

Formulario para la presentación de Cursos de Posgrado/Doctorado – Res. CD2819/18 - ANEXO 1**Información académica**

Año de presentación (*)

1-a-

Departamento docente que inicia el tramite:

Física

Nombre del curso:

Sistemas dinámicos e inteligencia artificial aplicados al modelado de datos

Nombre, Cargo y Título del docente responsable:

Dr. Bernardo Gabriel Mindlin, profesor titular DE

En caso de dictarse en paralelo con una materia de grado, nombre de la misma:

No aplica

Nombre y Título de los docentes que colaboran con el dictado del curso (*) (*):

Gonzalo Uribarri (auxiliar docente)

Fecha propuesta para el primer dictado luego de la aprobación:

Segundo cuatrimestre del 2020

Duración:

Duración total en horas	40
Duración en semanas	2

Distribución carga horaria:

Número de horas de clases teóricas	20
Número de horas de clases de problemas	
Número de horas de trabajos de laboratorio	20
Número de horas de trabajo de campo	
Número de horas de seminarios	

Forma de evaluación:

Presentación y defensa oral de un proyecto.

Lugar propuesto para el dictado (departamento, laboratorio, campo, etc.):

Las clases teóricas se dictarán en aulas solicitadas por el departamento de física, y se empleará el laboratorio computacional para las prácticas.

Puntaje propuesto para la carrera de doctorado:

2

Número de alumnos:

Mínimo: 5

Máximo: 30

Audiencia a quien está dirigido el curso:

Graduados de cualquier carrera de ciencias exactas y naturales.

Necesidades materiales del curso:

Las clases prácticas requieren del acceso a un laboratorio de computación.

1-b-

Programa analítico del curso con Bibliografía (puede adjuntarse en hojas separadas):

La dinámica no lineal apunta a dilucidar los mecanismos básicos necesarios para reflejar el comportamiento temporal de un sistema natural. Las técnicas de análisis y modelado de datos que propone la inteligencia artificial (redes profundas, reservorios computacionales, redes recurrentes, como ejemplos), ostensiblemente resignan la visión mecanística, por un paradigma de modelado orientado a partir de los datos. En este curso se analizarán en paralelo estas aproximaciones, aparentemente antagónicas, y se dotará a los alumnos de las herramientas mínimas para encarar el análisis de un problema desde estas perspectivas complementarias.

A. Estructura de las clases teóricas.

Parte 1. Sistemas dinámicos y el análisis de señales temporales (primer semana)

Día 1. Elementos de la descripción de las soluciones de un sistema dinámico 1. Puntos fijos, ciclos límite, arcos conectores, órbitas homoclínicas.

Día 2. Elementos de la descripción de las soluciones de un sistema dinámico 2. Soluciones cuasi-periódicas, Atractores extraños, flujo de Smale.

Día 3. Análisis de señales temporales complejas. Descripción espectral, medidas de la complejidad, medidas de la entropía, descripción topológica de flujos.

Día 4. Reconstrucción de un espacio de fases. Reconstrucción por “embedding” (inmersión). Elección de retrasos temporales, determinación de la dimensionalidad de una reconstrucción. Tratamiento de señales espacio-temporales.

Día 5. La teoría de formas normales. Transformaciones no lineales de las ecuaciones de un problema a un sistema dinámico minimal. Bifurcaciones de una forma normal. Reconocimiento de elementos dinámicos a partir de datos.

Parte 2. Inteligencia artificial aplicada al análisis de datos (segunda semana)

Día 1. Inteligencia artificial y aprendizaje profundo. Definiciones, campos de aplicación. La clasificación y la regresión.

Día 2. Redes neuronales . La anatomía de una red neuronal, y su entrenamiento por propagación retroactiva. Entrenamiento y validación.

Día 3. Redes recurrentes y su relación con la teoría de “embedding” (inmersión) en dinámica. Aplicaciones a los sistemas dinámicos.

Día 4. Reconstrucción de campos vectores a partir de datos. Regresión rala, LASSO, aplicadas a la reconstrucción de campos vectores. Elección de variables.

Día 5. Reconstrucción de datos de señales espacio-temporales. Descomposición de *Karhunen Loeve*, proyección de Galerkin, reconstrucción de la proyección a partir de los datos por regresión rala.

Bibliografía

1. **Dinámica No lineal**, Gabriel Mindlin, Editorial UNQ, 2018
2. **Differential equations, dynamical systems and an introduction to chaos**, Hirsch M. W., Smale S. and Devaney R. L. Academic press, 2012
3. **Deep Learning with Python**, Francois Chollet, Manning, 2018
4. **Dynamical systems with Python**, Lynch S., Springer, 2018
5. "Deep learning." LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. *nature* 521.7553 (2015): 436.
6. "Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems." Brunton, Steven L., Joshua L. Proctor, and J. Nathan Kutz. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113.15 (2016): 3932-3937.
7. **Turbulence, coherent structures, dynamical systems and symmetry**. Holmes, Philip, et al. Cambridge university press, 2012.
8. **Neural networks and deep learning**. Charu Aggarwal, Springer (2019)

1-c-

Actividades prácticas propuestas (puede adjuntarse en hojas separadas):

B. Estructura de las clases prácticas.

Parte 1. Análisis numérico de sistemas dinámicos

(Los análisis descriptos se realizarán sobre código ya escrito que se brindará a los estudiantes para que exploren su uso, los espacios paramétricos, y sobre el cual escribirán modificaciones menores en forma guiada por los docentes)

Día 1. Tutorial para la programación en "Python". Librerías para el trabajo en ciencias (numpy, matplotlib).

Día 2. Resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Ejemplos. Forma normal de la bifurcación de Takens Bogdanov bidimensional, El sistema de Lorenz.

Día 3. Bifurcaciones. Análisis de sistemas dinámicos ante la variación de parámetros. Estudio de un ejemplo de especies interactuantes ante distintos parámetros.

Día 4. Sistema oscilatorio no lineal forzado periódicamente. Generación de soluciones sub-armónicas y caóticas.

Día 5. Aplicación de códigos para el análisis de señales temporales caóticas. Identificación de retornos cercanos, descripción topológica de órbitas inestables. Discusión de códigos para el análisis de señales complejas.

Parte 2. Elementos de análisis de datos por medio de redes neuronales.

(Los análisis descriptos se realizarán sobre código ya escrito que se brindará a los estudiantes para que exploren su uso, los espacios paramétricos, y sobre el cual escribirán modificaciones menores en forma guiada por los docentes)

Día 1. Tutorial sobre el uso de Keras. Herramientas de consulta, entornos de trabajo.

Día 2. Exploración de la performance de una red. Exploración de la eficacia de una red convolucional, ante las variaciones de los parámetros, para un problema de clasificación con datos pre-procesados. El problema de la masividad de los datos.

Día 3. Redes recurrentes aplicadas al análisis de señales. Exploración de los parámetros para la predicción a partir de datos pre-procesados. Comparación con la teoría de embedding.

Día 4. Reconstrucción de un campo vector a partir de datos caóticos. Implementación de regresión rala para el ajuste de datos de simulaciones numéricas de un sistema caótico.

Día 5. Presentación de los datos de los proyectos finales.

(*) Todos los cursos tendrán una validez de 5 años

(*)(*) Las actualizaciones de los docentes colaboradores son informados por la Dirección departamental al inicio de cada dictado del curso

Firma Subcomisión
Doctorado

Firma del docente
responsable

E-mail y teléfono del docente responsable

gabo@df.uba.ar

+54 9 221 531 8360

Formulario para la presentación de Cursos de Posgrado/Doctorado - Res. CD2819/18 - ANEXO 2

Solicitud de Financiación

Año de presentación (*)

Departamento docente que inicia el tramite:

fisica

Nombre del curso:

Sistemas dinámicos e inteligencia artificial aplicados al modelado de datos

Nombre y Título del docente responsable:

Dr. Bernardo Gabriel Mindlin, profesor titular DE

Costo propuesto del curso por alumno (*):

cero

Justificación del monto propuesto:

No requiere insumos específicos.

(*) Las excepciones aplicables para cada alumno serán consistentes con la reglamentación del Consejo Directivo que regula los aranceles y excepciones (Res. CD 484/13). El docente responsable del curso solicitará las excepciones por nota al consejo directivo a través de Mesa de Entradas.

