



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Acreditación Institucional de Alta Calidad

MÉTODO PARA LA GENERACIÓN DE SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS SINTÉTICAS CON PATRONES DE DISPARO ALEATORIO

1. REIVINDACIONES

1. Un Método para la Generación de Señales Electromiográficas Sintéticas con Patrones de Disparo Aleatorio, que comprende las etapas de:
 - a. Primera Etapa.- Ingreso de características de la señal electromiográfica (EMG) por parte del usuario (0) donde el usuario ingresa las características que desea que tenga la señal EMG sintética (0), tales como la cantidad de SMUAP (1), que es un número entero entre 1 y 13, inclusive; el tipo de dependencia (2), que se refiere a rango corto o largo; y la duración (3), que corresponde al valor del tiempo en segundos de la señal EMG. Esta información ingresa como parámetros de entrada a la siguiente etapa, que es la generación de tiempos entre disparos
 - b. Segunda Etapa.- Generación de tiempos entre disparos (5) este proceso inicia con la carga del porcentaje de aparición por cantidad de SMUAP (13). Luego, se procede a seleccionar los porcentajes de aparición de los SMUAP (17). Luego, se genera un vector con números entre 1 y la cantidad de SMUAP, de acuerdo con los porcentajes de aparición seleccionados (18). De igual manera, se genera el vector con las formas de onda que corresponderían a cada SMUAP, seleccionada aleatoria entre 1 y 75 (19). Se utiliza la información del vector (18) para obtener vectores individuales (19), uno por cada forma de onda, puesto que la dependencia de rango se realiza por MUAP. Si el usuario escogió generar una señal EMG con dependencia de rango largo (21), se realiza una selección aleatoria del parámetro



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

de Hurst, entre 0.55 y 0.95, y se utiliza el método de cascada binomial multiplicativa, basado en el modelo Wavelet Multifractal, que genera un vector con valores reales, entre 0 y 10, que cuentan con la dependencia de rango largo demandada (23). En el caso de la dependencia de rango corto (21), se utiliza el método de la transformación inversa para generar los tiempos independientemente, pero con la misma distribución muestral de los tiempos entre disparos de las señales caracterizadas (22). Estos vectores, que se obtienen para cada uno de los SMUAP (20), ingresan a la siguiente etapa (24), que es la generación de ceros entre tiempos (6).

- c. Tercera Etapa de generación de ceros entre tiempos (6) en donde se normalizan los datos de los tiempos de aparición respecto a la duración de la señal, por lo cual se ingresan el vector de diferencias entre tiempos y la duración de la señal ingresada por el usuario (26)(3), se divide el vector de diferencias entre la duración de la señal (27) el resultado se aproxima al entero más cercano (28), se le resta uno para obtener la cantidad de ceros que hay entre cada forma de onda (29) y finalmente se agrega el cero inicial para tener en cuenta la aparición inicial (30).
- d. Cuarta Etapa.- Generación de patrón (7) en la cual se ingresa el vector con la cantidad de ceros entre formas de onda (33) y se define el parámetro l (ele) como la longitud del vector (34). En esta etapa se genera un patrón de disparo booleano, mientras que la variable i , que empieza en 1 (35), sea diferente a la longitud del vector (36) y valida si el valor que tiene el vector es cero (38); si no lo es, tiene en cuenta la cantidad de periodos nulos, coloca unos (40), correspondientes a la cantidad de ceros entre tiempos; y en los espacios en blanco, coloca ceros (39).
- e. Quinta Etapa Selección de forma de onda y amplitud (8) en la cual, se seleccionan las matrices (A) que contienen los parámetros necesarios para que se generen las formas de onda con el modelo de McSharry. Cada matriz A, tiene tantas filas como



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

funciones gaussianas se necesitan para obtener la forma de onda particular. Por ejemplo, para una onda monofásica, sin vueltas, solo se requiere de una curva gaussiana (una fila); pero, para una bifásica, se requieren mínimo dos gaussianas (dos filas): una para cada polaridad (dos filas). Dado que las vueltas necesitan de la inclusión de más gaussianas, estas incrementan la cantidad de filas. No obstante, cada matriz A está conformada por tres columnas: la primera, contiene la información de la amplitud de la gaussiana (a , de valor máximo 1); la segunda, el valor central (θ); y la tercera, la desviación estándar (b). En consecuencia, se dispone de 75 matrices, correspondientes a las 75 formas de onda obtenidas en la caracterización.

- f. Etapa Sexta Modelo McSharry (9) la cual corresponde a la conversión del patrón de disparo en la síntesis de MUAPs con ayuda del modelo de McSharry (9). A esta etapa ingresan: el vector de patrones (7), las matrices A (8) y la duración de la señal (3) (43). Luego, se calcula la frecuencia angular (w), se establece la frecuencia de muestreo en 10000 muestras/s y el valor inicial del ángulo, con el que inicia la síntesis de la primera muestra (44), y se calcula la cantidad de muestras que va a tener la señal sintética (45). Luego se evalúa cada elemento binario del patrón de disparo, que es de tamaño F (46): si el m -ésimo elemento es un cero (51), se genera un intervalo de muestras nulas que corresponden a la línea isoelectrica (52); y si es un uno (51), se utiliza el modelo de McSharry (54) (55) para generar un MUAP con los parámetros indicados en la matriz A , respectiva. Posteriormente, se realiza la concatenación de la salida de cada patrón (53), se evalúa si ya se recorrió por completo (47); y una vez completado, se carga la salida completa (48), conformada por las muestras de las señales sintéticas, para cada SMUAP.
- g. Etapa séptima, es la suma de SMUAP (10) que con el resultado de la etapa anterior (9), se realiza la suma de los trenes de disparo individuales trabajados, en donde se revisa cuál de los trenes presenta la mayor cantidad de muestras (57). Teniendo



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

en cuenta la cantidad de SMUAP (58), se crea una matriz de ceros con el tamaño de la cantidad de SMUAP por el valor de muestras mayor encontrado (59); esto se realiza para tener un vector final con la magnitud máxima posible que puede tener la señal en relación con la cantidad de SMUAP. Luego, se realiza el proceso de eliminar la línea isoelectrica de la señal que tiene la señal y se escala en factor de la cantidad de SMUAP (61). Se va llenando la matriz, a medida que se procesa cada tren (62), cuando se cumple la condición (60) y todos los trenes pasaron a la matriz, se procede a sumar todas las filas para generar un vector de salida (63) al cual se le adiciona la línea isoelectrica (64) dando como resultado la señal sintética (11).

2. El método de la reivindicación 1, que comprende, en su Segunda Etapa.- Generación de tiempos entre disparos (5), que inicia con la carga del porcentaje de aparición por cantidad de SMUAP (13), en donde se dispone de una base de datos conformada con trece tablas que contienen los porcentajes de aparición de los SMUAP. La cantidad de tablas obedece a que, según la caracterización realizada, la mayoría de señales EMG no cuentan con más de trece SMUAP diferentes (16). Por lo tanto, existe una tabla por cada cantidad posible de SMUAP (1); y cada tabla presenta varias columnas, con alternativas de porcentajes de aparición. Es por esto que, según la cantidad ingresada en (1), se procede a validar si el dato ingresado por el usuario es el número 14 (15); y si lo es, le pide al usuario volver a escoger la cantidad de SMUAP (14).

Si la cantidad de SMUAP ingresada se encuentra entre 1 y 13, inclusive, se procede a seleccionar los porcentajes de aparición de los SMUAP (17). Estos porcentajes se escogen de una de las columnas, seleccionada al azar, de la tabla correspondiente. Luego, se genera un vector con números entre 1 y la cantidad de SMUAP, de acuerdo con los porcentajes de aparición seleccionados (18). De igual manera, se genera el vector con las formas de onda que corresponderían a cada SMUAP, seleccionada por una función aleatoria entre 1 y 75 (19). Es de aclarar, que, aunque una señal EMG



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad

suele tener menos de trece formas de onda diferentes, en la caracterización se encontraron hasta 75 formas de ondas distintas. De esta manera, se obtiene un vector con tantos números diferentes como cantidad de SMUAP seleccionado (de 1 a máximo 13 números diferentes), cuya frecuencia relativa de aparición obedece a la columna seleccionada y cuyos valores son números enteros, comprendidos entre 1 y 75, inclusive. Por lo tanto, se utiliza la información del vector (18) para obtener vectores individuales (19), uno por cada forma de onda, puesto que la dependencia de rango se realiza por MUAP. Si el usuario escogió generar una señal EMG con dependencia de rango largo (21), se realiza una selección aleatoria del parámetro de Hurst, entre 0.55 y 0.95, y se utiliza en un algoritmo de cascada binomial multiplicativa, basado en el modelo Wavelet Multifractal, que genera un vector con valores reales, entre 0 y 10, que cuentan con la dependencia de rango largo demandada (23). En el caso de la dependencia de rango corto (21), se utiliza el método de la transformación inversa para generar los tiempos independientemente, pero con la misma distribución muestral de los tiempos entre disparos de las señales caracterizadas (22). Estos vectores, que se obtienen para cada uno de los SMUAP (20), ingresan a la siguiente etapa (24), que es la generación de ceros entre tiempos (6).