونه از مقالات جدید ۸۲

فصل ۶: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸۹

۶-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۸۹

۶-۲- پیشنهادات ۹۲

منابع و مأخذ ۹۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: نمونه ای از ثبت سیگنال با روش پلی‌سمنوگرافی ۹

شکل ۲-۲: نورون هرمی و تولید دوقطبی ۱۱

شکل ۲-۳: نمایی از قرارگیری الکترودها در سیستم ۲۰-۱۰ ۱۳

شکل ۲-۴: امواج مهم مغزی در حین خواب ۱۵

شکل ۲-۵: شکل موج سیگنال EEG در مراحل مختلف خواب ۲۳

شکل ۳-۱: توالی مراحل مختلف خواب نشان داده شده در یک هیپنوگرام ۲۵

شکل ۳-۲: روندنمای تبدیل موجک گسسته ۲۹

شکل ۴-۱: درخت بسته موجک هشت سطحی ۵۳

شکل ۴-۲: نمونه‌ای از کاربرد LDA در طبقه‌بندی سه کلاسه ۵۹

شکل ۴-۳: مثالی از تأثیر مقدار k در طبقه‌بند k-NN ۶۰

شکل ۴-۴: عملکرد درخت تصمیم‌گیری در یک مسئله دو کلاسه ۶۱

شکل ۴-۵: ساختار سری طبقه‌بندها ۶۴

شکل ۴-۶: ساختار موازی طبقه‌بندها ۶۵

شکل ۵-۱: ویژگی‌های انتخاب شده برای طبقه‌بند LDA ۶۹

شکل ۵-۲: ویژگی‌های انتخاب شده برای طبقه‌بند k-NN ۷۰

شکل ۵-۳: ویژگی‌های انتخاب شده برای طبقه‌بند درخت تصمیم‌گیری ۷۰

شکل ۵-۴: نرخ طبقه‌بندی مراحل خواب توسط طبقه‌بند LDA ۷۱

شکل ۵-۵ تأثیر مقدار k در نرخ طبقه‌بندی k-NN ۷۲

شکل ۵-۶: نرخ طبقه‌بندی مراحل خواب توسط طبقه‌بند 1-NN ۷۳

شکل ۵-۷: نرخ طبقه‌بندی مراحل خواب توسط طبقه‌بند درخت تصمیم‌گیری ۷۵

شکل ۵-۸: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ۳ طبقه‌بند ۷۵
شکل ۵-۹: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ترکیب LDA و 1-NN ۷۷
شکل ۵-۱۰: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ترکیب LDA و DT ۷۸
شکل ۵-۱۱: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ترکیب 1-NN و DT ۷۹
شکل ۵-۱۲: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ترکیب دوبه‌دو طبقه‌بندها ۸۰
شکل ۵-۱۳: نرخ طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب توسط ترکیب هر سه طبقه‌بند ۸۱
شکل ۵-۱۴: مقایسه‌ی بین نتایج حاصل از تمام حالات ترکیب طبقه‌بندها ۸۲
شکل ۵-۱۵: بررسی تأثیر تعداد نورون‌های مخفی در شبکه عصبی جلوسو ۸۴
شکل ۵-۱۶: منحنی یادگیری شبکه عصبی بر مبنای خطای مجذور میانگین ۸۴
شکل ۵-۱۷: مقایسه نتایج حاصل از روش این پایان‌نامه با روش مقاله شبیه‌سازی شده اول ۸۶
شکل ۵-۱۸: مقایسه نتایج حاصل از روش این پایان‌نامه با روش مقاله شبیه‌سازی شده دوم ۸۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: قوانین R&K ۱۷

جدول ۲-۲: قوانین R&K و نظام‌نامه AASM ۱۸

جدول ۳-۱: تعدادی از ویژگی‌های مورد استفاده در مقاله [۳۶] ۳۶

جدول ۳-۲: پیشینه‌ای از تحقیقات صورت‌گرفته در سال‌های اخیر ۴۱

جدول ۴-۱: نحوه برچسب‌گذاری مراحل خواب در داده‌ی مورد استفاده ۴۷

جدول ۴-۲: تعداد بازه‌ها در هر مرحله‌ی خواب ۴۸

جدول ۴-۳: باندهای فرکانسی و ضرایب موجک مرتبط با آن‌ها ۵۳

جدول ۴-۴: تبدیلات انجام‌گرفته به سمت توزیع نرمال ۵۵

جدول ۵-۱: ماتریس درهم‌ریختگی برای طبقه‌بند LDA ۷۱

جدول ۵-۲: ماتریس درهم‌ریختگی برای طبقه‌بند 1-NN ۷۳

جدول ۵-۳: ماتریس درهم‌ریختگی برای طبقه‌بند درخت تصمیم‌گیری ۷۴

جدول ۵-۴: ماتریس درهم‌ریختگی برای ترکیب طبقه‌بندهای LDA و 1-NN ۷۶

جدول ۵-۵: ماتریس درهم‌ریختگی برای ترکیب طبقه‌بندهای LDA و DT ۷۷

جدول ۵-۶: ماتریس درهم‌ریختگی برای ترکیب طبقه‌بندهای 1-NN و DT ۷۸

جدول ۵-۷: ماتریس درهم‌ریختگی برای ترکیب هر سه طبقه‌بند ۸۰

جدول ۵-۸: ماتریس درهم‌ریختگی برای نتایج شبیه‌سازی شده مقاله اول ۸۵

جدول ۵-۹: ماتریس درهم‌ریختگی برای نتایج شبیه‌سازی شده مقاله دوم ۸۷

لیست علائم و اختصارات

الکتروانسفالوگرام	EEG: Electroencephalogram
الکترومایوگرام	EMG: Electromyogram
الکترواکولوگرام	EOG: Electrooculogram
پلیسمنوگرافی	PSG: Polysomnography
حرکت سریع چشم	REM: Rapid Eye Movement
حرکت غیر سریع چشم	NREM: Non-Rapid Eye Movement
خواب موج آرام	SWS: Slow Wave Sleep
تحلیل تمایز خطی	LDA: Linear Discriminant Analysis
kهمسایه نزدیک‌تر	k-NN: k-Nearest Neighbor

فصل اول

مقدمه

فصل ۱: **مقدمه**

۱-۱- مقدمه

حدود یک‌سوم از عمر همه ما انسان‌ها در خواب می‌گذرد. خواب طبیعی نعمتی است که در جنبه‌های گوناگونی از زندگی افراد از جمله عملکرد کاری، ارتباط با دیگران، حالات خلقی و ذهنی نقش مهمی دارد. بنابراین، شناسایی مشکلات مرتبط با خواب اهمیتی حیاتی در تحقیقات مرتبط با این زمینه دارد. بیخوابی، فلج خواب (که در اصطلاح عوام به *بختک* معروف است)، راه رفتن در خواب و اختلالات تنفسی شبانه، از بیماری‌های مرتبط با خواب هستند که طبیعتاً موجبات آزردگی فرد را فراهم می‌کنند و نیاز به درمان دارند.

یکی از اساسی‌ترین اقداماتی که برای تشخیص مشکلات بالقوه‌ی خواب وجود دارد، *شناسایی مراحل مختلف خواب* است. این کار در ابتدا از روی سیگنال‌های گرفته شده از بیمار در طی شب و به کمک افراد متخصص و خبره صورت می‌گرفت. اگر به‌طور متوسط، سیگنال ثبت‌شده از بیمار، ۸ ساعت یا ۲۸۸۰۰ ثانیه طول بکشد و هر بازه‌ی خواب را ۳۰ ثانیه فرض کنیم، آنگاه به تعداد ۹۶۰ بازه وجود دارد که باید توسط فرد متخصص بررسی شوند تا هر کدام را به یکی از مراحل ۶گانه خواب اختصاص دهد. پس این فرآیند، امری بسیار بغرنج و زمان‌بر است و احتمال خطا را نیز به‌شدت افزایش می‌دهد. همین مسأله محققان را به فکر استفاده از روش‌های رایانه‌ای انداخت تا وظیفه‌ی این کار پیچیده را به آن‌ها محول کنند. تاکنون روش‌های بسیار زیادی در طی ۵۰ سال گذشته در زمینه **طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب** مورد آزمایش گرفته‌اند.

هدف تمام این روش‌ها، توسعه‌ی یک سیستم خودکار برای طبقه‌بندی بازه‌های خواب با دقت بالا می‌باشد. اگر چنین سیستمی با موفقیت عمل کند، می‌تواند در مقایسه با تشخیص انسانی، مراحل خواب را بسیار سریع‌تر و دقیق‌تر شناسایی کند. اغلب این روش‌ها شامل دو بخش اصلی هستند: بخش استخراج ویژگی‌های گوناگون از سیگنال‌های زیستی و بخش طبقه‌بندی. در بخش نخست، ویژگی‌هایی را که غالباً در حوزه زمان

و/یا فرکانس می‌باشند، استخراج کرده و در برداری موسوم به بردار ویژگی قرار می‌دهند. در بخش دوم، از این بردار ویژگی به عنوان ورودی طبقه‌بندها استفاده می‌کنند. درنهایت، بسته به نوع طبقه‌بند و الگوریتمِ به‌کاررفته، نرخ‌های گوناگونی برای طبقه‌بندی مراحل مختلف خواب به‌دست می‌آیند.

۱-۲- تعریف مسأله

با بررسی فراوانِ مطالعات صورت‌گرفته، متوجه شدیم که روش‌هایی که تاکنون برای شناسایی مراحل خواب به‌کار رفته‌اند، عموماً از **ویژگی‌ها و ساختارهای طبقه‌بندی مشابهی** استفاده می‌کنند (به فصل سوم مراجعه شود). ما در این پایان‌نامه به دنبال آن بوده‌ایم تا با **استفاده از یک ساختار متفاوت طبقه‌بندی** به تشخیص و تفکیک مراحل مختلف خواب بپردازیم. در این مطالعه، **انتخاب ویژگی‌ها بر اساس نوع طبقه‌بند می‌باشد**؛ به این معنا که ابتدا یک مجموعه‌ی کلی از ویژگی‌ها در حوزه زمان، فرکانس و موجک، از سیگنال الکتروانسفالوگرام استخراج شده و سپس با استفاده از روش‌های انتخاب ویژگی، تعیین می‌گردد که بهترین ویژگی‌ها برای هر طبقه‌بند کدام‌ها هستند. در بخش طبقه‌بندی، سعی شده است از طبقه‌بندهایی استفاده گردد که هر کدام کارآمدی زیادی در تفکیک مراحل مختلف خواب داشته باشد. در این پایان‌نامه، ما از سه طبقه‌بندِ پایه‌ی **تحلیل تمایز خطی، k همسایه نزدیک‌تر و درخت تصمیم‌گیری** استفاده کرده‌ایم. به‌صورت مستقل، از هر طبقه‌بند خواسته شده است تا هر بازه‌ی خواب را تفکیک و در یکی از مراحل قرار دهد. از آنجایی که هیچ طبقه‌بندی ایده‌آل نمی‌باشد و هر کدام دارای نقاط ضعف و قوت خاص خودش می‌باشد و نمی‌تواند تمام مراحل را با درصد بالایی تفکیک کند؛ بر آن شدیم تا در گام بعد، **با به‌کارگیری ترکیب‌کننده‌ها، خروجیِ طبقه‌بندها را با هم ترکیب کنیم**. در بسیاری از زمینه‌ها، کاراییِ ترکیب طبقه‌بندها در افزایش عملکرد طبقه-بندی، یک مسأله‌ی ثابت‌شده است. مزیت این کار در اینست که می‌توان از نقاط قوت همه‌ی طبقه‌بندهای پایه در تفکیک مراحل و بالا بردن نرخ طبقه‌بندی بهره برد. به‌منظور ترکیب طبقه‌بندها از روش ساده و معروف

رأی‌گیری اکثریت (Majority Voting) استفاده شده است که در آن، هر بازه‌ی خواب در مرحله‌ای طبقه‌بندی می‌شود که اکثر طبقه‌بندها در آن اتفاق‌نظر دارند.

انتخاب ویژگی بر اساس طبقه‌بند و هم‌چنین ترکیب طبقه‌بندهای پایه، تاکنون برای شناسایی و تفکیک مراحل خواب از روی سیگنال الکتروانسفالوگرام به‌کار نرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که با روش به‌کاررفته در این پایان‌نامه، همه‌ی مراحل خواب با درصد قابل‌قبولی تفکیک شده‌اند و نرخ کلی طبقه‌بندی نیز ۷۷,۵۷ ٪ به‌دست آمده‌است.

۱-۳- ساختار کلی پایان‌نامه

این پایان‌نامه در شش فصل و در راستای طبقه‌بندی خودکار مراحل مختلف خواب از روی سیگنال EEG و ترکیب طبقه‌بندها تدوین شده‌است. گفتار پیش‌رو به‌عنوان مقدمه در فصل اول گنجانده شده است که به تعریف مسأله طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب پرداخته و ساختار کلی نگارش پایان‌نامه را در بر دارد. در فصل دوم، ابتدا به معرفی پلی‌سمنوگرافی و سیگنال‌هایی که از بیمار در طی خواب گرفته می‌شود پرداخته شده‌است. سپس، سیگنال الکتروانسفالوگرام، روش‌های اخذ آن و ریتم‌های مغز به‌تفصیل بحث شده‌اند. در ادامه به معرفی مراحل مختلف خواب و خصوصیات هر یک از آن‌ها پرداخته و قوانین R&K و AASM که تاکنون برای نظام‌بندی مراحل خواب تدوین یافته‌اند، توضیح داده و تفاوت آنها بیان شده است.

در فصل سوم، به بررسی روش‌ها و مطالعاتی که تاکنون در زمینه‌ی طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب صورت گرفته، پرداخته‌شده است. این بررسی شامل روش‌های استخراج ویژگی از سیگنال‌های زیستی، فرآیندهای انتخاب ویژگی و طبقه‌بندهای پایه‌ی مورد استفاده در مقالات مختلف بوده‌است.

فصل چهارم به شرح روش پیشنهادشده در این پایان‌نامه برای طبقه‌بندی خودکار مراحل خواب می‌پردازد. ابتدا به نحوه‌ی جمع‌آوری داده‌ی سیگنال‌های EEG و خصوصیات آن پرداخته شده است. سپس، ویژگی‌هایی که از این سیگنال‌ها در سه حوزه‌ی زمان، فرکانس و تبدیل موجک استخراج شده، به‌تفصیل و در

چهار بخش مجزا معرفی شده‌اند. در ادامه، به توضیح ضرورت نرمالیزه‌کردن این ویژگی‌ها و نحوه‌ی انجام آن پرداخته‌ایم. در بخش بعد، فرآیند انتخاب ویژگی که برای هر طبقه‌بند به‌صورت جداگانه و بر اساس روش *انتخاب ترتیبی پیشرو* بوده، شرح داده شده است. در قدم بعدی، ۳ طبقه‌بند پایه‌ای که در این تحقیق از آن‌ها استفاده شده معرفی و پاره‌ای از خصوصیات هریک بیان شده است. درپایان این فصل نیز، به توضیحاتی درباره ترکیب طبقه‌بندها و فواید آن، انواع ترکیب‌کننده‌ها و خصوصیات هر یک از آن‌ها پرداخته شده‌است.

فصل پنجم، نتایج به‌دست آمده از انجام روند پیشنهادی در فصل چهارم را نشان می‌دهد. ابتدا به تعریف *ماتریس درهم‌ریختگی* و کاربردی که در طبقه‌بندی دارد پرداخته‌ایم. در ادامه، ویژگی‌هایی که برای هر طبقه‌بند و در طی فرآیند انتخاب ویژگی به‌دست آمده معرفی شده‌اند. بخش بعدی، نتایج حاصل از طبقه‌بندی را برای هر کدام از طبقه‌بندهای پایه، تفسیر می‌کند. در ادامه، نتایجی که از ترکیبِ خروجی طبقه‌بندها به‌صورت دوتایی به‌دست آمده است را نشان داده و در نهایت با ترکیب سه‌تاییِ آن‌ها که نتایج نهایی این پایان‌نامه نیز می‌باشد مقایسه و ارزیابی شده‌است. در پایان فصل نیز، نتایجی که از شبیه‌سازی دو نمونه از مقالات جدید بر روی داده‌ی موجود در این تحقیق، به‌دست آمده است نشان داده شده و با نتایج ارائه‌شده در این پایان‌نامه مقایسه شده‌است.

در فصل ششم، به جمع‌بندی نتایج کار این تحقیق و ذکر چند نکته‌ی ضروری پرداخته‌ایم و در پایان، پیشنهاداتی جهت ادامه‌ی کار و بهبود نرخ طبقه‌بندی مراحل خواب ارائه گردیده‌است.

فصل دوم

سیگنال EEG و مراحل مختلف خواب

فصل ۲: سیگنال EEG و مراحل مختلف خواب

۲-۱- مقدمه

خواب قسمتی از یک ریتم شبانه‌روزی ضروری برای حیات انسان است. در طی این مرحله رویدادهای زیادی رخ می‌دهد: فشار خون کاهش می‌یابد، نرخ ضربان قلب آهسته می‌گردد، عضلات وارد یک مرحله‌ی استراحت می‌شوند و هم‌چنین آهنگ سوخت و ساز بدن کاهش می‌یابد. باور کلی بر اینست که این شرایط به بدن امکان می‌دهد تا عضلات و بافت‌های دیگر را بهبود بخشد و سلول‌های پیر یا مرده را تعویض نماید. علاوه بر این، وضعیت خواب به مغز فرصت سامان بخشیدن و ثابت نگاهداشتن حافظه را می‌دهد. در افراد عادی، حدود سی درصد عمر آن‌ها در خواب می‌گذرد. از بیماری‌های مرتبط با خواب می‌توان به بیخوابی[۱]، فلج خواب[۲]، راه رفتن در خواب[۳] و اختلالات تنفسی شبانه[۴] اشاره کرد که طبیعتاً موجبات آزردگی فرد را فراهم می‌کنند و نیاز به درمان دارند [۱]. یک خواب سالم با چندین راه در زندگی روزانه ما تأثیر گذار است. عملکرد کاری، ارتباط با دیگران، حالت‌های اخلاقی و ذهنی تنها بخشی از این موارد هستند. بنابراین، شناسایی مشکلات مرتبط با خواب اهمیتی حیاتی در تحقیقات این زمینه دارد. تمام روش‌های تشخیصی برای مشکلات بالقوه

---

[1] insomnia

[2] narcolepsy

[3] sleep walking

[4] nocturnal breathing disorders

خواب، نیازمند فرآیند ثبت[5] هستند که اساسی‌ترین حالت آن، *تشخیص مراحل خواب* به کمک پلی‌سمنوگرافی[6] (PSG) است.

۲-۲- پلی‌سمنوگرافی (PSG)

پلی‌سمنوگرافی یک آزمایش تشخیص اختلال خواب است که در مرکز تحقیقاتی خواب انجام می‌شود و متغیرهای فیزیولوژیکی زیادی در حین خواب، اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند [۱]. بنابراین، سیگنال‌های زیستیِ به‌دست آمده یک دید کلی از رفتار بدن در حین خواب می‌دهند. سیگنال‌های اخذ شده، توسط پزشک واجد شرایط یا یک متخصص خواب ارزیابی می‌شوند تا معلوم گردد که شخص از اختلال خواب رنج می‌برد یا خیر. در عمل، این فرآیند برای مطالعه‌ی دقیق روی تغییرات تمام سیگنال‌های زیستی که در بدن فرد حین خواب رخ می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیگنال‌های خام که مستقیما از الکترودها به‌دست آمده و سپس تقویت می‌شوند شامل موارد زیر است: EEG (برای نظارت بر مغز)، EOG (برای حرکات چشم)، EMG (برای اندازه‌گیریِ بکارگیری واحد حرکتی[7] در سطح عضله)، ECG (برای تخمین عملکرد قلب). تعداد دیگری از سیگنال‌های زیستی نیز در پلی‌سمنوگرافی ثبت می‌شوند که ردیابی آن‌ها به وسیله حسگرهایی شامل مقاومت گرمایی[8] یا حسگرهای فروسرخ صورت می‌پذیرد. جریان هوا، عملکرد تنفسی، اشباع اکسیژن، حرارت و وضعیت بدن نمونه‌هایی از این سیگنال‌ها هستند. شکل ۲-۱ نمونه ای از ثبت سیگنال‌های خام توسط پلی‌سمنوگرافی را نشان می‌دهد.

---

[5] scoring

[6] Polysomnography

[7] Motor unit

[8] thermoresistor