



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

GII-O-MA-23.37



Presentado por José Luis Pérez Gómez
en Universidad de Burgos — 5 de julio de 2024
Tutor: Bruno Baruque Zanón - Jesús Enrique
Sierra García



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. Bruno Baruque Zanón, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. José Luis Pérez Gómez, con DNI 46878665L, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 5 de julio de 2024

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. Bruno Baruque Zanón

D. Jesús Enrique Sierra García

Resumen

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de análisis y clasificación de datos EEG (Electroencefalograma) enfocado en la detección y clasificación de intenciones de movimiento (hacia arriba, abajo, derecha e izquierda). Utilizando técnicas avanzadas de aprendizaje automático y procesamiento de datos, este sistema puede servir como base para aplicaciones en interfaces cerebro-computadora (BCI).

Los datos se procesan a través de un flujo de trabajo organizado en un sistema modular, donde se llevan a cabo tareas específicas como la importación de bibliotecas, el preprocesamiento de datos y el entrenamiento de modelos. El proyecto implementa técnicas como el escalado de datos, la validación cruzada y el uso de redes neuronales avanzadas para asegurar la precisión y fiabilidad de los resultados.

Descriptores

Señales EEG, Análisis de datos EEG, preprocesamiento de datos, modelos predictivos, redes neuronales, machine learning, minería de datos, tasa de acierto, matriz de confusión, Python, Jupyter Notebook, visualización de datos ...

Abstract

A brief The objective of this project is to develop an EEG (Electroencephalogram) data analysis and classification system focused on the detection and classification of movement intentions (up, down, right and left). Using advanced machine learning and data processing techniques, this system can serve as a basis for applications in brain-computer interfaces (BCI).

Data is processed through a workflow organized in a modular system, where specific tasks such as library import, data preprocessing, and model training are carried out. The project implements techniques such as data scaling, cross-validation and the use of advanced neural networks to ensure the accuracy and reliability of the results.

Keywords

EEG signals, EEG data analysis, data preprocessing, predictive models, neural networks, machine learning, data mining, hit rate, confusion matrix, Python, Jupyter Notebook, data visualization. . .

Índice general

Índice general	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
1. Introducción	1
2. Objetivos del proyecto	3
3. Conceptos teóricos	5
3.1. Secciones	5
3.2. Referencias	5
3.3. Imágenes	6
3.4. Listas de ítems	6
3.5. Tablas	7
4. Técnicas y herramientas	9
5. Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	11
6. Trabajos relacionados	13
7. Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	15
Bibliografía	17

Índice de figuras

3.1. Autómata para una expresión vacía	6
--	---

Índice de tablas

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	7
---	---

1. Introducción

La Universidad de Burgos, dentro del área de conocimiento de Ingeniería de Sistemas y Automática, dispone de un interfaz BCI (Brain Computer Interface) para la captación de señales cerebrales. Empleando ese interfaz se han realizado diferentes experimentos que han permitido recoger información de la actividad cerebral mientras los usuarios ejecutaban diferentes tareas cotidianas.

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo el análisis de la información obtenida en esos experimentos. Se entrenarán diferentes algoritmos para clasificar la acción realizada por el usuario a partir de las señales generadas por el BCI. Con este propósito, se evaluarán diferentes algoritmos de procesamiento de señales y de machine/deep learning para la clasificación automática de señales.

Los datos aportados son de tipo EEG (Electroencefalografía) para la realización del TFG son datos referentes a experimentos basados en acciones sobre teclas de un teclado: arriba, abajo, izquierda, derecha.

El análisis de estos datos y su evaluación en diferentes algoritmos esta basada en predecir qué teclas del teclado se han pulsado según las señales captadas con la interfaz BCI.

2. Objetivos del proyecto

———— Este apartado explica de forma precisa y concisa cuales son los objetivos que se persiguen con la realización del proyecto. Se puede distinguir entre los objetivos marcados por los requisitos del software a construir y los objetivos de carácter técnico que plantea a la hora de llevar a la práctica el proyecto. —————

El objetivo principal de este proyecto es diseñar, implementar y evaluar un sistema integral de análisis y clasificación de señales EEG (Electroencefalograma) centrado en la detección precisa y la clasificación efectiva de acciones de movimiento.

Este sistema se construirá utilizando técnicas avanzadas de machine learning y redes neuronales, con el propósito de desarrollar modelos predictivos robustos capaces de interpretar y categorizar las señales cerebrales asociadas con movimientos específicos, como hacia arriba, abajo, derecha e izquierda.

El proyecto se enfocará en varias etapas clave:

- **Adquisición y Preprocesamiento de Datos:**

Se implementará un flujo de trabajo para la importación, limpieza y estandarización de los datos EEG, asegurando la calidad y consistencia necesarias para el análisis subsiguiente.

- **Desarrollo de Modelos Predictivos:**

Se explorarán y desarrollarán diferentes modelos de machine learning y redes neuronales, adaptados específicamente para el análisis de señales EEG. Esto incluirá el entrenamiento y la optimización de modelos para mejorar la precisión y la generalización.

- **Validación y Evaluación:**

Se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de los modelos desarrollados, utilizando métricas como la tasa de acierto. Además, se emplearán técnicas para garantizar la robustez de los resultados.

En resumen, el proyecto tiene como objetivo fundamental avanzar en la comprensión y aplicación de técnicas de machine learning y redes neuronales para el análisis de datos de señales EEG , específicamente en el contexto de para la detección precisa de acciones de movimiento.

3. Conceptos teóricos

En aquellos proyectos que necesiten para su comprensión y desarrollo de unos conceptos teóricos de una determinada materia o de un determinado dominio de conocimiento, debe existir un apartado que sintetice dichos conceptos.

Algunos conceptos teóricos de L^AT_EX ¹.

3.1. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando `section`.

Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

Subsubsecciones

Y subsecciones.

3.2. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando `cite` [3]. Para citar webs, artículos o libros [2], si se desean citar más de uno en el mismo lugar [1, 2].

¹Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz

3.3. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de \LaTeX , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.1: Autómata para una expresión vacía

3.4. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.
2. segundo item.

Primer item más información sobre el primer item.

Segundo item más información sobre el segundo item.

■

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

3.5. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de \LaTeX o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.

4. Técnicas y herramientas

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

5. Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros³, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

6. Trabajos relacionados

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.

7. Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

Bibliografía

- [1] Zachary J Bortolot and Randolph H Wynne. Estimating forest biomass using small footprint lidar data: An individual tree-based approach that incorporates training data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(6):342–360, 2005.
- [2] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [3] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=LaTeX&oldid=84209252>, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].