

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL:

Método de descomposición modal no estacionaria basado en representación de espacio de estados con aplicación al análisis de señales ECG

Doctorando: Luis Enrique Avendaño

Doctorado: Doctorado en Tecnologías para la Salud y el Bienestar

Directores de la tesis doctoral: David Cuesta-Frau (UPV) / Edilson Delgado-Trejos (ITM-Colombia)

RESUMEN

Esta tesis de doctorado está dedicada al problema de descomposición de señales no estacionarias en componentes modales, entendida como componentes oscilatorias independientes con amplitud y fase dependientes del tiempo. Para este fin, se propone un enfoque metodológico basado en representaciones en espacio de estados diagonales en bloques. Una contribución teórica primaria de esta tesis consiste en demostrar que la respuesta de un sistema de espacio de estados diagonal en bloques puede ser representada en una forma modal con amplitudes y frecuencias dependientes del tiempo. Subsecuentemente, construyendo sobre este resultado, un marco de trabajo basado en filtros de Kalman se propone para la descomposición modal de señales no estacionarias. Como resultado, una familia de métodos paramétricos para la descomposición modal de señales no estacionarias univariadas y multivariadas basadas en representaciones de espacio de estados diagonales en bloques y filtros de Kalman ha sido postulada. La representación básica está construida en bloques de segundo orden, cada uno de los cuales representa los componentes en fase y en cuadratura de un único componente oscilatorio no estacionario. Así, la respuesta total es construida como la suma ponderada de cada uno de estos modos. La identificación de estos modelos requiere la estimación conjunta de las trayectorias y los parámetros modales dependientes del tiempo, así como los hiperparámetros del modelo, constituidos por la matriz de mezcla de modos, las matrices de covarianza del vector de estados, de parámetros y del ruido de medición, y las condiciones iniciales. Para este propósito, un algoritmo de Expectación-Maximización ha sido adaptado como parte de esta tesis. La metodología obtenida es entonces evaluada en la descomposición y eliminación de ruido de registros electrocardiográficos (ECG), los cuales consisten en componentes no-estacionarias pseudo-periódicas y son susceptibles a diferentes tipos de interferencias. La estructura de estas señales las hace susceptibles a las descomposiciones modales basadas propuestas en esta tesis. A diferencia de otros métodos populares de descomposición de señales, las descomposiciones obtenidas con la metodología propuesta proveen componentes oscilatorios con interpretabilidad física y que proveen resultados consistentes para señales multivariadas, como en el caso de registros de ECG con múltiples derivaciones. Otra estrategia que se desarrolló en este proyecto investigativo lo constituye la aplicación de la transformada delta u operador de Euler al filtro de Kalman, esto condujo a resultados de alta precisión en la extracción de componentes de banda angosta. La metodología propuesta constituye una herramienta confiable para la descomposición modal en línea de señales no estacionarias multicomponentes, con resultados muy consistentes.