Universidad de Navarra

Teoría de la Información y la Codificación

Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción

En la era de los datos, comprender cómo se representa, transmite y transforma la información se ha convertido en una competencia fundamental para cualquier profesional de la inteligencia artificial. Esta asignatura propone un viaje desde los cimientos teóricos que sustentan el concepto mismo de “información” hasta las fronteras emergentes de la computación cuántica, donde las reglas clásicas empiezan a difuminarse.

A partir de las ideas iniciales de Claude Shannon, se estudiará cómo cuantificar la información y la incertidumbre mediante conceptos como la entropía, que establece los límites teóricos de la compresión. Sobre esta base, se explorarán métodos de codificación diseñados para representar datos de forma más eficiente, desde esquemas sin pérdida hasta técnicas que permiten aproximaciones controladas. Estas herramientas son clave en ámbitos como el aprendizaje automático, el almacenamiento masivo o la transmisión eficiente de grandes volúmenes de datos.

Además, se introducirá de forma accesible el paradigma de la computación cuántica, que ofrece nuevas formas de representar y manipular la información, ampliando las nociones clásicas.

Titulación (Módulo / Materia)

- Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación (Bloque especializado de sistemas de telecomunicación / Teoría de la señal)
- Ingeniería en Inteligencia Artificial (Inteligencia artificial / Ciencia de datos)

Detalles

- **ECTS:** 6 ECTS
- **Curso, semestre:** 3er curso, 2º semestre
- **Carácter:** Obligatorio
- **Idioma:** Castellano

Profesores de la asignatura

- Gutiérrez Gutiérrez, Jesús / Catedrático
- Insausti Sarasola, Xabier / Profesor titular

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

R25 - Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

R44 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

R45 - Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

Universidad de Navarra

INGENIERÍA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

R16 - Describir los fundamentos básicos de la computación cuántica.

R37 - Describir los fundamentos de la teoría de la información y el procesado de señal.

PROGRAMA

Tema 1. Ampliación de teoría de la probabilidad

- Espacio muestral
- Probabilidad de un evento
- Familia de subconjuntos medibles
- Asignación de probabilidades a subconjuntos
- Variables aleatorias y vectores aleatorios. Funciones de distribución
- Convergencia en probabilidad. Ley débil de los grandes números

Tema 2. Entropía, información mutua y tipicalidad

- Entropía de una variable aleatoria discreta
- Entropía relativa e información mutua
- Propiedades de las medidas de la información
- Desigualdad de procesado de datos
- Desigualdad de Fano
- Secuencias típicas

Tema 3. Codificación de canal

- Teorema de codificación de canales discretos sin memoria
- Capacidad de algunos canales prácticos
- Introducción a los códigos binarios de codificación de canal

Tema 4. Compresión de datos sin pérdida de información

- Teorema de codificación de fuentes discretas sin memoria
- Códigos de longitud finita
- Codificación de fuentes discretas con memoria. Cadenas de Markov

Tema 5. Entropía diferencial

- Entropía diferencial de una variable aleatoria continua
- Entropía diferencial de un vector aleatorio. Vectores gaussianos
- Estimación lineal
- Predicción lineal. Procesos autorregresivos
- Tasa de entropía diferencial de un proceso aleatorio. Procesos autorregresivos gaussianos

Tema 6. Compresión de datos con pérdida de información. Rate distortion theory

- Rate distortion function de un vector aleatorio. Vectores gaussianos
- Procesos estacionarios. Método de Levinson-Durbin
- Rate distortion function de un proceso aleatorio. Procesos autorregresivos gaussianos
- Codificación de fuentes autorregresivas gaussianas. Transform coding. Linear predictive coding

Tema 7. Introducción a la computación cuántica

- Postulados de la mecánica cuántica

Universidad de Navarra

- El qubit
- Sistemas cuánticos de N qubits
- Entrelazamiento cuántico
- Puertas cuánticas
- Mediciones

Tema 8. Teoría de la información cuántica

- Matrices de densidad
- Entropía cuántica
- Información mutua cuántica
- Canales cuánticos

Chapter 1. Extension of probability theory

- Sample space
- Probability of an event
- Family of measurable subsets
- Assignment of probabilities to subsets
- Random variables and random vectors. Distribution functions
- Convergence in probability. Weak law of large numbers

Chapter 2. Entropy, mutual information and typicality

- Entropy of a discrete random variable
- Relative entropy and mutual information
- Properties of information measures
- Data processing inequality
- Fano's inequality
- Typical sequences

Chapter 3. Channel coding

- Discrete memoryless channel coding theorem
- Capacity of some practical channels
- Introduction to channel coding binary codes

Chapter 4. Lossless data compression

- Discrete memoryless source coding theorem
- Finite length codes
- Coding of discrete sources with memory. Markov chains

Chapter 5. Differential entropy

- Differential entropy of a continuous random variable
- Differential entropy of a random vector. Gaussian vectors
- Linear estimation
- Linear prediction. Autoregressive processes
- Differential entropy rate of a random process. Gaussian autoregressive processes

Chapter 6. Lossy data compresion. Rate distortion theory

- Rate distortion function of a random vector. Gaussian vectors
- Stationary processes. Levinson-Durbin method
- Rate distortion function of a random process. Gaussian autoregressive processes
- Coding of Gaussian autoregressive sources. Transform coding. Linear predictive coding

Chapter 7. Introduction to quantum computing

- Postulates of quantum mechanics
- The qubit
- Quantum systems of N qubits
- Quantum entanglement
- Quantum gates
- Measurements

Chapter 8. Quantum information theory

- Density matrices
- Quantum entropy
- Quantum mutual information
- Quantum channels

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Sesiones de teoría

Serán la columna vertebral de la asignatura y las que ocuparán las horas lectivas de la asignatura.

Problemas propuestos para el estudiante

Se propondrá una lista de problemas por cada tema para que el estudiante los resuelva en horario no lectivo. Se recomienda encarecidamente trabajar personalmente en los problemas propuestos, ya que su correcta comprensión es la mejor garantía de superar la asignatura con éxito.

Prácticas de laboratorio

Se realizarán prácticas de laboratorio para que el estudiante adquiera la capacidad de aplicar los conceptos teóricos en situaciones prácticas. El estudiante deberá presentar los resultados obtenidos.

EVALUACIÓN

Convocatoria ordinaria

- Evaluaciones parciales y finales: 70%
- Prácticas de laboratorio: 30%

Convocatoria extraordinaria

- Evaluaciones parciales y finales: 70%
- Prácticas de laboratorio: 30%

HORARIOS DE ATENCIÓN

Los profesores estarán disponibles para resolver dudas, previa petición de cita por correo electrónico.

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Universidad de Navarra

Bibliografía básica

- T. M. Cover y J. A. Thomas, *Elements of information theory*, 2ª edición, John Wiley & Sons, 2006. Localízalo en la biblioteca (online)
- A. Papoulis y S. U. Pillai, *Probability, random variables and stochastic processes*, 4ª edición, McGraw Hill, 2002. Localízalo en la biblioteca
- M. A. Nielsen e I. L. Chuang, *Quantum computation and quantum information*, 2ª edición, Cambridge University Press, 2010. Localízalo en la biblioteca