



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Técnicas de separación de mezclas (unmixing) en espectros de reflectancia de muestras de documentos de interés histórico. Aplicación a la identificación de materiales

Descripción general (resumen y metodología):

La identificación de materiales en documentos de interés histórico es clave para su estudio, puesto que da acceso a la caracterización de aspectos tan importantes como la datación[1], el estudio de técnicas para mejorar la legibilidad[2] y el diseño de estrategias para abordar las intervenciones de conservación[3].

En el grupo Color Imaging Lab de la Universidad de Granada, hemos desarrollado el proyecto HYPERDOC, cuyo objetivo principal es hacer accesibles las técnicas de identificación de materiales en documentos de interés histórico a partir de imágenes hiperespectrales de los mismos. Como primer hito del proyecto, se ha difundido una base de datos con 1681 fragmentos de imágenes hiperespectrales[4] de documentos reales y muestras generadas con diferentes materiales en el laboratorio, tanto en el rango VNIR (400-1000 nm) como SWIR (900-1700 nm).

Recientemente, hemos desarrollado un método adaptativo de identificación de materiales utilizando algunos fragmentos de la base HYPERDOC. El método consta de tres fases: pre-selección de grupos de materiales en la imagen del documento, identificación preliminar mediante comparación directa en el rango VNIR con una librería de referencia de materiales con 45 espectros de pigmentos, colorantes, tintas y soportes (papel y pergamino), y finalmente una fase de refinado para la clasificación de tintas y soportes utilizando información tanto en VNIR como en SWIR [5].

En nuestro grupo, también hemos aplicado técnicas de unmixing (desmezclado espectral) para la identificación de materiales utilizados en pinturas antiguas [6]. El unmixing es una técnica de regresión basada en estimar las cantidades de cada componente en un espectro mezcla, partiendo de la información de una librería de componentes y un modelo de mezcla.

En este TFG, se aplicarán técnicas de unmixing para intentar mejorar los resultados del método de identificación [5] en los casos en los que hay mezclas de materiales en los fragmentos de documento, y también para introducir mejoras en el algoritmo de identificación en el tercer paso del método.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

- 1.Revisión bibliográfica de técnicas de unmixing aplicadas a la identificación de materiales en el contexto de análisis de imagen espectral de patrimonio cultural.
2. Introducción de mejoras en la versión actual del método de identificación ya desarrollado para automatizar el paso de selección de grupos de color y la división en grupos de los espectros de referencia.
3. Incorporación de unmixing en fragmentos que sólo contienen tinta y soporte, Se realizará el estudio tanto para muestras modelo como para muestras de documento real.

4. Aplicación a fragmentos que contienen mezclas con dos y tres pigmentos, tanto en muestras modelo como en documento real.

Metodología

Para el objetivo 1), se realizará una búsqueda en bases de datos bibliográficas usuales (Scholar Google, Scopus) incorporando herramientas específicas de búsqueda como Consensus.

En el objetivo 2), se utilizará como punto de partida el código ya desarrollado por el grupo Color Imaging Lab en Matlab. Se abordarán las mejoras de automatización en las fases previas (selección del fragmento a analizar, selección de grupos de color o materiales utilizando algoritmos de segmentación en color ya implementados, división automática de los espectros de la librería de referencia en base a los grupos de interés).

Para el objetivo 3), se seleccionarán las muestras con las que se trabajará para incorporar el modelo de unmixing en primer lugar. Luego, se utilizará código de unmixing del que ya se dispone para incorporar el método sustractivo simple al algoritmo de identificación de materiales. Se tomarán como espectros base (endmembers) los de la zona central de los trazos de escritura y una zona aislada del soporte del documento. Se utilizarán los resultados del unmixing para proponer un conjunto reducido de espectros para realizar el tercer paso de refinado mediante clasificadores k-NN y llegar al resultado final. Se comparará el resultado con el método anterior en términos de rendimiento (precisión en el resultado de clasificación) y de tiempo de ejecución tanto en muestras modelo (mock-ups) como en muestras de documento real.

Finalmente, para el objetivo 4) se seleccionarán otro conjunto de muestras que contienen sólo pigmentos y mezclas binarias o ternarias. Se aplicará el método desarrollado anteriormente incorporando la posibilidad de seleccionar zonas en las que los pigmentos aparezcan como más puros. Se evaluará la mejora introducida de forma similar al objetivo 3.

Bibliografía básica:

[1] Patrick Shiel. "Hyperspectral image analysis for questioned historical documents.." (2010). https://www.semanticscholar.org/paper/Hyperspectral-image-analysis-for-questioned-Shiel/d5752e7b428b4bb91c841957cde0992e441116e?utm_source=consensus

[2] Pottier, F., Michelin, A., & Robinet, L. (2019). Recovering illegible writings in fire-damaged medieval manuscripts through data treatment of UV-fluorescence photography. *Journal of Cultural Heritage*. <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2018.08.012>.

[3] Fierăscu, I., Fierăscu, R., Fistoș, T., Motelică, L., Oprea, O., Nicoară, A., Ficăi, A., Stirban, A., & Zgarciu, M. (2021). Non-invasive microanalysis of a written page from the Romanian heritage "The Homiliary of Varlaam (Cazania lui Varlaam)". *Microchemical Journal*, 106345. <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2021.106345>.

[4] <https://colorimaginglab.ugr.es/pages/hyperdoc/database>

[5] Valero, E.M, Moronta-Montero, F., López-Baldomero, A.B., Reichert, A., Martínez-Domingo, M.A., Blanc, R. and López-Montes, A. Adaptive combined method for material identification in documents of historical interest. ARCHIVING 2025, 24-27 June, Granada (Spain). Oral communication.

[6] Valero, E. M., Martínez-Domingo, M. A., López-Baldomero, A. B., López-Montes, A., Abad-Muñoz, D., & Vílchez-Quero, J. L. (2023). Unmixing and pigment identification using visible and short-

wavelength infrared: Reflectance vs logarithm reflectance hyperspaces. Journal of Cultural Heritage, 64, 290-300.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Es interesante que el estudiante tenga una cierta familiaridad con MATLAB o Python, aunque no imprescindible.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: EVA MARÍA VALERO BENITO

Ámbito de conocimiento/Departamento: ÓPTICA

Correo electrónico: valerob@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: ANA BELÉN LÓPEZ BALDOMERO

Ámbito de conocimiento/Departamento: ÓPTICA

Correo electrónico: anabelenlb@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: