



**Programa de
FUNDAMENTOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO
Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES**

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Fundamentos de aprendizaje automático y reconocimiento de patrones

2. CRÉDITOS

8 créditos

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Este es un curso introductorio al aprendizaje automático, que busca un equilibrio entre la aplicación práctica y sus fundamentos teóricos. Se presenta la teoría que establece un marco conceptual para el aprendizaje automático, y que permite formalizar ciertos aspectos, tales como: en qué consiste aprender, cotas del aprendizaje, relaciones de compromiso, métodos de evaluación. Además, el curso intenta proporcionar los conocimientos necesarios para comprender e implementar algoritmos de aprendizaje automático.

La unidad curricular propone como objetivos que el estudiante sea capaz de desarrollar una sólida comprensión de los fundamentos del aprendizaje automático y manejar varias técnicas clásicas de aprendizaje automático y reconocimiento de patrones. Al finalizar la unidad curricular el estudiante será capaz de comprender e implementar algoritmos de aprendizaje automático, con los cuales podrá resolver problemas prácticos de análisis de datos, clasificación y regresión. Se espera que esta unidad curricular brinde una base sólida sobre la cual continuar la formación en el área.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

El curso está organizado en dos instancias presenciales semanales de dos horas, alternando sesiones de discusión de los temas teóricos y clases prácticas. La presentación expositiva de los temas teóricos será mediante los videos del curso disponibles en OpenFing. Las instancias de discusión presenciales son espacios activos para la reflexión e intercambio sobre los temas ya vistos por el estudiante y discusión de ejemplos, no se presentará material nuevo. Los temas que corresponden a cada clase están definidos en el cronograma. Las secciones del libro o videos que cubren cada clase



están en el temario. Adicionalmente, en cada semana de la página del curso se indica cuáles son los temas que corresponden a dicha semana. El orden y contenido de cada clase así como las fechas de los controles de lectura serán comunicadas en el EVA en la primera clase del curso. Los prácticos y los controles de lectura se realizan en forma presencial. En las clases prácticas los estudiantes desarrollarán habilidades relativas a la programación y aplicarán técnicas de aprendizaje automático sobre datos reales.

En resumen, la dedicación horaria estimada para la aprobación del curso se desglosa de la siguiente manera:

- Horas clase (teórico): 22
- Horas clase (práctico): 24
- Horas clase (laboratorio): 0
- Horas consulta: 4
- Horas evaluación: 10
 - Subtotal horas presenciales: 60
- Horas estudio: 30
- Horas resolución ejercicios/prácticos: 30
 - Total de horas de dedicación del estudiante: 120

5. TEMARIO

1. *Introducción al aprendizaje automático.* Componentes del problema de aprendizaje automático: conjunto de datos, función objetivo, conjunto de hipótesis, algoritmo de aprendizaje, función de costo. Tipos de aprendizaje: supervisado, no supervisado y por refuerzos. Otras perspectivas sobre el aprendizaje automático. Consideraciones éticas.
2. *Teoría del aprendizaje.* Factibilidad del aprendizaje. Desempeño frente a nuevos datos. Medidas de error, funciones de costo. Aprendizaje frente a datos ruidosos. Diferencia entre datos de entrenamiento y datos de prueba en términos matemáticos. Teoría de la generalización. Dimensión de Vapnik-Chevonenkis (VC). Cotas de generalización. Relación con el número de parámetros y los grados de libertad. Compromiso aproximación y generalización. Generalización vista desde el compromiso sesgo y varianza. Curvas de aprendizaje.
3. *Sobreajuste a los datos.* Sobreajuste y ajuste al ruido. Ruido determinístico versus ruido estocástico. Sobreajuste con polinomios. Regularización. Decaimiento de pesos. Elección del regularizador. Vínculo con dimensión VC. Conjunto de validación. Selección de modelos. Validación cruzada.
4. *El modelo lineal.* Clasificación lineal. El algoritmo de aprendizaje del perceptrón. Datos no linealmente separables. El algoritmo pocket. Regresión lineal. Regresión logística. Introducción a la optimización convexa. Descenso por el gradiente. Extendiendo el modelo lineal mediante transformaciones no lineales.



5. *Métodos basados en similitud*. Medidas de similitud. Vecinos más cercanos (k-NN). Funciones de base radial (RBF). Agrupamiento no supervisado con k-Means. Estimación de densidades de probabilidad. Ventanas de Parzen. Modelo de mezcla de Gaussianas (GMM). El algoritmo de máxima verosimilitud (EM).
6. *Modelos no lineales*. Combinación de perceptrones. El perceptrón multicapa (MLP). Redes neuronales (ANN). Función de activación diferenciable. Aproximación universal. Propagación hacia adelante. El algoritmo de propagación hacia atrás. Gradiente descendente estocástico. Máquinas de vectores de soporte (SVM). El hiperplano óptimo. Maximización del margen. Programación cuadrática. Vectores de soporte. Formulación del problema dual. Métodos de kernel. Soft margins SVMs.
7. *Ingeniería de características y pre-procesado de datos*. Estandarización de características: centrado, normalización y blanqueado. Reducción de la dimensionalidad y selección de características. Análisis de componentes principales. Limpieza de datos. Identificación y tratamiento de outliers.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Introducción al aprendizaje automático	(1)	(2)
2. Teoría del aprendizaje	(1)	
3. Sobreajuste a los datos	(1)	(2)
4. El modelo lineal	(1)	(2)
5. Métodos basados en similitud	(1)	(2)
6. Modelos no lineales	(1)	(2)
7. Ingeniería de características y pre-procesado de datos	(1)	(2)

6.1 Básica

1. Yaser S. Abu-Mostafa, Malik Magdon-Ismael, Hsuan-Tien Lin (2012). Learning from data. USA. AMLBook.



6.2 Complementaria

2. Bishop, Christopher M. (2011). Pattern Recognition and Machine Learning. USA. Springer.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos:

Probabilidad y estadística, álgebra lineal, programación, aplicación de transformaciones a señales, análisis de sistemas, procesamiento de señales.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados:



ANEXO A Para todas las Carreras

A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Eléctrica

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana	Temas
Semana 1	<p>Tema 1 <u>Introducción</u>: Componentes del problema de aprendizaje automático. El algoritmo de aprendizaje del perceptrón. Datos linealmente separables. Tipos de aprendizaje. Otras perspectivas sobre el aprendizaje automático. Consideraciones éticas. (2 hs de clase).</p> <p>Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u>: Factibilidad del aprendizaje. Modelo PAC. Cota dada por la desigualdad de Hoeffding. (2 hs de clase).</p>
Semana 2	<p><u>Práctico 1</u> (<i>Algoritmo de aprendizaje del perceptrón. La desigualdad de Hoeffding. Datos no separables, algoritmo pocket.</i>). (2 hs de clase).</p> <p>Tema 4: <u>El modelo lineal</u>: Clasificación lineal. Extracción de características. Datos no linealmente separables. Regresión lineal. Extendiendo el modelo lineal mediante transformaciones no lineales. (2 hs de clase).</p>
Semana 3	<p>Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u>: Incorporar al problema las nociones de error y de ruido. Medidas de error, funciones de costo. Aprendizaje frente a datos ruidosos. Motivación de la teoría del aprendizaje. (2 hs de clase)</p> <p>Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u>: Implicaciones conceptuales y prácticas del contraste entre entrenamiento y prueba. Número efectivo de hipótesis. El concepto de punto de quiebre. (2 hs de clase)</p>
Semana 4	<p><u>Práctico 2</u> (<i>Clasificación lineal con datos reales. Train y test. Extracción de características. Regresión lineal. Error y ruido.</i>). (2 hs de clase).</p> <p>Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u>: Teoría de la generalización. Cota polinómica de la función de crecimiento. La dimensión de Vapnik-Chervonenkis (VC). Interpretación de la dimensión VC y cota de generalización. (2 hs de clase)</p>



Semana	Temas
Semana 5	Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u> : Generalización vista desde el compromiso Sesgo-Varianza. Curvas de aprendizaje. (2 hs de clase) Tema 4 <u>El modelo lineal</u> : Regresión logística. Introducción a la optimización convexa. Gradiente descendente. (2 hs de clase)
Semana 6	<i>Práctico 3 (Teoría de la generalización. Regresión logística. Gradiente descendente. Optimización convexa).</i> (2 hs de clase). Tema 3 <u>Sobreajuste a los datos</u> : Sobreajuste y ajuste al ruido. Ruido determinístico y ruido estocástico. (2 hs de clase)
Semana 7	Tema 3 <u>Sobreajuste a los datos</u> : Regularización. Regularización de orden suave. Decaimiento de pesos. Elección del regularizador. Vínculo con dimensión VC. (2 hs de clase) Tema 3 <u>Sobreajuste a los datos</u> : Conjunto de validación. Selección de modelos. Validación Cruzada. Teoría versus práctica en el sobreajuste. (2 hs de clase)
Semana 8	<i>Práctico 4 (Sobreajuste, regularización y validación, usando regresión lineal y regresión logística).</i> (2 hs de clase) <i>Repaso para el parcial</i> (2 hs de clase)
Semana 9	Tema 2 <u>Teoría del aprendizaje</u> y Tema 3 <u>Sobreajuste a los datos</u> : Epílogo de los fundamentos teóricos: navaja de Occam, sesgo del muestreo y data snooping. (2 hs de clase) Tema 5 <u>Métodos basados en similitud</u> : Medidas de similitud. Vecino(s) más cercano(s) (k-NN). Rol y selección de k. Eficiencia. (2 hs de clase)
Semana 10	Tema 5 <u>Métodos basados en similitud</u> : Funciones de base radial (RBF). Agrupamiento no supervisado con k-Means. (2 hs de clase) <i>Práctico 5 (Clasificación con k-NN. Funciones de base radial. Agrupamiento con k-Means).</i> (2 hs de clase)
Semana 11	Tema 5 <u>Métodos basados en similitud</u> : Estimación de densidades de probabilidad. Ventanas de Parzen. Modelo de mezcla de Gaussianas (GMM). El algoritmo de máxima verosimilitud (EM). (2 hs de clase) Tema 6 <u>Modelos no lineales</u> : El perceptrón multicapa. Propagación hacia adelante. Función de activación diferenciable. Aproximación universal. (2 hs de clase)
Semana 12	Tema 6 <u>Modelos no lineales</u> : Redes neuronales. El algoritmo de propagación hacia atrás. Gradiente descendente estocástico. Inicialización, terminación, selección de la tasa de aprendizaje. Aproximación versus generalización. Regularización y validación. (2 hs de clase) <i>Práctico 6 (Perceptrón multicapa. Propagación hacia atrás. Gradiente descendente estocástico. Regularización y validación).</i> (2 hs de clase)



Semana	Temas
Semana 13	Tema 6 <u>Modelos no lineales</u> : Máquinas de vectores de soporte. Hiperplano óptimo. Maximización del margen. Programación cuadrática. Vectores de soporte. Formulación del problema dual. (2 hs de clase) Tema 6 <u>Modelos no lineales</u> : Métodos de kernel. Transformaciones no lineales. El truco del kernel. SVM de margen suave. (2 hs de clase)
Semana 14	<u>Práctico 7 (Máquinas de vectores de soporte y métodos de kernel. Maximización del margen y margen suave.)</u> . (2 hs de clase) Tema 7 <u>Ingeniería de características y limpieza de datos</u> : Normalización, centrado y blanqueado. Reducción de la dimensionalidad y selección de características. Análisis de componentes principales (PCA). (2 hs de clase)
Semana 15	Tema 7 <u>Ingeniería de características y limpieza de datos</u> : Detección y tratamiento de outliers. (2 hs de clase) <i>Repaso para el parcial</i> (2 hs de clase)

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El proceso de evaluación incluye la realización individual de seis *controles de lectura*, *cuestionarios prácticos* en cada una de las sesiones de práctico, y dos *parciales*. Todas las evaluaciones son individuales.

Controles de lectura

Los controles de lectura:

- se realizan en forma presencial al finalizar cada unidad temática,
- consiste en un conjunto de preguntas que el estudiante debe responder,
- no existe puntaje mínimo en cada control de lectura.

Cuestionarios prácticos

Los cuestionarios prácticos:

- se realizan en forma presencial al finalizar cada clase práctica,
- consisten en preguntas sobre la implementación de algunos ejercicios discutidos durante la clase práctica,
- no existe puntaje mínimo en los cuestionarios.



Parciales

Los parciales:

- se realizarán en forma presencial en los períodos de parciales,
- tienen igual peso en la evaluación total,
- consistirán en la resolución de problemas y ejercicios en una computadora

Condiciones para aprobar la unidad curricular

Para aprobar la unidad curricular el estudiante deberá cumplir las siguientes condiciones:

1. realizar al menos cinco de los seis controles de lectura,
2. alcanzar como mínimo el 50% de los puntos del total de los controles, no existiendo puntaje mínimo en cada control de lectura,
3. alcanzar un mínimo de 25% en los puntos de cada uno de los parciales,
4. cumplir con la siguiente expresión:

$$P = (80 P_p + 20 P_{CL} + 10 P_{CP}) \geq 60$$

donde

- P_p es el porcentaje de puntos acumulados en los parciales,
- P_{CL} es el porcentaje de puntos acumulados en los controles de lectura, y
- P_{CP} es el porcentaje de puntos acumulados en los cuestionarios prácticos.

Tercer parcial de recuperación

Aquellos estudiantes que no alcancen el puntaje de aprobación podrán rendir un tercer parcial de recuperación, si cumplan las siguientes condiciones:

1. realizar al menos cinco de los seis controles de lectura,
2. alcanzar como mínimo el 50% de los puntos del total de los controles, no existiendo puntaje mínimo en cada control de lectura,
3. alcanzar un mínimo de 25% en los puntos de cada uno de los parciales,
4. cumplir con la siguiente expresión:

$$P_{3P} = (100 P_p + 10 P_{CP}) \geq 50$$

donde

- P_p es el porcentaje de puntos acumulados en los parciales, y
- P_{CP} es el porcentaje de puntos acumulados en los cuestionarios prácticos.

El tercer parcial tendrá lugar entre el segundo período de parciales y el primer período de exámenes posterior.



Para aprobar la unidad curricular el estudiante deberá alcanzar un mínimo de 60% de los puntos del tercer parcial.

A4) CALIDAD DE LIBRE

Los estudiantes no podrán acceder a la Calidad de Libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Cupos mínimos: no tiene

Cupos máximos:

- sin cupos para las carreras: Ing. Eléctrica e Ing. en Sistemas de Comunicación
- 20 estudiantes para las carreras: Ing. Físico-Matemática, Ing. Computación, Lic. en Ing. Computación y Lic. en Ing. Biológica

APROBADO POR RES. DE CONSEJO DE FAC. DE ING.
Fecha 18/12/2024 EXP: 060180-501514-21