



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2023-00636796- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Redes Neuronales	AÑO: 2023
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 4° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

ASIGNATURA: Redes Neuronales	AÑO: 2023
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Astronomía	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

ASIGNATURA: Redes Neuronales	AÑO: 2023
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Matemática	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

ASIGNATURA: Redes Neuronales	AÑO: 2023
CARACTER: Optativa	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Ciencias de la Computación	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 Horas.

ASIGNATURA: Redes Neuronales	AÑO: 2023
CARACTER: Optativa	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 4° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Matemática Aplicada	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 60 Horas.

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

El curso tiene como principal objetivo dotar a los estudiantes avanzados del área de neurociencia teórica y computacional del Doctorado en Neurociencias de la Universidad Nacional de Córdoba y de otras carreras afines de herramientas matemáticas y computacionales que le permitan encarar el desafío de modelar procesos neuronales, desde nivel molecular y celular hasta grandes redes de neuronas artificiales. El curso cubrirá tanto el modelado biológico de sistemas neuronales, como el estudio y uso de redes neuronales como instrumentos del aprendizaje automático. En particular se darán nociones básicas de aprendizaje profundo.

CONTENIDO

Elementos de Sistemas dinámicos.

El concepto de sistema dinámico. El proceso de modelado. Linealidad vs. no linealidad. Describiendo un sistema dinámico desde el punto de vista matemático. Ecuaciones diferenciales



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2023-00636796- -UNC-ME#FAMAF

ordinarias. Clasificación de Sistemas Dinámicos. Sistemas autónomos y no autónomos. Sistemas estacionarios vs. sistemas no estacionarios. Comportamiento caótico.

El caso unidimensional. Análisis geométrico de las soluciones. Puntos de equilibrio y el concepto de estabilidad. Análisis de estabilidad lineal. Existencia y unicidad. Diagramas de fases. Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de Euler y métodos de Runge-Kutta de 2 y 4 orden. Análisis de bifurcaciones. El caso bidimensional. Análisis de estabilidad lineal. Clasificación de los puntos fijos. El plano de fase. Puntos fijos y linealización. Bifurcaciones en sistemas bidimensionales. El caso tridimensional y de dimensiones mayores a tres. El ejemplo del sistema de Lorenz. El concepto de caos. Atractores extraños. Sensibilidad a las condiciones iniciales. El exponente de Liapunov. El efecto de la dimensionalidad del sistema en su dinámica.

Sistemas discretos. Mapas unidimensionales. Puntos fijos. El mapa logístico. La ruta de duplicación de período al caos.

Modelado matemático de neuronas.

Propiedades eléctricas de las neuronas. ¿Qué es una neurona artificial?. Neurona de McCulloch-Pitts. Modelos "integrate-and-fire". Conductancias dependientes del voltaje. El modelo de Hodgkin-Huxley. Modelados de canales. Conductancia sináptica. Sinapsis en neuronas "integrate-and-fire".

Introducción a las redes neuronales.

¿Qué es el aprendizaje automático? Repaso y presentación de diferentes problemas y técnicas. Aprendizaje de conceptos. Árboles de decisión. Evaluación de hipótesis. Aprendizaje Bayesiano. Conjuntos de clasificación. Reducción de dimensionalidad. Regresión lineal. Regresión no lineal y logística. Neuronas artificiales. Inspiración biológica. Historia. Redes de neuronas artificiales. La función de activación. Posibles arquitecturas.

Redes neuronales Feed-forward:

Reglas de la plasticidad sináptica. Aprendizaje no supervisado. El Perceptrón simple. Neuronas escalón, lineales y no lineales. El método del descenso por el gradiente. El Perceptrón multicapas. Separabilidad lineal. El método de back-propagation y algoritmos asociados. Generalización. Aproximación de funciones continuas. Algoritmos de crecimiento de arquitecturas. Aprendizaje no supervisado. Condicionamiento clásico. Aprendizaje reforzado. Aprendizaje representacional. Aprendizaje competitivo. Aplicaciones.

Redes neuronales recurrentes

Inspiración biológica. Funciones de base radial. Redes de base radial. Algoritmos. Aplicaciones. El modelo de Hopfield para memoria asociativa. Capacidad de almacenamiento. Neuronas estocásticas. El modelo de la pseudo inversa. Dilución sináptica. Mapas auto organizados. Red neuronal de Kohonen. La máquina de Boltzmann. Autoencoders.

Aprendizaje profundo

Introducción al aprendizaje profundo. Autoencoders apilados. Redes convolucionales. Red de creencia profunda. La máquina de Boltzmann profunda. Modelos generativos profundos. Aplicaciones y casos de éxito.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- "Nonlinear dynamics and chaos", S.H. Strogatz, Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- "Introduction to the Theory of Neural Computation", J. Hertz, A. Krogh and R.G. Palmer, Santa Fe Institute, 1991.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2023-00636796- -UNC-ME#FAMAF

- “Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems”, P. Dayan and L. Abbot, MIT Press, 2001
- “Machine Learning”, T.M. Mitchell, McGraw-Hill, 1997.
- “Deep learning”, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016
- “Neural Networks and Deep Learning”, Michael A. Nielsen, Determination Press, 2016

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

Se darán tres trabajos prácticos numéricos que se deben entregar a lo largo del curso. Estos serán individuales y se evaluarán con calificación de 0 a 10 puntos.

Además de aprobar los trabajos prácticos, deberán presentar un trabajo final integrador dispuesto por el equipo docente. Este trabajo final integrador se defenderá el día del examen y será individual.

REGULARIDAD

Aprobar al menos el 60% de los trabajos prácticos

CORRELATIVIDADES

Para la Licenciatura en Física:

Para Cursar:

- tener regularizadas Electromagnetismo I y Métodos Matemáticos de la Física II
- tener aprobadas Métodos Numéricos y Métodos Matemáticos de la Física I.

Para Rendir:

- tener aprobadas Electromagnetismo I y Métodos Matemáticos de la Física II.

Para la Licenciatura en Matemática:

Para Cursar:

- tener regularizada Ecuaciones Diferenciales I.
- tener aprobadas Funciones Reales, Topología General, Análisis Numérico II, Geometría Diferencial y Física General.

Para Rendir:

- tener aprobadas Ecuaciones Diferenciales I, Funciones Reales, Topología General, Estructuras Algebraicas, Funciones Analíticas, Análisis Numérico II, Geometría Diferencial, y Física General.

Para Licenciatura en Astronomía:

Para cursar:

- tener regularizadas Electromagnetismo I, Astronomía General y Métodos Matemáticos de la Física I.

Para rendir:

- tener aprobada Electromagnetismo I, Astronomía General y Métodos Matemáticos de la Física I.

Para la Licenciatura en Matemática Aplicada:

Para cursar y para rendir:

Algoritmos y estructura de datos (regular)

Probabilidad y Estadística (aprobada)

Calculo Vectorial (aprobada)