

Descomposición Lineal Ciega con la Minimización de Entropía para la Clasificación de Lesiones Orales

Proyecto de Tesis de Maestría

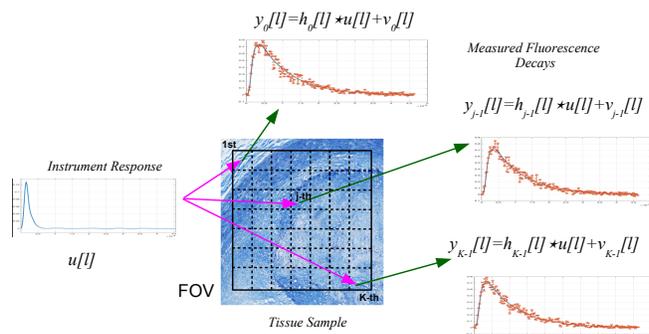
Posgrado en Ingeniería Electrónica

Asesores: Dr. Daniel Campos / Dr. Javier A. Jo (Texas A&M Univ)

Motivación

El presente proyecto de tesis se enmarca en el trabajo de investigación conjunto Texas A&M University (TAMU) – UASLP que se ha venido dando desde el 2011, y que se encuentra apoyado actualmente por un proyecto de Ciencia Básica del CONACYT 2016-2019. En el departamento de Ingeniería Biomédica de TAMU, dentro del grupo de trabajo del Dr. Javier A. Jo se ha desarrollado la instrumentación biomédica/óptica para medir a través de tiempo de vida fluorescente la composición química de una muestra de tejido [1,2]; mientras que la UASLP, se ha enfocado en el desarrollo de algoritmos para procesar esta información y generar análisis cuantitativos de la composición química del tejido [3-6]. En este contexto, el proyecto se enfoca en validar un algoritmo ciego para la descomposición lineal que involucre un factor de regularización que

reduzca la entropía de las abundancias estimadas de los perfiles base [7-8]. Con esta nueva formulación, se pueden generar estrategias de **clasificación** más precisas en función de los perfiles estimados. Sin embargo, la convexidad del problema de optimización global debe evaluarse con este nuevo término de regularización y entender el efecto del factor de peso asociado. Otro objetivo del proyecto será generar una implementación eficientemente desde el punto de vista numérico y explotar las posibles propiedades de paralelización de la estrategia de optimización, para minimizar el tiempo de ejecución [9]. Éste algoritmo se utilizará para realizar enseguida una cuantificación más precisa de la composición química de muestras biológicas de tejido extraído de lesiones orales.



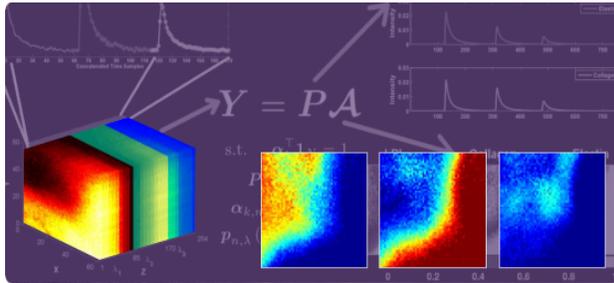
El proyecto plantea la realización de un estancia corta de una semana o de un semestre en TAMU para interactuar de forma más cercana con el grupo de investigación internacional. Por lo que al concluir el proyecto se busca que el estudiante obtenga una formación completa tanto en la validación teórica del algoritmo, como en su implementación numérica y en el proceso de validación con bases de datos de lesiones orales en estado de pre-cáncer o cáncer. Además el aporte teórico y práctico del proyecto permite visualizar al completar su desarrollo, el someter un publicación a evaluación en un revista indexada o a un congreso internacional.

Objetivo

Analizar, validar e implementar eficientemente un algoritmo para realizar la descomposición lineal de datos hiper-espectrales que incorpore en su formulación un termino que **reduzca la entropía** de las abundancias estimadas.

Metodología

Para una muestra de tejido, sus decaimientos hiper-espectrales de tiempo de vida fluorescente se pueden representar por un modelo lineal de mezclado, donde se combinan



de forma convexa los perfiles de fluorescencia en cada punto espacial [3-6]. Nuestra propuesta busca plantear un problema “ciego” de estimación es decir, estimar solamente a través de las mediciones de tiempo de vida fluorescente tanto los perfiles comunes a toda la base de datos [4,6], como sus abundancias en cada punto de la muestra. Con base a los perfiles

estimados se puede realizar una identificación de los fluoróforos del tejido. Sin embargo, las abundancias asociadas pueden no ser certeras para generar una **clasificación cuantitativa** de la muestra. Con este fin, se propone modificar el problema síntesis de optimización para incorporar un **término cuadrático que reduzca la entropía de las abundancias** estimadas. De esta manera, el problema de descomposición lineal sigue considerando una optimización cuadrática en su solución numérica, sin embargo se debe evaluar la convexidad resultante [9]. El algoritmo se desarrollará en Matlab y se validará con datos experimentales **lesiones orales** en estado de pre-cáncer o cáncer, esto gracias a la colaboración con el Dr. Javier A. Jo de TAMU.

Calendario de Actividades

- i. *Junio-Agosto/2018*: revisar el estado del arte, y estudiar el planteamiento del problema de descomposición lineal en tiempo discreto. Atacar la descomposición lineal como un problema de optimización con restricciones y revisar las soluciones planteadas en la literatura.
- ii. *Septiembre-Diciembre/2018*: revisar el estado del arte, y estudiar el planteamiento del problema de descomposición lineal ciega, es decir sin la información de los perfiles hiper-espectrales de fluorescencia. cursar dos materias optativas y el curso de proyecto de tesis.
- iii. *Enero-Mayo/2019*: continuar con la revisión del estado del arte, y realizar una estancia en el departamento de ingeniería biomédica de TAMU por medio de una beca mixta del CONACYT o una estancia corta de una semana por un proyecto CONACYT. Proponer una solución al problema de descomposición lineal ciega, que incluya la reducción en la entropía de las abundancias, y validar el algoritmo

- resultante experimentalmente con muestras de tejido oral. Evaluar la complejidad del algoritmo resultante y optimizar su implementación por medio de paralelización.
- iv. *Junio-Julio/2019*: redacción del documento de tesis .
 - v. *Agosto/2019*: presentación de los exámenes previo y final de grado.

Materias por Cursar

En el semestre Agosto-Diciembre/2018 se deben cursar 2 de las siguientes 4 materias, según sea la disponibilidad de cursos.

1. Detección y Estimación
2. Reconocimiento de Patrones
3. Optimización Avanzada
4. Óptica Biomédica

Bibliografía

- [1] L. Marcu, P.M.W. French and D.S. Elson, Fluorescence Lifetime Spectroscopy and Imaging: Principles and Applications in Biomedical Diagnostics, CRC Press, 2014.
- [2] J.Park, P. Pande, S. Shrestha, F. Clubb, B. E. Applegate, and J. A. Jo, "Biochemical characterization of atherosclerotic plaques by endogenous multispectral fluorescence lifetime imaging microscopy," *Atherosclerosis*, 220(2), 394 - 401, 2012.
- [3] O. Gutierrez-Navarro, Daniel U. Campos-Delgado, E. R. Arce-Santana, M. O. Mendez and Javier A. Jo, "Blind End-member and Abundance Extraction for Multi-spectral Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy Data", *IEEE J. Biomed Health Inform.* 18(2), 606-617, 2014.
- [4] O. Gutierrez-Navarro, D. U. Campos-Delgado, E.R. Arce-Santana et al., "Estimation of the Number of Fluorescent End-members for Quantitative Analysis of Multispectral FLIM Data", *Optics Express* 22(10), 12255---12272, 2014.
- [5] O. Gutierrez-Navarro, Daniel U. Campos-Delgado, E.R. Arce-Santana, and Javier A. Jo, "Quadratic Blind Linear Unmixing: A Graphical User Interface for Tissue Characterization", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Vol. 124, February 2016, pp. 148-160.
- [6] Jose J. Rico-Jimenez, Daniel U. Campos-Delgado, Martin Villiger, Kenichiro Otsuka, Brett E. Bouma, and Javier A. Jo, "Automatic classification of atherosclerotic plaques imaged with intravascular OCT", *Biomedical Optics Express*, Vol. 7, No. 10, pp. 4069-4085, 2016.
- [7] Mariano Rivera, Omar Ocegueda, and Jose L. Marroquin, "Entropy-Controlled Quadratic Markov Measure Field Models for Efficient Image Segmentation", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, No. 12, pp. 3047-3057, 2007.
- [8] Mariano Rivera and Oscar Dalmau, "Variational Viewpoint of the Quadratic Markov Measure Field Models: Theory and Algorithms", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 21, No. 3, pp. 1246-1257, 2012.
- [9] Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, *Numerical Optimization*, Springer-Verlag, 2nd Edition, 2006.