



Programa de PROCESAMIENTO DE IMÁGENES PARA BIOLOGÍA Y MEDICINA

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Procesamiento de Imágenes para Biología y Medicina

2. CRÉDITOS

10 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Se introducirán los conceptos principales del procesamiento de imágenes por computadora con especial énfasis en su aplicación de ciencias de la vida como ser imágenes de microscopía. Se abarcarán los distintos aspectos de un área muy extensa de manera de dejar claros los conceptos generales subyacentes y abrir la puerta a un estudio más detallado por parte del estudiante. Al finalizar el curso el estudiante comprenderá los fundamentos del procesamiento de imágenes por computadora, tendrá experiencia en el uso de software que implementa algoritmos de procesamiento de imágenes y podrá encarar proyectos de aplicación en esta área, en diálogo con personal más experimentado. Se tendrán en cuenta aspectos específicos de la adquisición y procesamiento de imágenes de microscopía como ser deconvolución, colocalización, super-resolución y sus consideraciones en las publicaciones.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Se realizarán clases teórico/prácticas de cuatro horas a razón de tres clases por semana durante seis semanas. Los estudiantes aplicarán los conceptos teóricos mediante el uso de un software que implementa una biblioteca de algoritmos de procesamiento de imágenes a fin de impulsarlos a consolidar los conceptos a través de la práctica y el desarrollo de nuevos procedimientos (macros, scripts).

5. TEMARIO

0. Visita a Unidad de Microscopía Confocal de Facultad de Medicina. Descripción del proceso de preparación muestras y adquisición de imágenes
1. Introducción. Procesamiento de imágenes: problemas y aplicaciones. Relaciones con disciplinas vecinas. Pasos fundamentales en el procesamiento de imágenes: Esquema general de un sistema de visión por computador.
2. Adquisición y formación de imágenes. Relación con el modelo de la visión humana. Modelo de color. Modelo de ruido. Concepto de Apertura. Relación con la resolución. Formación de imagen en microscopio óptico, de fluorescencia y confocal. OTF/PSF.
3. Presentación de ImageJ/FIJI. Presentación del software ImageJ/FIJI. Comandos y operaciones. Manejo de memoria. Operaciones sobre imágenes, filtrado, regiones de interés, macros, plugins. Otras aplicaciones similares (Icy) y complementarias (Omero).
4. Representación y visualización imágenes. Arreglos de datos multidimensionales. Imágenes vectoriales. Discretización espacio-temporal. Cuantificación. Visualización de imágenes 2D, 3D, 3D+t. Formatos de almacenamiento.
5. Histogramas y operaciones de píxeles. Histogramas, operaciones con histogramas, ecualización de histograma, modificación brillo y contraste, cuantificación, umbralización global y local.
6. Sistemas lineales y filtrado de señales. Filtros lineales, convolución. Filtros no lineales. Filtros en el espacio y en frecuencia. Difusión isotrópica y anisotrópica.
7. Análisis frecuencial. Teoría de Fourier. Descomposición en senos y cosenos. FFT. Transformada de Fourier. Propiedades. Ancho de banda. Módulo y fase. Teorema de convolución. Filtrado en el espacio y en frecuencia.
8. Restauración. Modelo de la degradación: desenfoque, borrono, ruido. Métodos de restauración. Filtro adaptivo. Filtro inverso. Medidas de desempeño.
9. Deconvolución. Convolución-Deconvolución. Filtro de Wiener. Deconvolución iterativa. Deconvolución ciega. Regularización. Estimación de la PSF. Ejemplos de plugins en FIJI e ICY.
10. Segmentación. Detección de discontinuidades vs regularidades. Detección de bordes, detección de líneas, detección de regiones. Morfología matemática. Watershed. Contornos activos.
11. Análisis de formas. Análisis de objetos detectados en imágenes. Factor de forma. Medidas geométricas Medidas estadísticas.

12. Análisis de imágenes a color y textura. Teoría del color. Espacios de representación de color. Texturas estructural y estadísticas. Métricas para texturas. Conceptos básicos de Aprendizaje Automático para clasificación de texturas.
13. Colocalización. Definición. Registrado de imágenes, localización y colocalización. Influencia de los fluoróforos. Índices de colocalización. Análisis de correlación. Métodos basados en píxeles. Métodos basados en regiones o partículas.
14. Tracking. Seguimiento de objetos (células, spots) en secuencias de imágenes.
15. Super-resolución. Criterios de resolución. Influencia de la PSF. Técnicas modernas de nanoscopía. Métodos basados en luz estructurada (SIM). Métodos basados en depleción de fluorescencia (STED). Métodos estocásticos (PALM, STORM, SOFI).
16. Buenas prácticas en el uso de imágenes en publicaciones.
17. Ejemplos y aplicaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Introducción.	1, 2, 3	
2. Adquisición y formación de imágenes.		1
3. Presentación de ImageJ/FIJI.	2	
4. Representación y visualización imágenes.	1, 2, 3	
5. Histogramas y operaciones de píxeles.	1, 2, 3	
6. Sistemas lineales y filtrado de señales.	1, 3	
7. Análisis frecuencial. Teoría de Fourier.	1, 3	
8. Restauración.	1, 2, 3	
9. Deconvolución.		5
10. Segmentación. activos.	1, 2, 3	
11. Análisis de formas.	3	
12. Análisis de imágenes a color y textura. Aprendizaje Automático para clasificación de texturas.	1, 2, 3	
13. Colocalización.		6, 7
14. Seguimiento de objetos (células, spots) en secuencias de imágenes.		8, 9
15. Super-resolución.		10, 11

6.1 Básica

1. Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques. Wilhelm Burger, Mark J. Burge. ISBN: 978-1848001909. 2011, Springer.
2. Analyzing fluorescence microscopy images with ImageJ. Peter Bankhead, 2014. Disponible online en <http://go.gub.ac.uk/imagej-intro>
3. Digital Image Processing. Rafael C. Gonzales y Richard E. Woods. Addison-Wesley Pub Co, 1992. ISBN: 201508036

6.2 Complementaria

1. Fluorescence Microscopy: From Principles to Biological Applications. Ulrich Kubitschek (Editor). ISBN: 978-3-527-32922-9. 2013, Wiley-Blackwell
2. Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction using Java. Wilhelm Burger and Mark J. Burge. Springer, November 2007.
3. Principles of Digital Image Processing: Advanced Methods. Wilhelm Burger, Mark J. Burge. ISBN: 978-1-84882-918-3. 2013, Springer.
4. Principles of Digital Image Processing: Core Algorithms. Wilhelm Burger, Mark J. Burge. ISBN: 978-1-84800-194-7. 2009, Springer.
5. Sage, D., Donati, L., Soulez, F., Fortun, D., Schmit, G., Seitz, A., ... & Unser, M. (2017). DeconvolutionLab2: An open-source software for deconvolution microscopy. *Methods*, 115, 28-41.
6. Bolte, S., & Cordelières, F. P. (2006). A guided tour into subcellular colocalization analysis in light microscopy. *Journal of Microscopy*, 224(3), 213–232. doi:10.1111/j. 1365-2818.2006.01706.x
7. Dunn, K. W., Kamocka, M. M., & McDonald, J. H. (2011). A practical guide to evaluating colocalization in biological microscopy. *AJP: Cell Physiology*, 300(4), C723–C742. doi: 10.1152/ajpcell.00462.2010
8. Jaqaman, Khuloud, Dinah Loerke, Marcel Mettlen, Hirotaka Kuwata, Sergio Grinstein, Sandra L. Schmid, and Gaudenz Danuser. "Robust single-particle tracking in live-cell time-lapse sequences." *Nature methods* 5, no. 8 (2008): 695.
9. Tinevez, Jean-Yves, Nick Perry, Johannes Schindelin, Genevieve M. Hoopes, Gregory D. Reynolds, Emmanuel Laplantine, Sebastian Y. Bednarek, Spencer L. Shor-

te, and Kevin W. Eliceiri. "TrackMate: An open and extensible platform for single-particle tracking." *Methods* 115 (2017): 80-90.

10. Huang, B., Bates, M., & Zhuang, X. (2010). Super resolution fluorescence microscopy. *Annual Review of Biochemistry*, 78, 993–1016. doi:10.1146/annurev.biochem.77.061906.092014.

11. Schermelleh, Lothar, Rainer Heintzmann, and Heinrich Leonhardt. "A guide to super-resolution fluorescence microscopy." *The Journal of cell biology* 190, no. 2 (2010): 165-175.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

No tiene.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados:

Probabilidad, programación.

ANEXO A

Para todas las Carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Eléctrica.

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Tema 0 (4 hs.). Tema 1 (4 hs.). Tema 2 (4 hs.).
Semana 2	Tema 3 (4 hs.). Tema 4 (4 hs.). Tema 5 (4 hs.).
Semana 3	Tema 6 (4 hs.). Tema 7 (4 hs.). Tema 8 (4 hs.).
Semana 4	Tema 9 (4 hs.). Tema 10 (4 hs.). Tema 11 (4 hs.).
Semana 5	Tema 12 (4 hs.). Tema 13 (4 hs.). Tema 14 (4 hs.).
Semana 6	Tema 15 (4 hs.). Tema 16 (4 hs.). Tema 17 (4 hs.).

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Se realizarán tres pruebas parciales durante el curso en forma de entregables que deben ser realizados de forma individual. Además se realizará un trabajo corto en forma de proyecto/ monografía de unas 60 horas de duración. Para la aprobación de la unidad curricular se debe superar el 50% de los puntos de los ejercicios entregables realizados y la aprobación de la monografía.

A4) CALIDAD DE LIBRE

La unidad curricular no tiene examen.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Cupos: No tiene.

:



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ANEXO B para la carrera de Ingeniería Eléctrica

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Telecomunicaciones

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso: Programación 1, Probabilidad y Estadística

Examen: No corresponde.

ANEXO B para la Carrera Ingeniería en Sistemas de Comunicación

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

Procesamiento de la Información

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso: exámenes de Programación 1 y Probabilidad y Estadística.

Examen: No corresponde

APROB RES CONSEJO DE FAC. ING.

13R/2022

Exp. 06.11.30

000101-22

