

Propuesta de Trabajos Fin de Grado, curso académico 2020-21

PROFESOR: Davide Barbieri

Número máximo de TFG que solicita dirigir: 3

1.- TÍTULO: **Análisis de imágenes de COVID-19 con deep networks multiescala**

Resumen/contenido:

Un problema de gran relevancia puesto por la reciente pandemia de COVID-19 es la clasificación de neumonías que surgen como complicación principal de la infección. En 2020 se han ido construyendo grandes bases de datos con imágenes de pulmones de pacientes afectados por COVID-19, pero todavía no se han identificado técnicas eficaces para su clasificación. Esto se debe, en parte, a la dificultad de construir un núcleo inicial de datos clasificados que puedan usarse para el entrenamiento de métodos de aprendizaje supervisado. El objetivo de este trabajo es atacar este problema con una técnica de aprendizaje no supervisado basada en la scattering transform, con técnicas analíticas y numéricas en Matlab. La scattering transform es una herramienta reciente de análisis multiescala, con estructura de deep convolutional network. Esta transformada ha demostrado ser eficaz en la clasificación de texturas, que proporcionan un biomarcador para la clasificación de neumonías.

Requisitos: Análisis Funcional, Estadística, Álgebra Lineal, Cálculo Numérico.

Bibliografía/referencias:

A. Depeursinge et al. Three-dimensional texture analysis and retrieval in biomedical imaging: review and opportunities. *Medical Image Analysis* 18 (2014) pp. 176-196.

S. Mallat. Group Invariant Scattering. *Communications in Pure and Applied Mathematics* 65 (2012) pp. 1331-1398.

HM Hospitales. *Covid Data Save Lives Dataset*. 2020.

F. Shi et al. Review of Artificial Intelligence Techniques in Imaging Data Acquisition, Segmentation and Diagnosis for COVID-19. *IEEE Rev. in Biomed. Eng.* 2020.

L. Sifre, S. Mallat. Rotation, Scaling and Deformation Invariant Scattering for Texture Discrimination. *IEEE CVPR* (2013) 1233-1240.

2.- TÍTULO: **Subvariedades reales en espacios complejos y el grupo de Heisenberg**

Resumen/contenido:

Los campos vectoriales complejos tangentes a una subvariedad de \mathbf{C}^n definida por ecuaciones reales permiten definir una condición de regularidad compleja, por restricción a la variedad de las condiciones de Cauchy-Riemann del espacio ambiente. Esta condición generaliza la holomorfía, y las funciones que las satisfacen se llaman funciones CR. El objetivo de este trabajo es el estudio de las características básicas de las funciones CR y de un ejemplo concreto de variedad, cuyo grupo de automorfismos es conocido como grupo de Heisenberg. En este caso, se podrá observar una relación entre funciones CR y el principio de incertidumbre.

Requisitos: Variable Compleja, Geometría Diferencial, Análisis Funcional.

Bibliografía/referencias:

M. S. Baouendi, P. Ebenfelt, L. P. Rothschild. *Real submanifolds in complex space and their mappings*. Princeton University Press, 1999.

E. M. Stein. *Harmonic analysis. Real variable methods, orthogonality, and oscillatory integrals*. Princeton University Press, 1993.

3.- TÍTULO: **Cuantización geométrica y equivalencia de Morita**

Resumen/contenido:

La geometrización de la dinámica clásica de los sistemas físicos se conoce como mecánica hamiltoniana. Esta descripción permite incluir de forma elegante y eficaz la presencia de simetrías sobre el espacio de los estados accesibles por el sistema. Un sistema físico que posee un número suficiente de simetrías se denomina sistema integrable, porque puede ser reducido a una colección de sistemas unidimensionales, y su evolución se puede resolver por integración de ecuaciones ordinarias. Cuando esto no es posible, el comportamiento es caótico. Los sistemas que tienen el mismo tipo de reducibilidad se pueden caracterizar en términos de la llamada equivalencia de Morita. La idea de reducción por simetrías se puede trasladar a sistemas cuánticos. Desde un punto de vista formal, la descripción cuántica de un sistema físico es una extensión de la mecánica hamiltoniana que reemplaza las funciones del espacio de los estados clásicos, que representan las posibles mediciones físicas, con operadores sobre un espacio de Hilbert. La diferencia más importante entre la geometría de la descripción clásica y la de la descripción cuántica es la no conmutatividad de los operadores, que refleja la importancia en el mundo cuántico del orden en el que se realizan las operaciones de medición. En este contexto, la estructura matemática de la equivalencia de Morita se expresa en términos de una equivalencia de módulos sobre espacios de operadores. El procedimiento de reducción de la dinámica cuántica bajo simetrías se puede formalizar en términos de una generalización del procedimiento de inducción para representaciones de grupos. El objetivo de este trabajo es estudiar la estructura de esta teoría y las demostraciones de algunos resultados relevantes.

Requisitos: Geometría Diferencial, Análisis Funcional, Modelización.

Bibliografía/referencias:

S. Gutt, J. Rawnsley, D. Sternheimer (eds.). Poisson geometry, deformation quantisation and group representations. Cambridge University Press, 2005.

N. P. Landsman. Mathematical topics between classical and quantum mechanics. Springer, 1998.

4.- TÍTULO: **Construcción de un jugador artificial con reinforcement learning**

Resumen/contenido:

El reinforcement learning es un conjunto de técnicas inspiradas por los experimentos de aprendizaje por condicionamiento, introducidos en el s. XIX por Pavlov. Sus bases matemáticas se fundan en el problema de control de sistemas dinámicos estocásticos modelizados por cadenas de Markov. En los últimos años hemos podido asistir a éxitos relevantes de estos métodos de aprendizaje, como la construcción de un jugador capaz de ganar a los humanos en el juego del go. El objetivo de este TFG es el estudio de los aspectos formales del reinforcement learning, y la programación, en Matlab o en Python, de un sistema capaz, jugando consigo mismo, de aprender a jugar a un juego que se decidirá.

Requisitos: Modelización, Estadística, Álgebra Lineal, Cálculo Numérico.

Bibliografía/referencias:

The Deep Mind Group. A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. Science 362, 1140-1144, 2018.

M. van der Ree, M. Wiering. Reinforcement Learning in the Game of Othello: Learning Against a Fixed Opponent and Learning from Self-Play. IEEE ADPRL, 2013.

R. S. Sutton, A. G. Barto. Reinforcement Learning. MIT Press, Second Edition, 2018.

5.- TÍTULO: **Modelos matemáticos de la cóclea**

Resumen/contenido:

La cóclea es un componente del oído capaz de analizar las variaciones en el tiempo de las frecuencias de vibración del aire. Su comportamiento se puede describir como una combinación entre una aplicación lineal, que transforma la oscilación temporal en una función de tiempo y frecuencia, y ciertas clases de aplicaciones no lineales. En años recientes, se han ido desarrollando técnicas no lineales para el análisis de las señales, inspiradas en el oído humano, como el “synchrosqueezing”. El objetivo de este TFG es el estudio de los modelos matemáticos de la cóclea en relación con sus propiedades de análisis de las señales audio.

Requisitos: Análisis Funcional, Modelización.

Bibliografía/referencias:

F. Auger, P. Flandrin et al. A Coherent Overview of Time-Frequency Reassignment and Synchrosqueezing. *IEEE Signal Processing Magazine* 30 (2013), pp. 32-41.

I. Daubechies, J. Lu, H-T. Wu. Synchrosqueezed wavelet transforms. *Appl. Comput. Harmon. Anal.* 30 (2011), pp. 243-261.

I. Daubechies, S. Maes. A nonlinear squeezing of the continuous wavelet transform based on auditory nerve models. *Wavelets in Medicine and Biology* (1996), 527-546.

H. M. Reimann. Signal processing in the cochlea: the structure equations. *Journal of Mathematical Neuroscience* (2011) 1:5.

6. - TÍTULO: **Redes neuronales recurrentes y aplicaciones**

Resumen/contenido:

El objetivo de este trabajo es el estudio de las arquitecturas recurrentes en redes neuronales, y de sus aplicaciones al problema de la predicción en series temporales y/o al problema del reconocimiento en señales audio. Se desarrollarán aplicaciones numéricas en la plataforma de Google Colab, usando Tensorflow.

Requisitos: Modelización, Estadística, Ecuaciones Diferenciales, Cálculo Numérico.

Bibliografía/referencias:

N. Boulanger-Lewandowski, Y. Bengio, P. Vincent. Audio chord recognition with recurrent neural networks. *ISMIR* (2013).

Google Research. Recurrent Neural Networks. www.tensorflow.org/guide/keras/rnn

H. Hewamalage, C. Bergmeir, K. Bandara. Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting: Current Status and Future Directions. arxiv.org/pdf/1909.00590.pdf

S. Hochreiter, J. Schmidhuber. Long short-term memory. *Neural Computation* 9 (1997), pp. 1735-1780.

T.J. Hsieh, H.F. Hsiao, W.C. Yeh. Forecasting stock markets using wavelet transforms and recurrent neural networks *Appl. Soft Comput.* 11 (2011), pp. 2510-2525.

R. Pascanu, T. Mikolov, Y. Bengio. On the difficulty of training recurrent neural networks. *Proc. Int. Conf. Mach. Learn.* (2013), pp. 1310-1318.

A. Sherstinsky. Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) Network. *Physica D* 404 (2020), Article 132306.

D. Wang, J. Chen. Supervised Speech Separation Based on Deep Learning: An Overview. *IEEE/ACM Trans. Audio, Speech, and Language Processing* 26 (2018), pp. 1702-1726.