



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Recoloración de obras pictóricas adaptable para sujetos con visión del color anómala

Descripción general (resumen y metodología):

El grupo Color Imaging Lab está desarrollando en la actualidad el proyecto ASTRA (Advanced Spectral Twin for Restoration and conservation of Artworks). Contamos con una amplia experiencia previa en identificación de materiales y procesamiento de imagen hiperespectral en obra artística y documentos de interés histórico, y en el proyecto ASTRA pondremos en valor esta experiencia para construir gemelos digitales avanzados para obras de arte.

Los gemelos digitales son capas de información en forma de imagen digital, que muestran los resultados de la caracterización de la obra mediante diferentes técnicas de medida, de una forma fácilmente accesible y comprensible tanto para los Conservadores como para el público en general. Los gemelos digitales han despertado bastante interés recientemente dentro de la comunidad científica [1-3], aunque el uso de información espectral para generarlos es bastante poco frecuente [4]. Hasta ahora, no se han considerado las necesidades específicas que plantea el colectivo de personas con deficiencia en la visión del color (DVC) cuando visualizan una obra pictórica, y en este TFG se pretende explorar la idea de añadir una capa al gemelo digital que sea modulable en función de la severidad y el tipo de deficiencia del observador, de forma que se pueda hacer más accesible la obra para estos sujetos.

Para ello, será necesario trabajar tanto con modelos de simulación [5] de diferentes condiciones y severidades de DVC como con modelos de recoloración [6,7] que sean paramétricos y no se basen en una transformación o rotación fija de la gama de colores presentes en la obra. En la capa de accesibilidad del gemelo digital, se incorpora un ajuste manual mediante barras o sliders para que el propio sujeto decida qué resultado de recoloración es más satisfactorio para él desde el punto de vista de la naturalidad y el aumento del contraste entre zonas de la escena. En el desarrollo del modelo, se utilizarán como ejemplos de obras pictóricas reales de la colección del Patrimonio de la Universidad de Granada, para las que tenemos los datos de imagen hiperespectral capturados, lo que incrementa las posibilidades de utilizar modelos específicos de simulación y recoloración.

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

Objetivos planteados:

Se plantean estos objetivos principales para el TFG:

- 1) Revisión bibliográfica y selección de los modelos de simulación y recoloración en base a criterios de eficiencia, facilidad de implementación, modularidad y parametrización.
- 2) Selección de las obras pictóricas que se utilizarán en el trabajo atendiendo a criterios de diversidad de épocas, estilos y gama cromática.
- 3) Aplicación de los algoritmos de simulación para tres niveles de severidad en los dos principales tipos de condiciones DVC: protán y deután. Selección de la paleta de colores relevantes a partir de las simulaciones.
- 4) Aplicación de dos algoritmos parametrizables de recoloración a imágenes-mosaico construidas a partir de los colores relevantes. Cuantificación del número de parejas discernibles que produce la recoloración y evaluación del resultado con métricas que tengan en cuenta la naturalidad y la eficiencia del resultado [8]. Diseño básico de la capa digital adaptable y demostración con simulaciones.

En cuanto a la metodología:

Para el objetivo 1, se plantea seleccionar en principio dos modelos de simulación y dos de recoloración como principales candidatos para utilizar en el resto del trabajo.

Para el objetivo 2, se visualizarán imágenes RGB a partir de tres bandas espectrales de todas las obras pictóricas que tenemos capturadas, y se seleccionarán un máximo de 10 obras.

Para el objetivo 3, se utilizarán los modelos seleccionados en el objetivo 1 para simular la visión en las seis condiciones consideradas de las 10 obras seleccionadas en el objetivo 2. Después, se aplicará la experiencia previa en selección de colores relevantes del grupo Color Imaging Lab [9], y se fijará un número máximo de colores por obra que dependerá de la variedad y extensión de la gama cromática de la misma.

Para el objetivo 4, se fijarán los rangos y pasos mínimos de variación para los parámetros de los algoritmos de recoloración considerados. Se evaluará el resultado conjunto de las 10 obras usando la métrica CVD-MET [8], y se decidirán los mejores candidatos para cada condición. Usando como punto de partida los parámetros óptimos encontrados, se generará la capa digital de cada obra con la slider que permita controlar la recoloración, y se demostrará el efecto mediante las simulaciones para la condición de severidad intermedia.

Bibliografía básica:

- [1] Lorenzo, R., Paola, M., Thomas, R., Chiara, M., Luca, U., Ciro, C., Andrea, S., Luciano, R., Sandra, R., Joseph, G., & Marco, F. (2024). Exploring the inner hygro-mechanical behaviour of historical panel paintings: a novel approach using digital twins. *Heritage Science*, 12, 1-27. <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01106-z>.
- [2] Amelio, A., & Zarri, G. (2024). Cultural heritage digital twin: modeling and representing the visual narrative in Leonardo Da Vinci's Mona Lisa. *Neural Computing and Applications*, 36, 11859 - 11876. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10010-x>.
- [3] Lanteri, L., Pelosi, C., & Pogliani, P. (2025). Three-Dimensional Ultraviolet Fluorescence Imaging in Cultural Heritage: A Review of Applications in Multi-Material Artworks. *Journal of Imaging*, 11. <https://doi.org/10.3390/jimaging11070245>.
- [4] Wang, S., Cen, Y., Qu, L., Li, G., Chen, Y., & Zhang, L. (2024). Virtual Restoration of Ancient Mold-Damaged Painting Based on 3D Convolutional Neural Network for Hyperspectral Image. *Remote. Sens.*, 16, 2882. <https://doi.org/10.3390/rs16162882>.
- [5] H. Kotera, Optimal Daltonization by Spectral Shift for Dichromatic Vision, *Proceedings of the 20th Color and Imaging Conference (CIC20)*, 302-308, 2012.
- [6] Kuhn GR, Oliveira MM, Fernandes LA. An efficient naturalness-preserving image-recoloring method for dichromats. *IEEE Trans Vis Comput Graph*. 2008 Nov-Dec;14(6):1747-54. doi: 10.1109/TVCG.2008.112. PMID: 18989034.
- [7] Tsekouras, G. E., Rigos, A., Chatzistamatis, S., Tsimikas, J., Kotis, K., Caridakis, G., & Anagnostopoulos, C.-N. (2021). A Novel Approach to Image Recoloring for Color Vision Deficiency. *Sensors*, 21(8), 2740. <https://doi.org/10.3390/s21082740>
- [8] J. Muñoz-Postigo, E. M. Valero, M. A. Martínez-Domingo, L. Gomez-Robledo, R. Huertas, and J. Hernández-Andrés, "CVD-MET: an image difference metric designed for analysis of color vision deficiency aids," *Opt. Express* 30, 34665-34683 (2022)
- [9] Nieves, J. L., Gomez-Robledo, L., Chen, Y. J., & Romero, J. (2020). Computing the relevant colors that describe the color palette of paintings. *Applied Optics*, 59(10), 3111-3120.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

El lenguaje de programación utilizado será MATLAB o Python, por lo que es recomendable una cierta familiaridad con alguno de estos lenguajes.

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: JUAN LUIS NIEVES GÓMEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: ÓPTICA

Correo electrónico: jnieves@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: Laura Verdegay Fernández

Correo electrónico: laura41802@correo.ugr.es