

## FORMATO PRESENTACIÓN PROYECTO EN CURSO O TERMINADO.

<b>Universidad</b>	SENA - TecnoAcademia Risaralda
<b>Programa Académico</b>	Línea de Robótica
<b>Nombre del Semillero</b>	Semillero TecnoAcademia Risaralda
<b>Nombre del Grupo de Investigación (si aplica)</b>	Grupo de Investigación del Centro de Diseño e Innovación tecnológica Industrial
<b>Línea de Investigación (si aplica)</b>	Aprendizaje de Maquina
<b>Nombre del Tutor del Semillero</b>	Ing. Rodrigo Andrés Franco Luna
<b>Email Tutor</b>	<a href="mailto:rfranco@sena.edu.co">rfranco@sena.edu.co</a>
<b>Título del Proyecto</b>	Uso de señales de electromiografía y técnicas de inteligencia artificial en el desarrollo de interfaces para prótesis de mano
<b>Autores del Proyecto</b>	Rodrigo Andrés Franco Luna Sebastián García Orrego María del Mar López Rendón Cristian Camilo Roman Morena Cristhian Camilo Copete Cardona
<b>Ponente (1)</b>	Rodrigo Andrés Franco Luna
<b>Documento de Identidad</b>	16865694
<b>Email</b>	<a href="mailto:rfranco@sena.edu.co">rfranco@sena.edu.co</a>
<b>Ponente (2)</b>	Sebastian Garcia Orrego
<b>Documento de Identidad</b>	1007235098
<b>Email</b>	<a href="mailto:sebas22374@gmail.com">sebas22374@gmail.com</a>
<b>Teléfonos de Contacto</b>	3164030521
<b>Nivel de formación de los estudiantes ponentes (Semestre)</b>	1) Profesional en Ingeniería Electrónica, Facilitador Línea de Robótica 2) Estudiante Grado 11, I.E. Manuel Elkin Patarroyo.
<b>MODALIDAD (seleccionar una- Marque con una x)</b>	<b>PONENCIA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación en Curso <b>X</b></li> <li>• Investigación Terminada</li> </ul>
<b>Área de la investigación (seleccionar una- Marque con una x)</b>	• Ciencias Naturales
	• Ingenierías y Tecnologías <b>X</b>
	• Ciencias Médicas y de la Salud.
	• Ciencias Agrícolas
	• Ciencias Sociales
	• Humanidades
	• Artes, arquitectura y diseño

# **Uso de señales de electromiografía y técnicas de inteligencia artificial en el desarrollo de interfaces para prótesis de mano**

- 1) Rodrigo Andrés Franco Luna
- 2) Sebastián García Orrego
- 3) María del Mar López Rendón
- 4) Cristian Camilo Román Moreno
- 5) Cristhian Camilo Copete Cardona

## **Resumen**

En este trabajo se propone el uso de técnicas de aprendizaje de máquina sobre señales eléctricas musculares para la activación de una prótesis. El desarrollo de estas técnicas permitirá a personas que puedan recuperar la utilidad de sus extremidades superiores mejorando así su calidad de vida. Se propone el uso del sensor MYO Armband para la adquisición de datos, el procesamiento de datos y el ensamble de la base de datos a través de MATLAB, los algoritmos de aprendizaje son las máquinas de soporte vectorial (SVM) implementado métodos de validación estadística como los procesos de Montecarlo por medio de la matriz de confusión. Los resultados parciales obtenidos con la base de datos tomada en la TecnoAcademia Risaralda, identifica 5 movimientos.

## **Palabras Clave**

Aprendizaje de máquina, Calidad de vida, Prótesis médicas, Robótica.

## **Introducción**

En la actualidad, la evolución de la tecnología ha llegado a la mayoría de los jóvenes en todo el mundo, hoy por hoy, los que son niños no conciben el mundo sin las facilidades que brinda la tecnología, el internet, los Smartphone, la domótica en la vida diaria, y la segunda revolución industrial se dio con la introducción de los sistemas autónomos, también conocidos como robots.

Los robots se encargan de las acciones repetitivas y tediosas que el ser humano prefiere no realizar, y ocupar su intelecto en procesos mucho más importantes, acciones mucho más humanas. En ese orden de ideas, no es una perspectiva descabellada usar ese mismo potencial tecnológico en procesos altruistas tales como la recuperación de miembros amputados, y es en este punto donde se centrara el desarrollo de este proyecto, en la implementación de técnicas mecánicas y computacionales para el desarrollo de un sistema que sea capaz de regresar, parcialmente la posibilidad de usar un miembro amputado y devolver la calidad de vida a las personas que la hayan perdido debido a alguna calamidad.

## **Planteamiento del problema**

La ciencia, más que tener como fin la generación de conocimiento, es el esfuerzo máximo de la humanidad por lograr una buena calidad de vida en todos los aspectos, en el contexto de las personas con discapacidades físicas debido a la pérdida de un miembro, se podría tener la posibilidad de regresar de manera parcial la movilidad de una extremidad reconstruida con la implementación de técnicas de aprendizaje de máquina, y de esa manera

permitir que la persona con la discapacidad mejore su calidad de vida al recuperar su autonomía, por tanto:

Es posible implementar un sistema basado en señales electromiográficas y técnicas de inteligencia artificial para para manejar una prótesis mecánica?

**Justificación** (relevancia, pertinencia e impacto del proyecto de investigación)

Dolorosamente Colombia tiene un legado y una historia de guerra que ha dejado muchas personas y familias como víctimas lastimadas psicológica, espiritual y físicamente, pero en la actualidad, la sociedad se ha sumido en un ambiente de justicia, verdad y reparación como proceso para la finalización del conflicto armado, y aunque esto permitirá que no sufran más familiar en Colombia, hoy en el proceso del post-conflicto, hay daños que quizá nunca se reparen, como los causados por las minas antipersonales, entre otros; desde la realización del presente proyecto es posible poner un grano de arena para mitigar de alguna manera los daños generados por los conflictos y permitir que las personas que hayan perdido sus extremidades, sea por la razón que sea, recuperen más que su extremidad, recuperen su dignidad y su calidad de vida.

**Objetivos** (objetivo general y los objetivos específicos coherentes con el título y el planteamiento de su investigación)

**General**

Implementar una metodología para el manejo de una prótesis mecánica basada en la actividad electromiográfica y técnicas de aprendizaje de máquina.

**Específicos**

- 1) Implementar una base de datos de la actividad electromiográfica de un set de personas con la captura de 5 movimientos básicos.
- 2) Diseñar el método experimental para la aplicación de descriptores sobre las señales electromiográficas.
- 3) Implementar una infraestructura basado en los métodos de Montecarlo para el análisis de la relevancia estadística del método de aprendizaje de máquina a través de la matriz de confusión.
- 4) Diseñar una prótesis electromecánica con la capacidad de replicar los 5 movimientos básicos.

**Referente teórico**

**Instrumentación Electrónica**

Instrumentación electrónica es la parte de la electrónica, principalmente analógica, que se encarga del diseño y manejo de los aparatos electrónicos y eléctricos, sobre todo para su uso en mediciones.

La instrumentación electrónica se aplica en el sensado y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas.

## **Sensores**

Un elemento imprescindible para la toma de medidas es el sensor que se encarga de transformar la variación de la magnitud a medir en una señal eléctrica. Los sensores se pueden dividir en:

- Pasivos: los que necesitan un aporte de energía externa.
- Resistivos: son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de su resistencia eléctrica. Un ejemplo puede ser un termistor, que sirve para medir temperaturas.
- Capacitivos: son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la capacidad de un condensador. Un ejemplo es un condensador con un material en el dieléctrico que cambie su conductividad ante la presencia de ciertas sustancias.
- Inductivos: son los que transforman la variación de la magnitud a medir en una variación de la inductancia de una bobina. Un ejemplo puede ser una bobina con el núcleo móvil, que puede servir para medir desplazamientos.
- Activos: los que son capaces de generar su propia energía. A veces también se les llama sensores generadores. Un ejemplo puede ser un transistor en el que la puerta se sustituye por una membrana permeable sólo a algunas sustancias (IsFET), que puede servir para medir concentraciones.

A veces también se puede aprovechar una característica no deseada de un elemento, como la dependencia de la temperatura en los semiconductores, para usar estos elementos como sensores.

## **Acondicionadores**

La señal de salida de un sensor no suele ser válida para su procesado. Por lo general requiere de una amplificación para adaptar sus niveles a los del resto de la circuitería. Un ejemplo de amplificador es el amplificador de instrumentación, que es muy inmune a cierto tipo de ruido.

No sólo hay que adaptar niveles, también puede que la salida del sensor no sea lineal o incluso que esta dependa de las condiciones de funcionamiento (como la temperatura ambiente o la tensión de alimentación) por lo que hay que linealizar el sensor y compensar sus variaciones. La compensación puede ser hardware o software, en este último caso ya no es parte del acondicionador.

Otras veces la información de la señal no está en su nivel de tensión, puede que esté en su frecuencia, su corriente o en algún otro parámetro, por lo que también se pueden necesitar demoduladores, filtros o convertidores corriente-tensión. Un ejemplo de cuando la información no está en el nivel de tensión puede ser un sensor capacitivo, en el que se necesita que tenga una señal variable en el tiempo (preferentemente sinusoidal).

Un ejemplo clásico de acondicionador es el puente de Wheatstone, en el que se sustituyen una o varias impedancias del puente por sensores. A continuación típicamente se coloca un amplificador.

Por último, entre el acondicionador y el siguiente paso en el proceso de la señal puede haber una cierta distancia o un alto nivel de ruido, por lo que una señal de tensión no es adecuada al verse muy afectada por estos dos factores. En este caso se debe adecuar la señal para su transporte, por ejemplo transmitiendo la información en la frecuencia o en la corriente (por ejemplo el bucle de 4-20mA).

### **Interfaz hombre-máquina (HMI)**

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), si no una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano.

### **Transformada rápida de Fourier**

FFT es la abreviatura usual (del inglés Fast Fourier Transform) de un eficiente algoritmo que permite calcular la transformada de Fourier discreta (DFT) y su inversa. La FFT es de gran importancia en una amplia variedad de aplicaciones, desde el tratamiento digital de señales y filtrado digital en general a la resolución de ecuaciones en derivadas parciales o los algoritmos de multiplicación rápida de grandes enteros. El algoritmo pone algunas limitaciones en la señal y en el espectro resultante. Por ejemplo: la señal de la que se tomaron muestras y que se va a transformar debe consistir de un número de muestras igual a una potencia de dos. La mayoría de los analizadores TRF permiten la transformación de 512, 1024, 2048 o 4096 muestras. El rango de frecuencias cubierto por el análisis TRF depende de la cantidad de muestras recogidas y de la proporción de muestreo.

Uno de los algoritmos aritméticos más ampliamente utilizados es la transformada rápida de Fourier, un medio eficaz de ejecutar un cálculo matemático básico y de frecuente empleo. La transformada rápida de Fourier es de importancia fundamental en el análisis matemático y ha sido objeto de numerosos estudios. La aparición de un algoritmo eficaz para esta operación fue una piedra angular en la historia de la informática.

Las aplicaciones de la transformada rápida de Fourier son múltiples. Es la base de muchas operaciones fundamentales del procesamiento de señales, donde tiene amplia utilización. Además, proporciona un medio oportuno para mejorar el rendimiento de los algoritmos para un conjunto de problemas aritméticos comunes.

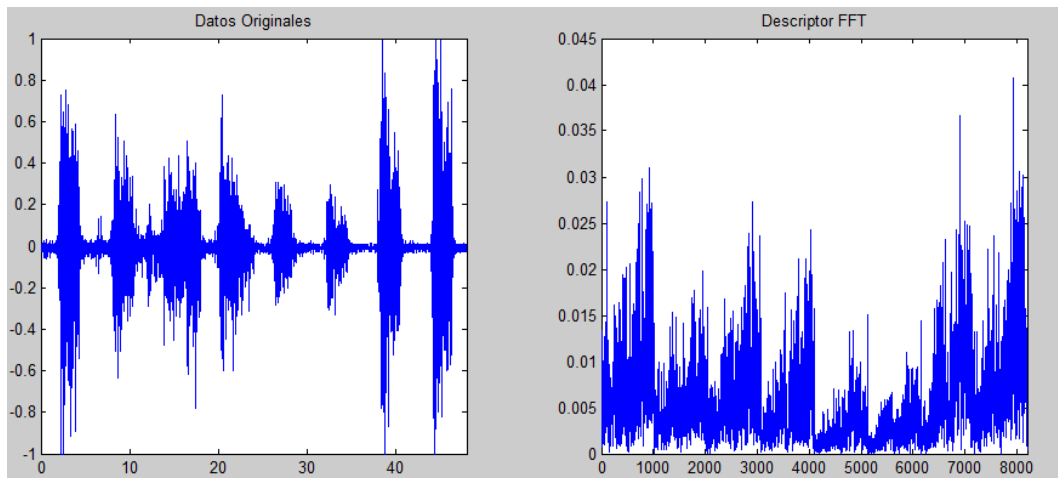


Figura 1: Señal original del sensor EMG y la FFT como descriptor

### **Máquina de Soporte Vectorial**

Las máquinas de soporte vectorial, máquinas de vectores de soporte o máquinas de vector soporte (Support Vector Machines, SVMs) son un conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado desarrollados por Vladimir Vapnik y su equipo en los laboratorios AT&T.

Estos métodos están propiamente relacionados con problemas de clasificación y regresión. Dado un conjunto de ejemplos de entrenamiento (de muestras) podemos etiquetar las clases y entrenar una SVM para construir un modelo que prediga la clase de una nueva muestra. Intuitivamente, una SVM es un modelo que representa a los puntos de muestra en el espacio, separando las clases a 2 espacios lo más amplios posibles mediante un hiperplano de separación definido como el vector entre los 2 puntos, de las 2 clases, más cercanos al que se llama vector soporte. Cuando las nuevas muestras se ponen en correspondencia con dicho modelo, en función de los espacios a los que pertenezcan, pueden ser clasificadas a una o la otra clase.

Más formalmente, una SVM construye un hiperplano o conjunto de hiperplanos en un espacio de dimensionalidad muy alta (o incluso infinita) que puede ser utilizado en problemas de clasificación o regresión. Una buena separación entre las clases permitirá una clasificación correcta.

### **Metodología**

La finalidad del proyecto es el desarrollo de una metodología que permita usar la propia actividad muscular de la persona para manejar una prótesis electromecánica, por tal razón el tipo de investigación es de Investigación aplicada.

La investigación inicia con la captura de una base de datos a partir del uso de un sensor electromiográfico llamado Myo Armband, este instrumento tiene 8 sensores dispuestos en un brazalete para la captura de la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo.

Se identificaron 5 movimientos básicos como se muestran en la siguiente figura.

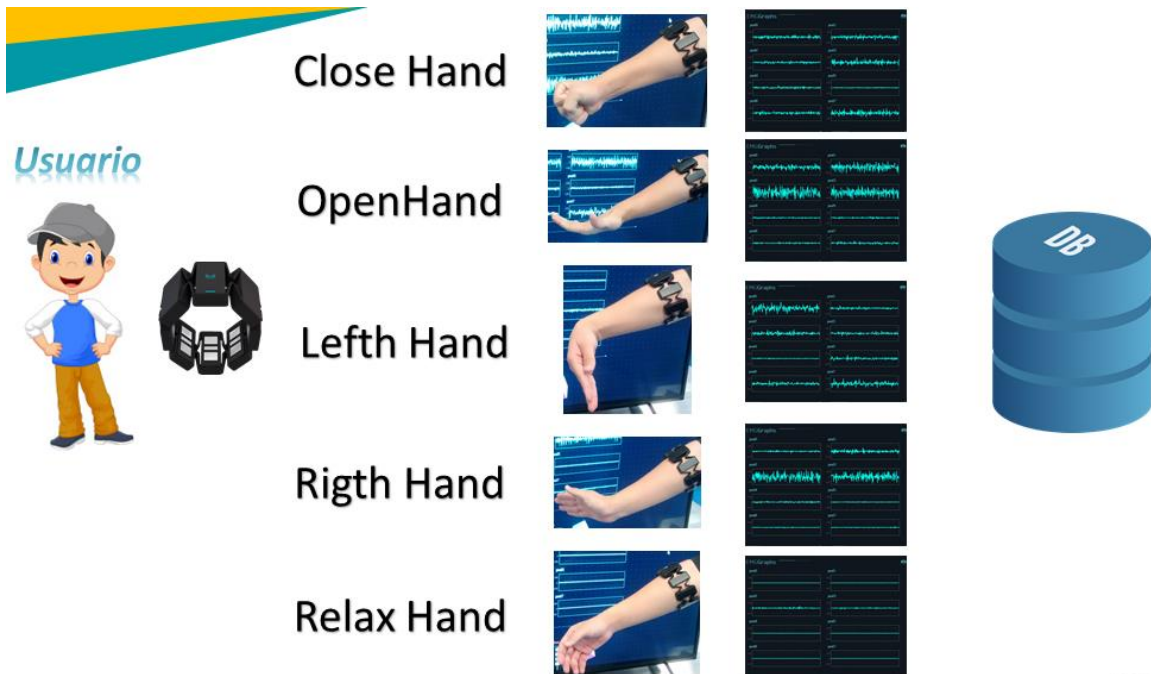


Figura 2: Movimientos detectados: close\_hand, open\_hand, lefth\_hand, rigth\_hand, relax\_hand.

Por cada individuo que hizo parte de la adquisición de la base de datos se tiene:

- 1) 5 movimientos
- 2) Cada señal de cada movimiento está compuesto por 8 sensores.
- 3) Cada individuo realizo la captura de los datos 20 veces

En total, la captura se realizó a 10 personas entre los 14 y los 35 años, donde una de ellas había perdido su extremidad superior a la altura de la base de la mano.



Figura 3: Toma de datos de la persona con discapacidad por falta de miembro

Para el análisis de los datos, se probaron varios descriptores de señales:

- 1) Transformada Rápida de Fourier (FFT)
- 2) Histogramas de potencia sobre FFT (HFFT)
- 3) Wavelets digitales tipo haar

Y finalmente se implementará la extracción de una matriz de confusión a través de un proceso de Montecarlo, lo cual validará y dará el reporte de la relevancia estadística del método y la funcionalidad.

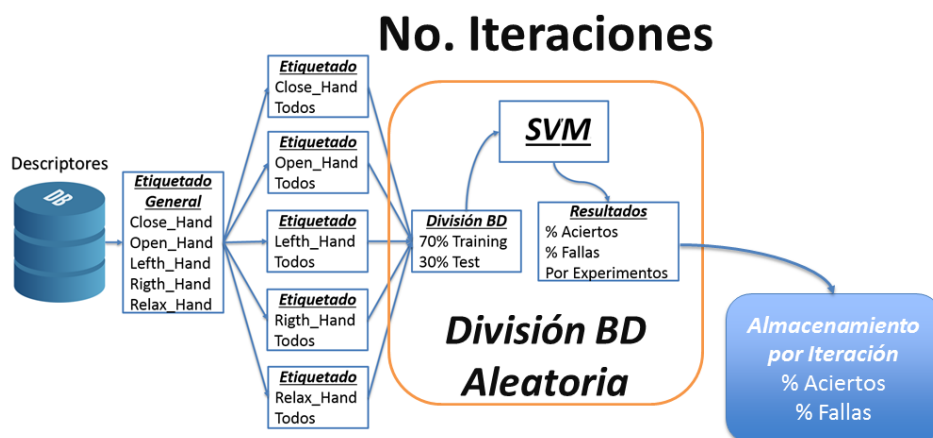


Figura 4: Proceso de Montecarlo

**Resultados esperados** (Descripción de los datos recolectados: si corresponde a Ponencia de Investigación en curso indique resultados parciales).

Se realizó la recolección de una base de datos inicial basada en 10 personas, donde una de ellas tiene una limitación física debido a la amputación de su mano izquierda, la implementación del método de Montecarlo se realizó sobre los dos primeros descriptores FFT y HFFT.

<b>Descriptor: Transformada Rápida de Fourier (FFT)</b>							
<b>Iter Montecarlo</b>	<b>100, Tiempo aprox. 12 minutos</b>			<b>1000, Tiempo aprox. 1 hora 35 minutos</b>			<b>Error [%]</b>
	<b>Acierto [%]</b>	<b>Desacierto [%]</b>	<b>Desviación [%]</b>	<b>Acierto [%]</b>	<b>Desacierto [%]</b>	<b>Desviación [%]</b>	
<b>Close Hand</b>	97,4958	2,5042	0,9088	97,3812	2,6188	0,8997	0,12%
<b>Open Hand</b>	88,5625	11,4375	1,9547	87,8413	12,1587	2,1613	0,81%
<b>Lefth Hand</b>	94,7	5,3	1,2606	94,7263	5,2737	1,2882	0,03%
<b>Rigth Hand</b>	92,6417	7,3583	1,6058	92,7325	7,2675	1,5411	0,10%
<b>Relax Hand</b>	84,3375	15,6625	2,0989	84,2158	15,7842	2,2017	0,14%

Tabla 1: Resultados parciales de las iteraciones de Montecarlo sobre el descriptor FFT

En las interacciones iniciales del proceso de Montecarlo se obtuvieron porcentaje de acierto en la identificación de cada uno de los movimientos de hasta del 97.49%, y mínimo del 84.33%, lo cual es un porcentaje de acierto comparable con los resultados del estado del



arte, sin embargo el proceso es susceptible de ser mejorado con la implementación del descriptor basado en wavelet haar.

Lo esperado es mejorar el porcentaje de acierto de todos los movimientos por encima del 90%, y realizar una implementación recursiva de la SVM para la implementación en la prótesis mecánica.

## **Conclusiones**

Con la implementación de la base de datos y las pruebas realizadas parcialmente se probó que la persona que presentaba la discapacidad por la falta de la extremidad, tiene una actividad muscular en su antebrazo normal, lo cual es un aliciente inicial para el desarrollo de la propuesta del proyecto, pues es posible identificar en personas con la misma discapacidad las señales necesarias para la implementación de la metodología.

En este momento se está realizando la adquisición de la nueva base de datos y complementando la infraestructura para la implementación de mas descriptores para ampliar la investigación las metodologías y combinaciones de metodologías que permitan un mejor desempeño de la SVM.

## **Impactos**

El impacto del proyecto desde la TecnoAcademia Risaralda podría ser sin precedentes, pues más que formar a los jóvenes en ciencia, tecnología, innovación e investigación, darles las herramientas para la solución de problemas que involucren técnicas del estado del arte, es acercar todo ese conocimiento en pro del mejoramiento de la calidad de vida de personas que en algún momento sufrieron el dolor de perder una parte de su cuerpo, y hoy debido a la formación de los aprendices de la TecnoAcademia Risaralda, ya es posible en la región.

Una prótesis de las que se desea implementar con técnicas modernas, podría tener costos elevados, la implementación de este proyecto lo hace mucho más económico y asequible al bolsillo del nivel de vida promedio de Colombia, quien generalmente es la más golpeada por los impases de la guerra y el conflicto interno.

## **Bibliografía**

- E. David Sherman, "A Russian bioelectric-controlled prosthesis", Can. Med. Assoc. J., pp. 1268-1270, 1964
- D. H. Silcox III, M. D. Rooks, R. R. Vogel and L. L. Fleming, "Myoelectric prostheses. A long-term follow-up and a study of the use of alternate prostheses", J. Bone Joint Surg. Am., vol. 75, no. 12, pp. 1781-1789, 1993
- P. McCool, N. Chatlani, L. Petropoulakis, J. J. Soraghan, R. Menon and H. Lakany, "1-D local binary patterns for onset detection of myoelectric signals", EUSIPCO, 2012
- L. Houam, A. Hafiane, A. Boukrouche, E. Lespessailles and R. Jennane, "One dimensional local binary pattern for bone texture characterization", Pattern Anal. Appl., pp. 1-15, 2012.

- I. Yazici, E. Koklukaya and B. Baslo, "Classification of EMG signals using wavelet based autoregressive models and neural networks to control prosthesis-bionic hand," 2009 14th National Biomedical Engineering Meeting, Balçova, Izmir, 2009, pp. 1-4.
- M. S. Park, K. Kim and S. R. Oh, "A fast classification system for decoding of human hand configurations using multi-channel sEMG signals," 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Francisco, CA, 2011, pp. 4483-4487.
- P. E. Crago, H. J. Chizeck, M. R. Neuman and F. T. Hambrecht, "Sensors for Use with Functional Neuromuscular Stimulation," in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. BME-33, no. 2, pp. 256-268, Feb. 1986.
- A. Ferrone, X. Jiang, L. Maiolo, A. Pecora, L. Colace and C. Menon, "A fabric-based wearable band for hand gesture recognition based on filament strain sensors: A preliminary investigation," 2016 IEEE Healthcare Innovation Point-Of-Care Technologies Conference (HI-POCT), Cancun, 2016, pp. 113-116.