

“SISTEMA Y MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA LA CLASIFICACIÓN ENTRE TEMBLOR ESENCIAL (TE) Y LA ENFERMEDAD DE PARKINSON (EP)”

5

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

El presente desarrollo se relaciona con las áreas tecnológicas de la electrónica y el procesamiento de datos, específicamente a un dispositivo electrónico programable para la clasificación de temblor esencial y parkinsonismo.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) y el Temblor Esencial (TE) son trastornos del movimiento. Ambos trastornos pueden compartir características como temblor, problemas para caminar y equilibrio.

15 En el mundo existen gran variedad de enfermedades que causan temblores espontáneos o problemas crónicos los cuales afectan a las personas en su vivir cotidiano, generando patrones anormales de activación nerviosa dentro del cerebro, causando deterioro del movimiento. Un temblor se define como un movimiento oscilatorio provocado por contracciones musculares involuntarias que se presentan con mayor frecuencia en las extremidades, pero también pueden afectar la cabeza,
20 las cuerdas vocales y el torso.

Dichos temblores comúnmente se manifiestan en adultos de mediana edad y adultos mayores, siendo importante resaltar que pueden ocurrir en cualquier edad, presentándose de igual forma tanto en hombres como en mujeres.

25 Por lo general los temblores son causados por un problema en las partes encargadas del movimiento en el cerebro, tales como las aferencias sensitivas, el tálamo, los ganglios basales, el núcleo rojo, la oliva inferior, el cerebelo, la corteza cerebral y la maquinaria motoneuronal espinal, siendo comúnmente producto de un disparo neuronal o de una alteración de las conexiones sinápticas.

30 El temblor esencial (TE) se caracteriza por afectar las manos, pero también puede manifestarse en la cabeza, la voz y las piernas y no representa un peligro para la vida, aunque sí afecta la vida cotidiana. El temblor parkinsoniano es el síntoma inicial en los pacientes con Parkinson (EP) y los síntomas son muy similares a los del temblor esencial.

35 Otros tipos de temblores son: temblor atáxico, temblor mesencefálico, temblor del paladar, temblor distónico, temblor de escritura primario, temblor ortostático, temblor neuropático. Por otro lado, los síntomas del Parkinson (EP) inicial son muy similares al del temblor esencial; su diferencia radica en que los temblores esenciales no conllevan un riesgo a la vida del paciente, al contrario, el Parkinson (EP) si conlleva un riesgo a la vida de los pacientes, provocando dificultades motrices y cognitivas,
40 pérdida del equilibrio, rigidez muscular, inexpresividad facial, problemas psíquicos

como ansiedad y depresión, entre muchos otros síntomas que van degenerando la calidad de vida del que la padece.

5 Estos problemas motores comúnmente son controlados con medicamentos como la levodopa que aumenta los niveles de dopamina en el cerebro del paciente, a diferencia del temblor esencial que no responde a la levodopa o a la mayoría de otros medicamentos para la EP. Esta enfermedad neurodegenerativa es la más común en el mundo, junto con la enfermedad de Alzheimer.

10 El documento de patente **US2010030119** revela un aparato para generar una pluralidad de índices de deterioro del movimiento, a partir de una o más señales cinemáticas para caracterizar los trastornos del movimiento. El aparato comprende un dispositivo de electro acupuntura implantable, que tiene al menos dos contactos de electrodo montados en la superficie de su carcasa. En una realización preferida, se incluye un electrodo de cátodo central en una parte frontal de la carcasa y un electrodo de ánodo anular que rodea el cátodo. En otra realización preferida, el electrodo anular del ánodo es un electrodo de anillo colocado alrededor del borde perimetral de la carcasa en forma de moneda. El documento adicionalmente divulga un método para generar una pluralidad de índices de deterioro del movimiento a partir de una o más señales cinemáticas, obtenidas de uno o más sensores cinemáticos, dicho método es implementado en una computadora digital con uno o más procesadores con el fin de caracterizar los trastornos del movimiento, basados en análisis espectrales, métricas de regularidad y análisis de tiempo-frecuencia. Se ha encontrado que el dispositivo revelado en el documento **US2010030119** emplea un método que se puede considerar invasivo, el cual incluye cirugías.

25 El documento de patente **JP2004136074** revela un dispositivo que permite a la persona sujetar unas porciones de agarre y reconocer si la persona exhibe o no un temblor en la mano o similar, peculiar de la enfermedad de Parkinson. La determinación se realiza con base a los temblores de tres ejes, en la dirección x, la dirección y, la dirección z. Los temblores de tres ejes en las direcciones x, y, z son procesados por una unidad de procesamiento de datos, utilizando un método de análisis de tiempo-frecuencia como la transformada de Fourier, la transformada de Laplace o la transformada de Wavelet. Se revela que estructuralmente la invención está conformada de una caja que contiene la unidad de procesamiento de datos y unas porciones de agarre conectadas a la caja.

35 El documento **US2005234309** revela un dispositivo para los pacientes de Parkinson que ayuda a ajustar los medicamentos de manera óptima, de acuerdo con la variación diurna de los síntomas. Para que esto ocurra, es importante que el médico gestor tenga una imagen precisa de cómo la bradicinesia, la hipocinesia y discinesia del paciente, así como la percepción del paciente del estado de movimiento que fluctúan a lo largo de las actividades diarias normales. No es un método dirigido a diferenciar entre EP y TE. El dispositivo utiliza acelerómetros portátiles, junto con técnicas de aprendizaje y análisis estadístico, implementadas por computadora para clasificar los estados de movimiento de los pacientes con Parkinson y proporcionar una línea de tiempo de cómo fluctúan los pacientes a lo largo del día para deducir

el suministro de medicamentos ajustados de manera óptima a la variación de los síntomas durante el día.

Cabe mencionar que el TE, suele ser erróneamente confundido con parkinsonismo, ya que el examen físico es de difícil percepción visual para el profesional, el cual se prolonga por largos periodos de tiempo, es tedioso y es susceptible a errores como se mencionó. Es importante entonces contar con una herramienta tecnológica de ayuda clasificatoria que le permita al profesional monitorear, detectar y diferenciar los tipos de temblores de manera rápida y objetiva.

Se ha observado que aún existe la necesidad de una solución técnica que permita, mediante un dispositivo cómodo, ligero y de fácil manipulación, que pueda ser portado por el paciente, el cual permita la clasificación de temblor esencial y parkinsonismo.

Por lo tanto, se revela el presente desarrollo como respuesta a la necesidad de hacer una detección temprana de la EP, para comenzar con el tratamiento en estas etapas iniciales, ya que este problema incrementa año tras año con el crecimiento de la población con dicha dificultad. Además, es conocido que el TE en algunos casos es mal clasificado como EP, lo que puede provocar una medicación incorrecta para el paciente. El dispositivo divulgado permite a los profesionales de la salud, diferenciar entre el TE o EP, para hacer una clasificación verosímil y oportuna, consiguiendo como resultado la posibilidad de actuar de manera anticipada para mejorar la calidad de vida del paciente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El dispositivo para la clasificación de temblor esencial y parkinsonismo que se revela, capta los movimientos involuntarios en pacientes, mediante una unidad de medición inercial ubicada en un elemento con forma de anillo que es colocado en la mano del paciente. La unidad de medición inercial contiene sensores inerciales que transmiten las señales emitidas por el paciente a un microprocesador, el cual las convierte en datos. Las señales convertidas en datos son almacenadas en una base de datos en una tarjeta micro SD y procesadas en un computador que contiene una plataforma de programación y cálculo numérico, así como un conjunto de modelos estadísticos para predicción.

Con el procesamiento de los datos en el computador es posible observar mediante gráficas en el dominio del tiempo, las señales de aceleración y rotación que se expresan en las diferentes actividades realizadas por el paciente, analizando las gráficas en el dominio de la frecuencia haciendo uso de la transformada rápida de Fourier (FFT).

En un análisis de datos predictivo, se emplean los datos almacenados en la base de datos para predecir eventos futuros. Los datos son utilizados para crear un modelo matemático que capture las tendencias importantes. Este modelo predictivo usa los datos para predecir lo que pasará, empleando conjuntos de datos heterogéneos, a menudo masivos, que generan resultados claros y permiten actuar sobre ellos, con el objetivo de lograr el resultado en cuestión. De esta forma, el

dispositivo realiza el análisis de datos predictivo basado en Deep Learning, de acuerdo a las tendencias relevantes de las actividades, para predecir eventos futuros, interpretados en una salida numérica que define la clasificación de la enfermedad.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Representa al dispositivo para la clasificación de temblor esencial y parkinsonismo y sus componentes.

Figura 2. Representa la interrelación de los componentes del dispositivo para la recolección de datos y Machine Learning.

10 **Figura 3.** Representa la interrelación de los componentes del dispositivo para la clasificación y Deep Learning.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 El dispositivo para la clasificación de temblor esencial y parkinsonismo que se revela está conformado por una manilla (1) conectada a un elemento con forma de anillo (2), mediante un cableado (3).

La manilla (1) tiene una estructura de soporte (4) en la que hay un microprocesador (5), al cual está conectada una pantalla (6), un módulo Wi-Fi (7), un módulo micro SD (8), un módulo cargador de batería (9) y una batería (10). La pantalla (6) puede ser un módulo OLED.

20 El módulo micro SD (8) aloja una tarjeta SD (11), la cual contiene una base de datos (12) con datos (21). El módulo Wi-Fi (7) está conectado a una base de datos (13) que se encuentra en un computador (14). El computador (14) puede ser un servidor en la nube (34).

25 El computador (14) puede conectarse con el microprocesador (5) para la reprogramación e inserción de datos. El computador (14) contiene una plataforma de programación y cálculo numérico (30), así como un conjunto de modelos estadísticos para predicción (23).

El elemento con forma de anillo (2) soporta una unidad de medición inercial (15), conformada por un acelerómetro (16) y un giroscopio (17).

30 La manilla tiene un elemento de sujeción (18) que puede ser un velcro u otro elemento similar.

La manilla (1) también tiene un interruptor de encendido y apagado (19) del dispositivo y un botón de inicio de pruebas y recolección de datos (20).

35 El microprocesador (5) y el computador (14) están configurados para realizar el siguiente procedimiento:

- a. Recolectar por medio del microprocesador (5) y la unidad de medición inercial (15) las señales emitidas por el paciente y grabarlas como datos (21) en la tarjeta SD (11).
 - 5 b. Copiar en el computador (14) los datos (21) que fueron grabados en la tarjeta SD (11).
 - c. Crear una base de datos (13) en el computador (14) con los datos (21) copiados.
 - d. Limpiar y seleccionar en el computador (14) datos (21) de la base de datos (13) creada en el computador (14).
 - 10 e. Procesar en el computador (14) los datos limpiados y seleccionados (35), aplicando un filtro pasabajo (36) en la plataforma de programación y cálculo numérico (30).
 - f. Aplicar a los datos (21) limpiados y seleccionados (35) la Transformada de Fourier (FFT) (37) y obtener la máxima frecuencia (38) en cada actividad realizada por el paciente. Crear datos transformados (39).
 - 15 g. Incluir los datos transformados (39) en la base de datos (13) contenida en el computador (14).
 - h. Realizar un análisis de los modelos estadísticos para predicción (23) que tiene el computador (14).
 - 20 i. Elegir un modelo para predicción.
 - j. Utilizar el modelo predictivo elegido (24) para la predicción de la enfermedad.
 - k. Aplicar un algoritmo (25) de inteligencia artificial (IA) de forma: 70% para entrenamiento y 30% para validación.
 - 25 l. Realizar una validación cruzada de los datos transformados (39).
 - m. Realizar una clasificación de la enfermedad según los datos transformados (39).
 - n. Hacer un test (32) final.
- El microprocesador (5) está configurado para realizar el siguiente procedimiento:
- 30 a. Obtener mediante el algoritmo (25) en una red neuronal (26) datos programados (27).
 - b. Guardar los datos programados (27) en la tarjeta SD (11) del microprocesador (5).

- c. Recolectar por medio del microprocesador (5) y la unidad de medición inercia (15) señales emitidas por el paciente y convertirlas como datos (21).
- d. Analizar y procesar los datos (21) obtenidos en el microprocesador (5).
- 5 e. Limpiar y seleccionar automáticamente datos (21) en el microprocesador (5).
- f. Comparar los nuevos datos limpios y seleccionados (31) entrantes con los datos programados (27) mediante el algoritmo (25) de una red neuronal (26).
- g. Clasificar la enfermedad mediante la salida (33) de la red neuronal (26) representada por una función sigmoide (28).
- 10 h. Definir en un valor de 0 a 0.4 enfermedad de Parkinson, en un valor de 0.41 a 0.59 paciente sano, en un valor de 0.6 a 1.0 Temblor Esencial.
- Específicamente, el método que se desea proteger de acuerdo a lo mencionado antes es un método implementado por computador para la clasificación entre Temblor Esencial (TE) y la Enfermedad de Parkinson (EP) que comprende las
- 15 etapas de:
- Etapa a. Recolección de señales: recolectar por el microprocesador (5) y la unidad de medición inercial (15) las señales emitidas por el paciente y grabar dichas señales como datos (21) en la tarjeta SD (11).
- 20 Etapa b. Ingreso de datos (21) en el computador (14): por parte del operador copiar en el computador (14) los datos (21) que fueron grabados en la tarjeta SD (11).
- Etapa c. Creación de base de datos (13) y selección de datos (21): por el computador (14), crear una base de datos (13) con los datos (21) copiados y guardar
- 25 dicha base de datos (21); limpiar y seleccionar en el computador (14) datos (21) de la base de datos (13).
- Etapa d. Procesamiento de datos en el computador (14): por el computador (14) procesar los datos limpiados y seleccionados (35), aplicar un filtro pasabajo (36) en
- 30 la plataforma de programación y cálculo numérico (30).
- Etapa e. Aplicación de la Transformada de Fourier (FFT): por el computador, aplicar a los datos (21) limpiados y seleccionados la Transformada de Fourier (FFT) (37) y obtener la máxima frecuencia (38) en cada actividad realizada por el paciente, crear
- 35 datos transformados (22); incluir los datos transformados (22) en la base de datos (13).
- Etapa f. Análisis y elección de modelos estadísticos para predicción: por el computador, realizar un análisis de los modelos estadísticos para predicción (23)
- 40 incluidos en dicho computador (14); elegir y aplicar un modelo para predicción.

Etapa g. Aplicación de algoritmo (25) de inteligencia artificial (IA): por el computador, aplicar un algoritmo (25) de inteligencia artificial (IA) con 70% para entrenamiento y 30% para validación.

5 Etapa h. Validación cruzada de datos: por el computador, realizar una validación cruzada de los datos transformados (22).

10 Donde, el microprocesador (5) se conecta con el computador (14) para comparar los nuevos datos limpios y seleccionados (31) entrantes con los datos programados (27) mediante el algoritmo (25) de una red neuronal (26) y dicho microprocesador (5) puede realizar estas tareas de forma independiente.

15 Y además, el microprocesador (5) se conecta con el computador (14) para realizar la clasificación de la enfermedad mediante la salida (33) de la red neuronal (26) representada por una función sigmoide (28), en donde un valor de 0 a 0.4 se clasifica como enfermedad de Parkinson, un valor de 0.41 a 0.59 se clasifica como paciente sano, y un valor de 0.6 a 1.0 se clasifica como temblor esencial y dicho microprocesador (5) puede realizar estas tareas de forma independiente.