

CLASIFICACIÓN NO LINEAL, SIMBÓLICA DE PATRONES SEMG

José Diego Gutiérrez-Medina¹ Marco Vinicio Chávez-Baez¹

¹Posgrado en Ciencias en Ingeniería Electrónica ¹Instituto Tecnológico de Morelia ¹Morelia, Mich. Noviembre, 2024.

Introducción

La clasificación de señales electromiográficas (EMG) es esencial en aplicaciones como control de prótesis y rehabilitación, donde es crucial interpretar correctamente las señales musculares. Sin embargo, las señales EMG son complejas, no lineales y varían entre individuos, lo que limita la efectividad de los métodos tradicionales basados en modelos lineales y estadísticos[1]. Estas señales se miden a través de electrodos aplicados sobre los músculos, y su análisis permite detectar anomalías médicas, niveles de activación, órdenes de reclutamiento y la biomecánica del movimiento[3], [4]. Estos conocimientos son clave para el desarrollo de sistemas protésicos, terapias de rehabilitación y controles más intuitivos.[3]. La no linealidad inherente a las señales EMG, con características como atractores y bifurcaciones, dificulta su análisis y limita la capacidad predictiva de los modelos lineales tradicionales [5]. La clasificación no lineal, impulsada por técnicas de aprendizaje automático y profundo, ha emergido como un enfoque eficaz para superar estas limitaciones [2], mejorando la precisión y robustez frente al ruido [6]. En particular, los métodos como las máquinas de soporte vectorial (SVM) con kernels avanzados permiten modelar dependencias no lineales y separar clases en espacios de alta dimensionalidad [7]. Además, transformar señales continuas a secuencias discretas facilita la detección de patrones recurrentes y estructuras dinámicas, aumentando la interpretabilidad y robustez del análisis [8]. Estos avances refuerzan el potencial del aprendizaje automático para abordar la complejidad de las señales EMG, ofreciendo soluciones más precisas en aplicaciones biomédicas y tecnológicas.

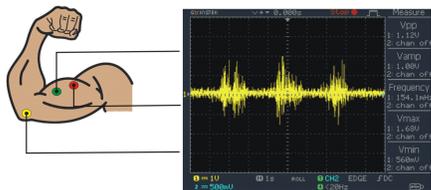


Figura 1: Ejemplo de señal de Electromiografía.

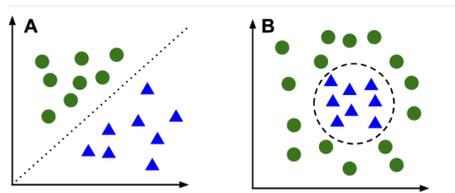


Figura 2: Arquitecturas de Clasificación. a) Clasificación Lineal. b) Clasificación No Lineal [9].

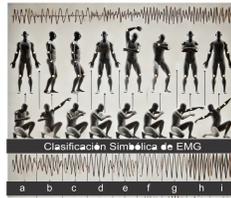


Figura 3: Descripción de la Clasificación Simbólica con EMG.

Metodología

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto se ilustra en la Figura 4, que muestra cinco etapas claramente definidas:

- 1. Adquisición y Preprocesamiento de Señales EMG.** Se capturan señales EMG mediante electrodos de superficie colocados en músculos específicos. La señal se adquiere con una frecuencia de muestreo adecuada, se aplican técnicas de filtrado para eliminar ruido y artefactos, logrando una señal limpia y segmentada en intervalos de tiempo específicos.
- 2. Extracción de Características No Lineales.** Se extraen características no lineales que representen patrones relevantes de actividad muscular. Se emplean métodos como la Transformada de Wavelet para obtener componentes de frecuencia en distintos niveles, así como medidas de entropía para cuantificar la complejidad de la señal.
- 3. Clasificación de Patrones EMG con Técnicas No Lineales.** Se utilizan algoritmos de clasificación que permiten identificar patrones específicos de la actividad muscular. Se implementa el clasificador no lineal máquinas de soporte vectorial (SVM) con kernel no lineal, que ofrecen un alto desempeño al modelar la relación compleja entre las características extraídas y los patrones EMG.
- 4. Representación Simbólica de la Señal.** Se procede a convertir la señal EMG continua en una representación simbólica que permite simplificar y acelerar el proceso de clasificación.
- 5. Evaluación de Resultados.** Se evalúa la precisión del sistema de clasificación utilizando métricas como la precisión, la sensibilidad y la especificidad. Se emplean métodos de validación cruzada y se analiza el rendimiento de los clasificadores con respecto a la capacidad para identificar patrones EMG de forma confiable.

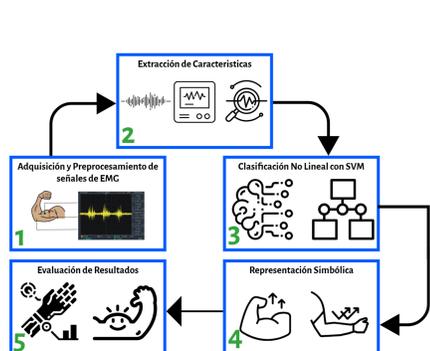


Figura 4: Metodología.

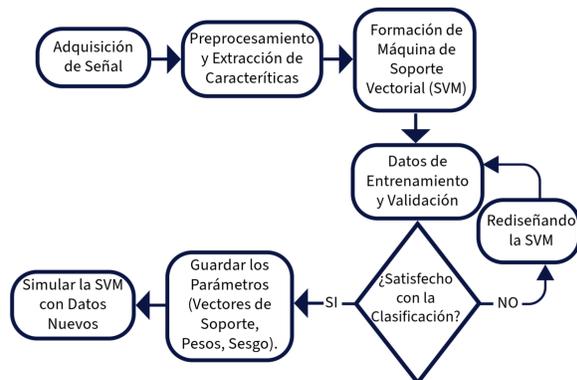


Figura 5: Diagrama de Flujo de la SVM.

Hipótesis

La aplicación de métodos de clasificación no lineales y simbólicos, como Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), algoritmos genéticos y técnicas de programación simbólica, mejorará la precisión y la capacidad de generalización en la identificación de patrones de señales electromiográficas (EMG) en comparación con métodos tradicionales de clasificación lineal. Esto se debe a que los métodos no lineales tienen una mayor capacidad para capturar las complejidades no lineales inherentes a las señales EMG, superando así las limitaciones de los enfoques tradicionales, que a menudo no pueden modelar adecuadamente la variabilidad y no linealidad de las señales musculares.

Objetivo General

Desarrollar un método de clasificación no lineal, simbólica de patrones EMG que mejore la precisión y la robustez en la interpretación de señales musculares.

Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de clasificación simbólica para señales EMG.
- Implementar modelos basados en algoritmos no lineales, tales como máquinas de soporte vectorial (SVM) con kernels no lineales, redes neuronales o sistemas difusos.
- Validar el rendimiento del sistema en un conjunto de datos de EMG.
- Implementar un sistema de clasificación simbólica basado en reglas generadas a partir de las características de las señales EMG, empleando técnicas como programación genética o árboles de decisión simbólicos.
- Evaluar el algoritmo de clasificación no lineal y simbólico.

Conclusiones

La investigación busca desarrollar un enfoque progresivo para clasificar patrones EMG combinando técnicas no lineales y simbólicas. Este sistema pretende mejorar la precisión y robustez en la interpretación de señales musculares complejas, con aplicaciones destacadas en la rehabilitación neuromuscular y el control de prótesis. Además, su integración podría optimizar interfaces cerebro-computadora, facilitando interacciones más precisas y en tiempo real. Este avance promete personalizar tratamientos, mejorar el control de prótesis inteligentes y contribuir significativamente al diagnóstico clínico y al desarrollo de dispositivos de asistencia para personas con discapacidades motoras.

Bibliografía



Figura 6. Código QR de la bibliografía.