# فصل اول مقدمه

## پیش گفتار

خواب فرایندی حیاتی برای حفظ سلامت روانی، تکامل ذهنی و رشد جسمی است که به‌صورت دوره‌ای در بیشتر موجودات زنده اتفاق می‌افتد. از دیدگاه تکاملی، خواب یک فرایند پرخطر است، زیر همان‌طور که مغز از دنیای بیرون جدا می‌شود، آسیب‌پذیری در برابر شکارچیان و خطرات بیرونی نیز افزایش می‌یابد. بااین‌وجود انسان‌ها حدود یک‌سوم زندگی خود را در خواب می‌گذرانند [1].

این اتفاق‌نظر وجود دارد که خواب نه‌تنها برای تجدید قوای بدن انسان لازم است، بلکه نقش حیاتی در حفظ توانایی‌های ذهنی وی نیز دارد. همان‌طور که انسان به خواب می‌رود، نحوه تعامل شبکه‌های مختلف در مغز او به طرز چشمگیری تغییر می‌کند. این فعالیت ناشی از تعامل الکتریکی و شیمیایی شبکه‌های مختلف مغزی است و به طور چشمگیری در طول خواب تغییر می‌کند. انعکاس این فعالیت‌های الکتریکی را می‌توان توسط روش‌های تصویربرداری عصبی از جمله الکتروانسفالوگرافی ثبت کرد [2]. بررسی داده‌های الکتروانسفالوگرام نشان می‌دهد که خواب فرآیندی دوره‌ای است که به دو مرحله کلی تقسیم می‌شود: حرکت سریع چشم (خواب REM) و حرکت غیر سریع چشم (خواب غیر REM) که شامل 4 مرحله (N1، N2، N3 و N4) می‌باشد [3].

عدم بهره‌مندی کامل از هر یک از این مراحل سبب آسیب‌های روحی، فکری و جسمی مانند افسردگی، اختلالات وسواس فکری-عملی و بی‌خوابی می‌شود. به همین دلیل اندازه‌گیری کمی خواب و تحلیل توالی و طول هر مرحله از خواب نقش مهمی در پیشگیری، تشخیص و درمان این اختلالات دارد. بدین منظور پزشکان و محققین سیگنال‌های حیاتی بیمار را توسط پلی‌سومنوگرافی حین خواب در آزمایشگاه ثبت می‌کنند. سپس متخصصین خواب، طول و توالی دوره‌های متخلف خواب را در آن مشخص می‌کنند و پزشک بر پایه آن فرایند تشخیص و درمان را انجام می‌دهد. بررسی عینی این سیگنال‌ها مطابق استانداردهای سازمان بین‌المللی فرایندی طولانی و زمان بر است.

درنتیجه توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این سیستم‌ها به‌منظور در دسترس قراردادن آن‌ها به جامعه محققین و پزشکان و نیز خودکار کردن فرایند نمره‌دهی خواب اهمیت زیادی در تسهیل روند تشخیص و درمان اختلالات مرتبط با خواب دارد.

## اهداف و ضرورت انجام پژوهش

در این مطالعه، هدف بررسی فعالیت مغز حین خواب است. پیشروی خواب با تغییرات مداوم در فعالیت مغز، چشم و ضربان قلب همراه است. این تغییرات توسط دستگاه‌های ثبت سیگنال‌های حیاتی پایش می‌شوند. مراحل خواب با یک سری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عصبی متمایز مرتبط هستند که معمولاً برای شناسایی زمان رخداد این مراحل مورداستفاده قرار می‌گیرند. این فرایند به نام نمره‌دهی خواب یا مرحله‌بندی خواب، یک مرحله مهم در طیف وسیعی از تحقیقات پردازش سیگنال الکتروفیزیولوژیکی است که در روال بالینی و همچنین در تحقیقات خواب استفاده می‌شود.

در روال بالینی، مطالعات خواب اهمیت زیادی دارند زیرا معمولاً برای تشخیص آسیب‌هایی مانند بی‌خوابی، پرخوابی، اختلالات ریتم شبانه‌روزی، صرع و آپنه خواب انجام می‌شوند. مرحله‌بندی خواب اغلب به تجزیه‌وتحلیل بصری سیگنال‌های ثبت‌شده حین خواب برای ایجاد هیپنوگرام که مراحل مختلف خواب را نشان می‌دهد، متکی است. این تجزیه‌وتحلیل به‌طورکلی از دستورالعمل‌های تعیین‌شده برای مرحله‌بندی مراحل خواب پیروی می‌کند. درحالی‌که امتیازدهی بصری استاندارد طلایی باقی‌مانده است، در سال‌های اخیر تلاش زیادی برای ارائه‌ی روش‌هایی برای مرحله‌بندی خودکار یا نیمه‌خودکار خواب انجام شده است [4]–[13]. اگرچه نتایج به‌دست‌آمده تا کنون امیدوارکننده بوده است، اما باتوجه‌به ماهیت زمان‌بر و خسته‌کننده امتیازدهی بصری خواب، فضا برای بهبود نرم‌افزارهای طبقه‌بندی خودکار خواب و همچنین بهبود سخت‌افزارهای ثبت داده‌های الکتروانسفالوگرام حین خواب وجود دارد.

با وجود پیشرفت تکنولوژی‌های ثبت EEG همچنان محدودیت‌هایی برای ثبت این سیگنال‌ها در محیط آزمایشگاه در حین خواب وجود دارد: (1) به دلیل ماهیت حساس خواب و عدم انطباق‌پذیری افراد جهت خواب در محیط‌های جدید خارج از خانه، سیگنال‌های ثبت‌شده از خواب افراد در آزمایشگاه ممکن است با سیگنال‌های آن فرد در محیط خانه و اتاق خود تفاوت‌هایی داشته باشد. (2) از سویی دیگر به دلیل امکانات محدود بیمارستان‌ها و پیچیدگی سیستم‌های ثبت، امکان بستری بیشتر از تعداد محدودی بیمار و ثبت سیگنال‌های مغزی آن‌ها حین خواب وجود ندارد. (3) دستگاه‌های الکتروانسفالوگرام موجود سیگنال‌ها را عموماً از طریق رابط کاربری خود به محققین نمایش می‌دهند و در پایان فرایند ثبت، آن‌ها را ذخیره و در دسترس افراد قرار می‌دهند. این موضوع عاملی محدودکننده است؛ زیرا امکان دسترسی و تفسیر زمان مستقیم این سیگنال‌ها وجود ندارد. تفسیر زمان مستقیم این امکان را به محققین می‌دهد که بتوانند به‌صورت زنده مرحله خواب بیمار را مشاهده کرده و نیز توسط محرک‌هایی به‌منظور بهبود اختلالات، مداخلاتی را در خواب بیمار انجام دهند. این مداخلات می‌تواند به‌صورت شیمیایی شامل داروهای بیهوش کننده یا فیزیکی شامل نور، لرزش یا صوت باشد.

هدف از این مطالعه در بخش اول طراحی یک رابط گرافیکی به‌منظور ثبت داده‌های هدبند الکتروانسفالوگرام زی‌مکس به‌صورت زمان مستقیم از سرور و تقسیم‌بندی آن به پنجره‌های 30 ثانیه‌ای مطابق استانداردهای سازمان بین‌المللی خواب است. بدین صورت می‌توان این داده‌ها را از طریق یک رابط کاربری در دسترس محققین قرارداد. سپس محققین می‌توانند الگوریتم‌های پردازشی خود را به‌صورت زمان مستقیم بر روی این سیگنال اعمال کنند. همچنین امکان مداخله فیزیکی نیز توسط رابط کاربری تولید شده وجود خواهد داشت. محققین می‌توانند محرک‌هایی مانند نور، صوت و لرزه را توسط نرم‌افزار بر روی هدبند اجرا کنند. این محرک‌ها همراه با سیگنال الکتروانسفالوگرام ثبت می‌شوند و امکان مطالعه اثر آن‌ها بر روی فعالیت مغزی و مراحل خواب وجود خواهد داشت. در بخش دوم، ویژگی‌های آماری سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام ثبت‌شده توسط این نرم‌افزار به‌صورت آماری با هم مقایسه شده و تمایزپذیری هر ویژگی حین مراحل مختلف خواب مورد برسی قرار خواهد گرفت.

به طور موردی اهداف دنبال شده در این پژوهش را می‌توان به‌صورت زیر نام برد:

* آشنایی با زمینه مطالعاتی خواب و طبقه‌بندی خواب
* آشنایی با روش‌های پردازش سیگنال‌های مغزی و پاک‌سازی آن‌ها از مداخلات حیاتی و غیرحیاتی
* آشنایی با ساخت نرم‌افزار و ثبت، ذخیره و نمایش داده‌های الکتروانسفالوگرام به‌صورت زمان مستقیم
* آشنایی با نحوه پیاده‌سازی آزمایش‌های پزشکی و علم شناختی در حین خواب
* بررسی ویژگی‌های زمانی و فرکانسی سیگنال‌های مغزی ثبت‌شده در حین خواب
* مقایسه آماری ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های مغزی ثبت شده در حین خواب به‌منظور افزایش دقت و صحت روش‌های طبقه‌بندی خودکار خواب.

## ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه از شش فصل تشکیل شده است. در ادامه و در فصل دوم پس از پرداختن به مفاهیم کلی سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام و بررسی برخی مشخصات آن‌ها، در ابتدا دستگاه‌های ثبت سیگنال الکتروانسفالوگرام به همراه نرم­افزارهای آن‌ها مورد برسی قرار می­گیرد. سپس به مروری بر کارهای پیشین در حوزه مطالعاتی خواب و مرحله‌بندی خواب پرداخته شده است. در فصل سوم پس از بررسی روش پیاده­سازی نرم‌افزار و فرایند داده­گیری، به معرفی دادگان ثبت­شده و مورداستفاده در این پژوهش پرداخته شده است. همچنین روش‌های مورداستفاده برای پیش‌پردازش و پردازش سیگنال‌ها موردمطالعه قرار گرفته است. سپس در فصل چهارم روش‌های افزایش مصنوعی دادگان، استخراج ویژگی، آزمون‌های آماری استفاده شده برای تعیین ویژگی‌های برتر و مدل استفاده‌شده برای مرحله­بندی خواب به کمک این ویژگی‌ها موردبحث قرار گرفت. در فصل پنجم ابتدا گزارشی از عملکرد نرم‌افزار طراحی شده داده می‌شود. سپس نتایج به‌دست‌آمده از پیاده‌سازی روش‌های ارائه‌شده در فصل چهارم بر روی دادگان پژوهش گزارش می‌شود. در نهایت، در فصل ششم به‌عنوان آخرین فصل، پس از بیان مختصر مراحل پردازش و جمع‌بندی کلی نتایج دست آمده، پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده و افق‌هایی برای بهبود نرم‌افزار کنونی ارائه شده است.

# مراجع

[1] M. Schönauer and D. Pöhlchen, “Sleep spindles,” *Curr Biol*, vol. 28, no. 19, pp. R1129–R1130, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.cub.2018.07.035.

[2] E. Tagliazucchi and E. J. W. van Someren, “The large-scale functional connectivity correlates of consciousness and arousal during the healthy and pathological human sleep cycle,” *Neuroimage*, vol. 160, pp. 55–72, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.06.026.

[3] A. K. Patel, V. Reddy, and J. F. Araujo, “Physiology, Sleep Stages,” in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022. Accessed: Mar. 26, 2022. [Online]. Available: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526132/

[4] K. Susmáková and A. Krakovská, “Discrimination ability of individual measures used in sleep stages classification,” *Artif Intell Med*, vol. 44, no. 3, pp. 261–277, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.artmed.2008.07.005.

[5] D. Jiang, Y. Lu, Y. Ma, and Y. Wang, “Robust sleep stage classification with single-channel EEG signals using multimodal decomposition and HMM-based refinement,” *Expert Systems with Applications*, vol. 121, pp. 188–203, May 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2018.12.023.

[6] N. Michielli, U. R. Acharya, and F. Molinari, “Cascaded LSTM recurrent neural network for automated sleep stage classification using single-channel EEG signals,” *Comput Biol Med*, vol. 106, pp. 71–81, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.compbiomed.2019.01.013.

[7] U. R. Acharya, E. C.-P. Chua, K. C. Chua, L. C. Min, and T. Tamura, “Analysis and automatic identification of sleep stages using higher order spectra,” *Int J Neural Syst*, vol. 20, no. 6, pp. 509–521, Dec. 2010, doi: 10.1142/S0129065710002589.

[8] A. R. Hassan and M. I. H. Bhuiyan, “Automated identification of sleep states from EEG signals by means of ensemble empirical mode decomposition and random under sampling boosting,” *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 140, pp. 201–210, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.cmpb.2016.12.015.

[9] M. M. Rahman, M. I. H. Bhuiyan, and A. R. Hassan, “Sleep stage classification using single-channel EOG,” *Comput Biol Med*, vol. 102, pp. 211–220, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.compbiomed.2018.08.022.

[10] O. Tsinalis, P. M. Matthews, and Y. Guo, “Automatic Sleep Stage Scoring Using Time-Frequency Analysis and Stacked Sparse Autoencoders,” *Ann Biomed Eng*, vol. 44, no. 5, pp. 1587–1597, May 2016, doi: 10.1007/s10439-015-1444-y.

[11] J. L. Rodríguez-Sotelo, A. Osorio-Forero, A. Jiménez-Rodríguez, D. Cuesta-Frau, E. Cirugeda-Roldán, and D. Peluffo, “Automatic Sleep Stages Classification Using EEG Entropy Features and Unsupervised Pattern Analysis Techniques,” *Entropy*, vol. 16, no. 12, Art. no. 12, Dec. 2014, doi: 10.3390/e16126573.

[12] C. Berthomier *et al.*, “Automatic Analysis of Single-Channel Sleep EEG: Validation in Healthy Individuals,” *Sleep*, vol. 30, no. 11, pp. 1587–1595, Nov. 2007.

[13] J. Virkkala, J. Hasan, A. Värri, S.-L. Himanen, and K. Müller, “Automatic sleep stage classification using two-channel electro-oculography,” *J Neurosci Methods*, vol. 166, no. 1, pp. 109–115, Oct. 2007, doi: 10.1016/j.jneumeth.2007.06.016.