Universidad de Navarra

Analytics for Management

Guía docente 2025-26

PRESENTATION

La computación cuántica ha avanzado rápidamente tanto en la teoría como en la práctica en los últimos años, y con ella la esperanza del impacto potencial en aplicaciones reales. Un área clave de interés, y en dónde la computación cuántica está resultando más eficiente es en el campo del “Machine Learning”, y su aplicación en problemas reales proactivos, predictivos y prescriptivos. Las computadoras cuánticas son capaces de resolver naturalmente ciertos problemas con correlaciones complejas entre entradas que pueden ser increíblemente difíciles para las computadoras tradicionales o “clásicas”.

Esto sugiere que los modelos de aprendizaje desarrollados en computadoras cuánticas son mucho más potentes para aplicaciones en las que la búsqueda de una solución óptima, tanto a nivel de la mejor selección de los hiperparámetros en los algoritmos de aprendizaje automática, como en los casos de optimización de escenarios, dado que permiten una computación mucho más rápida, mejor generalización con menos datos, o ambas cosas.

En este curso se analizará en qué situaciones se podría lograr tal "ventaja cuántica", en el contexto de la analítica avanzada y la inteligencia artificial. El objetivo de este curso es mostrar qué beneficios pueden proporcionar las tecnologías cuánticas actuales y futuras al aprendizaje automático, centrándose en algoritmos que son un desafío para las computadoras digitales clásicas, como los modelos basados en kernel, la optimización, y las redes convolucionales.

- **Degree**: Economics and Business, Diploma in Data Analytics.
- **Module and Area**: 7.2. Elective courses.
- **ECTS**: 6
- **Year and semester**: 3rd year, 2nd semester.
- **Course type**: Elective.
- **Professor**: Aitor Moreno Fernández de Leceta
- **Language**: Castellano
- **Room and class schedule**: Se indicarán en breve.

LEARNING OUTCOMES (Competencies)

- SSOP1. Accessing and managing massive data.
- SSOP2. Understanding programming languages potentially used to solve economic and/or business problems.
- SSOP3. Working with visual elements that provide insights and an understanding of complex concepts and components of economic and/or business problems.
- SSOP4. Identify patterns and trends and gather useful information from massive data in economics and/or business.
- SSOP5. Effective communication of results to a professional audience in economics and/or business.

PROGRAM

1.1. Algoritmos de Machine Learning Clásicos.

1.1.1 Modelos Descriptivos, Predictivos, Proactivos y Prescriptivos. Casos de uso y CRISP-DM.

1.1.1 Modelos Supervisados y No Supervisados.

1.1.2 Reducción de Características, PCA, Matriz de Covarianza, SVM, Redes neuronales.

1.1.2 La optimización en ML: el descenso del Gradiente.

1.2. Algoritmos de Deep Learning Clásicos.

1.2.1 Redes de Boltzmann. La revolución en Machine Learning.

1.2.1 Modelos de Deep Learning. CNN, LSTM, GANs.

1.2.2 Modelos Encoder-Decoder.

1.2.2 Modelos de Análisis de Señales. Análisis de Fourier.

1.3. Clasificadores Cuánticos.

1.3.1 Pasos a la hora de generar un clasificador cuántico.

1.3.1 Codificación de los datos en estados cuánticos por amplitud.

1.3.2 Codificación de los datos en estados cuánticos por fase/ángulo.

1.3.3 Codificación de alto nivel.

1.4. Algoritmos de Optimización.

1.4.1 Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA)

1.4.2 Variational Quantum Eigensolvers (VQE)

1.4.3 Quadratic Unconstrained Binary Optimization (QUBO)

1.5. Ejemplos de Algoritmos de Optimización.

1.5.1 PCA con circuitos cuánticos.

1.5.2 Optimización de paquetes de valores bursátiles.

1.5.3 Optimización de rutas logísticas.

1.6. Quantum Kernels Machine Learning.

1.6.1 Variational quantum classifiers. QKA.

1.6.1 Quantum Kernel Machine Learning.

1.6.1 Clasificación basada en Quantum Kernel.

1.6.2 Clustering basados en Quantum Kernel.

1.7. Quantum Neural Networks.

1.7.1 Redes Neuronales Clásicas y el perceptrón.

1.7.2 Redes Neuronales Cuánticas y el perceptrón.

1.7.3 Redes Neuronales Convolucionales Cuánticas.

1.8. Algoritmos Avanzados de DL.

1.8.1 Quantum Boltzmann Machines.

1.8.2 General Adversarial Networks.

1.8.3 Quantum Fourier transformation, quantum phase estimation and quantum matrix

1.9. Ejercicio de ML Cuánticos.

1.9.1 Experimentando con VQC (Variational Quantum Classifier).

1.9.2 Experimentando con Quantum Neural Networks.

1.9.3 Experimentando con qGANS.

1.10.Computación cuántica y la Inteligencia Artificial.

1.10.1 La capacidad cuántica en Modelos de ML.

1.10.2 Quantum Knowledge graphs.

1.10.3 Redes Spiking.

EDUCATIONAL ACTIVITIES

This is a 6 ECTS course, which amounts to 150 hours of work. This is the time distribution of work, by educational activity:

- **Lectures.** 56 hours. There will be four 45-minute sessions per week. Attendance is mandatory. **The use of electronic devices during lectures is strictly forbidden. This includes the use of laptops and tablets to take notes during lectures. Notes must be taken using paper and pen.**
- **Exams.** 4 hours. Students will take a midterm and a final exam, 2 hours each. **The use of electronic devices of any kind during exams is strictly forbidden. This includes the use of smartphones, smartwatches, and calculators. You must make sure that absolutely no electronic device is within your reach while you take any exam.**
- **Project.** 45 hours. Students will work on a project that will be presented at the end of the quarter. This could be an individual or a group project, with a clear application to a specific business problem, applying concepts discussed in class.
- **Personal study.** 45 hours. This includes solving exercises in problem sets, reading required materials in advance, and reviewing materials discussed in class.

STUDENT EVALUATION

La evaluación de las competencias de la asignatura se realizará mediante la entrega de trabajos propuestos y/o prácticas y la realización de una prueba de conocimientos para cada

uno de los módulos de la asignatura. Finalmente, el alumno deberá realizar una propuesta de proyecto de investigación en el área de una o varias de las tecnologías emergentes cubiertas en la asignatura.

- Trabajos propuestos (40 %)
- Pruebas de conocimiento (30 %)
- Propuesta de proyecto de investigación (10 %)
- Asistencia (20%)

OFFICE HOURS

Aitor Moreno Fdz. de Leceta: morenoait@gmail.com, https://www.linkedin.com/in/aitor-moreno-fdz-de-leceta-34bb3914?originalSubdomain=es

REFERENCES