

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

| | | | |
|--|--|----------------------|----------|
| Asignatura | Aprendizaje Automático Avanzado (AAA) | | |
| Materia | ANÁLISIS DE DATOS Y BIG DATA | | |
| Módulo | ESPECIALIZACIÓN: INGENIERÍA BIOMÉDICA (IB) | | |
| Titulación | MÁSTER UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES | | |
| Plan | 624 | Código | 54620 |
| Periodo de impartición | 1º cuatrimestre | Tipo/Carácter | optativa |
| Nivel/Ciclo | MÁTER | Curso | 1º |
| Créditos ECTS | 5 | | |
| Lengua en que se imparte | CASTELLANO | | |
| Profesor/es responsable/s | JUAN IGNACIO ARRIBAS SANCHEZ (1) LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA (2) | | |
| Datos de contacto (E-mail, teléfono...) | (1): despacho 2D016, jarribas@tel.uva.es, 983-423000, ext. 5546 (2): despacho 2D013, lsanjose@tel.uva.es, 983-423000, ext. 5543 | | |
| Departamento | TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA | | |



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

El tratamiento de señales, cualquiera que sea su dimensión, tiene como objetivo llevar a cabo operaciones sobre ellas que permitan extraer la información que conllevan. La información, sin embargo, se encuentra enmascarada en un conjunto de perturbaciones que podemos calificar como ruido, cuya naturaleza es estocástica. Así pues, en esta asignatura se plantearán diversas metodologías que tienen el fin de estimar parámetros de señales (o las propias señales) a partir de las observaciones ruidosas. Esta estimación puede hacerse mediante una resolución analítica del problema planteado —lo cual será el objetivo de la primera parte de la asignatura— si existe información y capacidad de cómputo suficientes o, por otra parte, puede ser obtenida mediante algoritmos basados en computación natural, de los cuales estudiaremos en esta asignatura los conocidos como algoritmos genéticos y algoritmos meméticos. Al mismo tiempo, se abordará el problema de la extracción de información relevante de los datos de entrada así como la selección de las características más discriminantes para su utilización a la entrada de una máquina de aprendizaje automático que permita ya sea clasificar o estimar variables a la salida mediante regresión.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura optativa proporciona una base general para la resolución de problemas en los que se requiera la estimación de cierta componente de una señal dada, o bien la caracterización o extracción de determinados parámetros de la misma. Estas técnicas de estimación y extracción de características serán de utilidad en otras asignaturas del máster, en general, y del módulo IB, en particular. Es pues una asignatura de carácter transversal, con múltiples aplicaciones en otras asignaturas del máster y, en concreto, el resto de asignaturas del itinerario IB.

1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí se recomienda que el alumno disponga de conocimientos básicos de probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos, así como de procesamiento lineal, cálculo infinitesimal y álgebra lineal.



2. Competencias

2.1 Generales

- Capacidad para iniciarse en actividades de investigación en el campo del procesado de señal. [CE-TS 1]
- Capacidad de comprensión de las bases teóricas en las que se apoyan los conceptos propios de esta materia. [CE-TS 2]
- Capacidad de relacionar los diferentes conceptos, así como llevar a cabo un análisis crítico de los métodos desarrollados hasta llegar a comprender el estado del arte. [CE-TS 3]
- Capacidad de análisis y síntesis de las técnicas propias de procesado de señal, así como su aplicación a la resolución de problemas prácticos. [CE-TS 4]
- Capacidad de llevar a cabo simulaciones y experimentos mediante el uso de ordenadores y herramientas informáticas que permitan validar desde un punto de vista práctico los conceptos de esta materia y su aplicación en problemas. [CE-TS 5]
- Capacidad de utilizar procedimientos eficaces de búsqueda de información científica relacionada, tanto en fuentes de información primarias como secundarias, incluyendo el uso de recursos informáticos. [CE- TS 6]
- Capacidad para exponer un trabajo desarrollado por el alumno en un tema relacionado con esta materia. [CE-TS 7]
- Capacidad para defender y argumentar las decisiones tomadas en los métodos y algoritmos usados en procesado de señal. [CE-TS 8]
- Capacidad crítica hacia el conocimiento actual como medio imprescindible para la detección de nuevos retos a resolver y por eso evaluar crítica y constructivamente resultados de investigación de otros. [CG 1]
- Capacidad de analizar y aplicar los conocimientos técnicos específicos de su área en nuevos entornos y contextos, teniendo en cuenta los parámetros y variables más significativas de cada nueva situación. [CG 5]
- Capacidad de comunicar los resultados de investigación mediante artefactos escritos, propios de divulgación del conocimiento en el sistema de investigación regido por el sistema de revisión entre pares, o en otros términos, escribir artículos técnicos correctos tanto en el fondo como en la forma. [CG 8]
- Capacidad de emplear las técnicas y medios más adecuados para la comunicación oral en diversos foros de la comunidad académica, científica o empresarial, así como para su divulgación en general en la sociedad, o en otros términos, preparar y realizar presentaciones orales correctas ante audiencias expertas y en contextos divulgativos. [CG 9]
- Capacidad de conocer y emplear técnicas y herramientas relacionadas con el modelado, simulación, experimentación y validación de las propuestas técnicas, así como evaluarlas mediante unos parámetros de bondad establecidos. [CG 10]
- Capacidad de desarrollar la capacidad de aprendizaje y trabajo en grupo tanto en entornos conocidos y restringidos, así como en consorcios internacionales en los que intervienen factores culturales. [CG 11]

2.2 Específicas

- Capacidad para describir e identificar aplicaciones, estrategias y casos de uso basados en análisis de datos y Big Data en distintos sectores de actividad, así como para explicar las ventajas, los peligros, los desafíos y las barreras de adopción, incluyendo las implicaciones éticas y legales. [CE-AD 7]



- Capacidad para comprender las técnicas y teorías clave sobre visualización de datos y utilizar al menos una herramienta de visualización de datos para generar visualizaciones eficientes. [CE-AD 9]
- Capacidad para iniciarse en actividades de investigación de la Ingeniería Biomédica. [CE-IB 1]
- Capacidad para adquirir el conocimiento sobre el estado y las necesidades de la Ingeniería Biomédica [CE-IB 2]
- Capacidad de gestionar bibliografía, documentación, legislación, bases de datos y software específicos de la ingeniería biomédica. [CE-IB 3]
- Capacidad para realizar experimentos relacionados con la ingeniería biomédica en la resolución de proyectos de investigación. [CE-IB 4]
- Capacidad para aplicar técnicas de procesamiento de señales biomédicas e imágenes médicas. [CE-IB 5]

3. Objetivos

- Conocer y manejar los métodos básicos de estimación de parámetros y variables aleatorias a partir de datos ruidosos.
- Resolver analíticamente problemas en los ámbitos de estimación y optimización.
- Diseñar y realizar experimentos mediante ordenador en los ámbitos de estimación, extracción y selección de características.
- Comunicar resultados de investigación en los ámbitos de estimación, extracción y selección de características mediante la exposición de un trabajo desarrollado por el alumno.
- Buscar fuentes bibliográficas de relevancia en los ámbitos de estimación y extracción de características.
- Entender los periodos históricos de la evolución tanto de las redes neuronales artificiales como de los algoritmos evolutivos de estimación, hasta el momento actual.
- Aprender los conceptos y herramientas básicas para el diseño y ejecución de redes neuronales basadas en Deep Learning.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.
- Describir y aplicar mecanismos para seleccionar características en problemas de aprendizaje automático.
- Describir y aplicar mecanismos para reducir la dimensionalidad en problemas de aprendizaje automático.
- Conocer los parámetros para la evaluación de las prestaciones de una máquina de aprendizaje automático.
- Describir las características de los algoritmos genéticos y utilizarlos en la resolución de problemas de optimización.
- Comprender distintos métodos de estimación, extracción y selección de características y su aplicación
- Describir los conceptos fundamentales asociados al área de Big Data
- Describir e identificar aplicaciones, estrategias y casos de uso de Big Data.
- Describir las principales tecnologías y herramientas asociadas a Big Data, y realizar un uso básico de una selección de las mismas.
- Comprender las técnicas y teorías clave sobre visualización de datos y utilizar al menos una herramienta de visualización de datos para generar visualizaciones eficientes.
- Identificar los bloques funcionales de un sistema de adquisición de datos.
- Valorar las ventajas e inconvenientes de distintos sistemas de adquisición.
- Conocer el hardware de los sistemas inteligentes y los asociados al Internet de las cosas (IoT).
- Estimar el consumo de energía de un sistema y diseñar sistemas fotovoltaicos para el suministro de energía.
- Comprender el compromiso entre resolución y frecuencia en todos los sistemas de adquisición.
- Analizar las fuentes de ruido y las medidas que se pueden adoptar para limitar su efecto.
- Analizar sistemas específicos de instrumentación.



4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Estimación

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.5

a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el primero de los tres en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos básicos de estimación, tanto de parámetros determinísticos desconocidos como de variables aleatorias.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Resolver analíticamente problemas de estimación.
- Simular e implementar algoritmos de estimación.
- Saber realizar un análisis crítico y comparativo de los resultados obtenidos mediante distintas técnicas de procesamiento de señal en los diversos campos de aplicación.
- Saber presentar y defender un trabajo de investigación en estimación de parámetros y/o señales.

c. Contenidos

TEMA 1: Introducción a la Teoría de la Estimación

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Revisión de fundamentos de probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos
- 1.3. Concepto de estimación y medida de prestaciones
- 1.4. Estimador insesgado de mínima varianza (MVUE)

TEMA 2: Obtención del MVUE (*Minimum Variance Unbiased Estimator*)

- 2.1. Objetivos
- 2.2. Cota de Cramer-Rao
- 2.3. Modelo lineal de datos
- 2.4. Estadístico suficiente
- 2.5. BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*)

TEMA 3: Estimadores

- 3.1. Estimador de máxima verosimilitud: definición y propiedades; inicialización, método de los momentos
- 3.2. Estimador de mínimos cuadrados: definición e interpretación geométrica; mínimos cuadrados recursivos (orden creciente) frente a secuenciales.
- 3.3. Estimación Bayesiana: definición, funciones de riesgo y estimadores resultantes
- 3.4. Estimación lineal de mínimo error cuadrático medio; Filtro de Wiener
- 3.5. Filtro de Kalman

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas en grupo
- Simulación de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos.



e. Plan de trabajo

Véase Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Entrega de problemas solicitados (20%)
- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (40%)
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (40%)

La exposición de trabajos será de asistencia obligatoria.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing. Estimation Theory*, Prentice-Hall Int. Ed., 1st Ed., 1993.

g.2 Bibliografía complementaria

- Papoulis A., *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, Mc-Graw Hill 3rd Ed., NY, USA, 1991.
- Peebles P., *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, Mc-Graw Hill 4th Ed., NY, USA, 2001.
- Starks H., Woods J. W., *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, Mc-Graw Hill 2nd Ed., NY, USA, 1994.
- B. W. Lindgren *Statistical Theory*, Collier-Macmillan Int. Ed., 4th Ed., 1976.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, Springer-Verlag, 2nd Ed., 1994.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall Int. Ed., 1st Ed., 1996.

g.3 Otros recursos telemáticos

Si la coyuntura lo hiciera necesario, se pasaría de docencia presencial a on-line, según lo especificado en la Adenda.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle u otro soporte web
- Laboratorio de PCs
- Documentación de apoyo.

i. Temporalización

| CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|------------|--------------------------------|
| 0.5 | Semanas 1 a 2 del cuatrimestre |



Bloque 2: Extracción y selección de características: evaluación prestaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.0

a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el segundo de los tres en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos básicos de extracción y selección de características de una señal o conjunto de señales. Se completa con el estudio de varias aplicaciones en problemas de ingeniería.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Resolver analíticamente problemas de extracción de características.
- Simular e implementación de algoritmos de extracción de características.
- Resolver ya sea analítica o numéricamente problemas de selección de características por varias técnicas
- Conocer los parámetros para la evaluación de las prestaciones de un máquina de aprendizaje automático.
- Saber realizar un análisis crítico y comparativo de los resultados obtenidos mediante las distintas técnicas estudiadas.
- Saber presentar y defender un trabajo de investigación en procesado de señal.

c. Contenidos

TEMA 4: Extracción de características

- 4.1 Tipos de característica
- 4.2 4.2 Características invariantes

TEMA 5: Reducción de la dimensionalidad y selección de características discriminantes

- 5.1 El problema del sobre-aprendizaje. Tamaño de maquina óptima: capacidad de generalización sobre conjunto tes
- 5.2 Análisis por componentes principales (PCA)
- 5.3 Análisis por componentes independientes (ICA)
- 5.4 Descomposición por valores singulares (SVD)
- 5.5 Cociente dispersión intra/inter clase: criterio clásico de selección por discriminación lineal de Fisher (J_s)
- 5.6 Entropía e información mutua: selección de características por Información Mutua (MIFS) y relevancia simétrica de doble entrada (DISR)

TEMA 6: Evaluación prestaciones maquina aprendizaje automático

- 6.1 Definición de fracciones TP, TN, FP y FN
- 6.2 Precisión, sensibilidad y especificidad
- 6.3 Plano {sensibilidad, 1-especificidad}: curvas ROC, pROC, fROC
- 6.4 Área bajo la curva ROC (AUC)
- 6.5 Tasa de clasificación correcta (CCR) y matrices de confusión
- 6.6 Prestaciones en regresión: correlación salida estimada vs. salida deseada, curvas de ajuste y dispersión, boxplot

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Simulación de supuestos de extracción y selección de características.



e. Plan de trabajo

Véase Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba práctica de simulación (20%)
- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (50%)
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (30%)

La exposición de trabajos será de asistencia obligatoria.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- S. Haykin, *Neural networks and learning machines*, Prentice Hall.
- R. Duda, P. Hart, D. Stork, *Pattern Classification*, 2ª edición, John Wiley and Sons.

g.2 Bibliografía complementaria

- A. Cichocki, R. Unbenhauen, *Neural Networks for optimization and signal processing*, John Wiley and Sons.
- V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall Signal Processing Series.
Artículos publicados en revistas periódicas en el ámbito de conocimiento

g.3 Otros recursos telemáticos

Si la coyuntura lo hiciera necesario, se pasaría de docencia presencial a on-line, según lo especificado en la Adenda.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle u otro soporte web
- Laboratorio de PCs
- Documentación de apoyo

i. Temporalización

| CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|------------|---------------------------------|
| 2.7 | Semanas 2 a 10 del cuatrimestre |



Bloque 3: Introducción a los métodos de optimización evolutivos

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.5

a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el tercero de los tres en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos básicos de estimación de señales y parámetros empleando técnicas basadas en computación natural, concretamente, en computación evolutiva. Se estudiarán los fundamentos teóricos y la estructura y parámetros fundamentales de los algoritmos genéticos, así como una introducción a los métodos meméticos. Se completa con el estudio de varias aplicaciones en problemas prácticos de ingeniería.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer en qué situaciones resulta de utilidad la estimación mediante un algoritmo genético/memético.
- Simular e implementación de algoritmos genéticos/meméticos.
- Saber realizar un análisis crítico y comparativo de los resultados obtenidos mediante distintas técnicas de procesado de señal en los diversos campos de aplicación.
- Conocer las ventajas e inconvenientes de los algoritmos de computación evolutiva estudiados y su potencial aplicación en problemas concretos.
- Saber presentar y defender un trabajo de investigación en procesado de señal.

c. Contenidos

TEMA 7: Introducción a los métodos de computación natural evolutivos

- 7.1 Introducción a la Computación Natural y a los Algoritmos Evolutivos.
- 7.2 Inteligencia artificial, *machine learning* y computación evolutiva.
- 7.3 Clasificación de los métodos de computación evolutivos
- 7.4 Métodos grupales o *Swarm*
- 7.5 Campos de aplicación

TEMA 8: Algoritmos genéticos y meméticos

- 8.1. Introducción a los algoritmos genéticos. Algoritmo Genético estándar.
- 8.2. Ejemplos de aplicación
- 8.3. Teoría de los esquemas.
- 8.4. Aplicación práctica en escenario real.
- 8.5. Introducción a los algoritmos meméticos.

TEMA 9: Introducción a los métodos de *Swarm optimization*

- 9.1. El concepto de *swarm optimization*. Particularidades y ventajas.
- 9.2. Algoritmos swarm básicos: PSO, ACO, SFLA
- 9.3. Ejemplos de aplicación

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Simulación de ejemplos de optimización mediante diferentes herramientas software
- Estudio de los principales artículos científicos relacionados con computación evolutiva y algoritmos meméticos



e. Plan de trabajo

Véase en Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (50%)
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen 50%)

La exposición de trabajos será de asistencia obligatoria.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- D. E. Goldberg, *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, 13th. Edition, Addison-Wesley Professional, 1989.
- T. Bäck, *Evolutionary algorithms in theory and practice. Evolution strategies, evolutionary programming, genetic algorithms*, OUP USA, 1996.
- A. Slowik (Ed.), *Swarm Intelligence Algorithms*, CRC Press, 2020.

g.2 Bibliografía complementaria

- E. Eiben, J. E. Smith, *Introduction to Evolutionary Computing* (Natural Computing Series), 2nd. Edition, Springer, 2015.
- K. A. A. De Jong, *Evolutionary Computation: A unified approach*, Bradford Books, 2016.
- S.N. Sivanandam, *Introduction to genetic algorithms*, Springer, 2006.
- O. Kramer, *Genetic Algorithm Essentials*, Springer, 2017.
- T. Bäck, U. Hammel, H.-P. Schwefel, *Evolutionary Computation: Comments on the History and Current State*, IEEE Trans. on Evolutionary Computation, Vol. 1, No. 1, 1997.
- Editors: J. C. Bansal, P. K. Singh, N. R. Pal (Eds.), *Evolutionary and Swarm Intelligence Algorithms*, Springer International Publishing, 2019.
- P. Moscato, C. Cotta, *Una introducción a los algoritmos meméticos*, Inteligencia artificial. Revista iberoamericana de Inteligencia artificial, año/vol 7, número 019.
- C. Cotta, *Una Visión General de los Algoritmos Meméticos*, Dept. Lenguajes y Ciencias de la Computación, ETSI Informática, Universidad de Málaga.
- P. Moscato, C. Cotta, *Memetic Algorithms*, http://www.lcc.uma.es/~ccottap/papers/memetic_HAAM.pdf

g.3 Otros recursos telemáticos

Si la coyuntura lo hiciera necesario, se pasaría de docencia presencial a on-line, según lo especificado en la Adenda.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle u otro soporte web
- Documentación de apoyo.

**i. Temporalización**

| CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|------------|----------------------------------|
| 1.8 | Semanas 10 a 18 del cuatrimestre |

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clases magistrales
- Asignación de problemas
- Clases de resolución de problemas
- Seminarios de formación complementaria
- Tutorías

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾ | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|--|-----------|---------------------------------------|------------|
| Clases teórico-prácticas | 30 | Estudio y trabajo autónomo individual | 50 |
| Laboratorios | 20 | Estudio y trabajo autónomo grupal | 25 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Total presencial | 50 | Total no presencial | 75 |
| TOTAL presencial + no presencial | | | 125 |

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor para otro grupo presente en el aula.



7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente. Se recomienda la evaluación continua ya que implica minimizar los cambios en la agenda.

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL (Bloque 1) | PESO EN LA NOTA FINAL (Bloque 2) | PESO EN LA NOTA FINAL (Bloque 3) |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Entrega de problemas solicitados | 20% | | |
| Prácticas de laboratorio | | 20% | |
| Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo | 40% | 50% | 50% |
| Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen | 40% | 30% | 50% |

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Según lo especificado en tabla anterior.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Se conserva la parte de la nota de laboratorio

8. Consideraciones finales

Cada bloque supondrá el 10%, 54% y 36% de la nota final, respectivamente.