



1821 Universidad de Buenos Aires

Resolución Consejo Directivo

Número:

Referencia: EX-2022-03444104- -UBA-DMESA#FCEN - POSTGRADO: Aprobación curso de posgrado Aprendizaje Automático. Fundamentos y Aplicaciones en Meteorología del Espacio - Sesión 27/06/2022

VISTO:

La nota presentada por la Dirección del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado Aprendizaje Automático. Fundamentos y Aplicaciones en Meteorología del Espacio para el año 2022,

CONSIDERANDO:

lo actuado por la Comisión de Doctorado,

lo actuado por la Comisión de Posgrado,

lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada el día 27 de junio de 2022,

en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

R E S U E L V E:

ARTÍCULO 1º: Aprobar el nuevo curso de posgrado Aprendizaje Automático. Fundamentos y Aplicaciones en Meteorología del Espacio de 35 horas de duración, que será dictado por los Dres. María Graciela Molina y Sergio Dasso.

ARTÍCULO 2º: Aprobar el programa del curso de posgrado Aprendizaje Automático. Fundamentos y Aplicaciones en Meteorología del Espacio, que como anexo forma parte de la presente Resolución, para su dictado en agosto de 2022.

ARTÍCULO 3º: Aprobar un puntaje máximo de uno y medio (1,5) puntos para la Carrera del Doctorado.

ARTÍCULO 4º: Establecer un arancel de CATEGORÍA 2 estableciendo que dicho arancel estará sujeto a los descuentos y exenciones estipulados mediante la Resolución CD N° 2852/19. Disponer que los fondos recaudados ingresen en la cuenta presupuestaria habilitada para tal fin, y sean utilizados de acuerdo a la Resolución 072/03.

ARTÍCULO 5º: Disponer que de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

ARTÍCULO 6º: Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Dirección de Movimiento de Fondos, a la Dirección de Presupuesto y Contabilidad, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, archívese.

ANEXO

PROGRAMA

APRENDIZAJE AUTOMÁTICO. FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN METEOROLOGÍA DEL ESPACIO

1) Fundamentos

Una de las principales metodologías del estudio, monitoreo y pronóstico en Meteorología del Espacio (Space Weather) se basa en analizar un gran número de datos o mediciones provenientes de diversas fuentes. Estas fuentes pueden ser instrumentos a bordo de sondas y constelaciones de sondas espaciales o instrumentos instalados en suelo terrestre (como por ejemplo radares, magnetómetros, detectores de partículas). También involucra el procesamiento y análisis de salidas masivas de simulaciones numéricas. Entre los principales métodos tradicionales para realizar

estudios en Meteorología del Espacio se encuentran estudios empíricos de eventos particulares o de muestras con significado estadístico, simulaciones numéricas de procesos, modelado físico para explicar los diferentes fenómenos involucrados, etc. Todos estos métodos involucran análisis de datos.

Los métodos de análisis usando Aprendizaje Automático (Machine Learning) han comenzado a dar importantes resultados en una gran cantidad de disciplinas. En particular, en lo que se refiere al uso de métodos basados en redes neuronales multicapas también denominado Aprendizaje Profundo (Deep Learning). Esto se debe fundamentalmente a que, en la actualidad, se cuenta con infraestructura de cómputo adecuada, herramientas de software (como librerías específicas), a algoritmos cada vez más maduros y a la disponibilidad de grandes volúmenes de datos. La Meteorología del Espacio, en los últimos años comenzó a seguir esta tendencia y se pueden ver cada vez más modelos y herramientas basadas en Machine Learning.

Este curso intenta cubrir los fundamentos del Aprendizaje Automático, mostrar

herramientas para el desarrollo de modelos basados en esta metodología y aplicaciones en Meteorología del Espacio.

2) Propósitos

Este curso intensivo busca aportar conocimientos esenciales para comprender el estado actual de los diferentes métodos de Aprendizaje Automático que son de especial interés para los pronósticos en

Meteorología del Espacio. Se presentarán elementos y herramientas necesarias para introducir estos temas, a partir de las cuales los alumnos podrán profundizar de acuerdo con sus intereses.

En línea con lo antedicho, el curso pretende aportar los conceptos básicos sobre el Aprendizaje Automático, y sobre los lenguajes de programación y librerías específicas para la implementación de los diferentes métodos. En particular, se mostrarán aquellos métodos y herramientas que pueden ser aplicadas en Meteorología del Espacio, y cuales son las preguntas dentro de esta disciplina que se pueden responder con Machine Learning.

Se espera que el alumno conozca los conceptos fundamentales de Machine Learning, los métodos más usados para clasificación y regresión, las diferentes métricas para análisis de desempeño, y los fundamentos de redes neuronales y redes neuronales profundas. En particular se mostrarán casos de estudio de aplicaciones en Meteorología del Espacio, los desafíos que presentan este dominio de estudio y los desafíos que representa el manejo de datos provenientes de mediciones.

El curso está destinado principalmente a graduados de las carreras de Licenciaturas en Cs. de la Atmósfera y los Océanos, Cs. Físicas, Cs. de la Computación, Cs. Químicas, Cs. Geológicas, Ingenierías, y a profesionales vinculados con geociencias, geología, aeronáutica, ciencias espaciales, geomagnetismo y comunicaciones.

3) Objetivos

- Conocer los principales conceptos del Aprendizaje Automático como una metodología para el análisis y modelados basado en datos.
- Conocer los principales métodos y métricas del Aprendizaje Automático y sobre lenguajes de programación y herramientas de software más usadas.

· Conocer y dimensionar el problema global del acoplamiento vientosmagnetosferas-ionosfera debido a Space Weather. Reconocer los principales parámetros en cada subsistema del sistema Sol-Tierra. · Analizar las diferentes preguntas científicas que pueden responderse usando técnicas de Machine Learning.

· Analizar casos de estudio de Aprendizaje Automático aplicado a Meteorología del Espacio, conocer sobre sus ventajas y limitaciones.

4) Contenidos

I. Introducción y definiciones (Inteligencia Artificial, Aprendizaje Automático, Aprendizaje Profundo). Clasificación y Regresión: conceptos, principales algoritmos y métricas, ejemplos. Hiperparámetros. Ajuste (underfitting, overfitting, regularización). Herramientas: Python, Sklearn.

II. Fundamentos sobre redes neuronales: definiciones. topologías, parámetros e hiperparámetros (funciones de costo, métricas, algoritmos de optimización). Métodos de entrenamiento: backpropagation. Herramientas: Keras, ejemplos.

III. Deep Learning: Conceptos básicos sobre redes recurrentes (LSTM y GRU), redes convolucionales (CNN).

IV. Estado del arte: Machine Learning aplicado a Space Weather en el mundo y en Argentina. Principales preguntas y desarrollos actuales. Preparación de datos. Pronóstico. Casos de estudio.

5) Encuadre metodológico

El dictado de este curso prevé clases teóricas/prácticas y trabajos en laboratorios virtuales.

Se abordarán ejes temáticos referidos a los contenidos de las distintas unidades a través de exposiciones a cargo del profesor de la materia. Las clases prácticas/prácticas estarán a cargo del profesor, y consistirán principalmente en la coordinación y supervisión de trabajos realizados por los propios alumnos del curso, así como también del uso de técnicas para lograr resolver problemas conceptuales y prácticos. Los trabajos en laboratorios virtuales se desarrollarán frente a computadoras conectadas a internet, de tal forma que cada estudiante tenga su propio entorno de programación para realizar los ejercicios.

6) Modalidad de evaluación

El curso, además de propiciar la discusión parcial de resultados durante las clases, propone un trabajo monográfico que en algunos casos puede incluir una aplicación. Este trabajo será evaluado con posterioridad al dictado del curso.

7) Recursos

Los estudiantes tendrán a su disposición a partir de un sitio web de la materia, toda la información pertinente relacionada con su organización (cronograma, contactos, programa, etc.) así como también al material empleado: guías de trabajos prácticos, bibliografía, tutoriales, enlaces a sitios de interés, entre otros. El ámbito para el dictado de clases debe contar con capacidad para proyección de una parte de las clases a partir de computadoras personales, así como también de pizarra tradicional para el desarrollo de los temas tratados.

El ámbito para el desarrollo de las clases de trabajos prácticos y de laboratorio, contará con uno de los laboratorios de computación de la FCEN en el edificio cero-infinito (para esto se planea dictar el curso fuera de las semanas de cursada de los alumnos regulares de la FCEN).

Las condiciones del laboratorio se adaptarán tanto en la cantidad de puestos de trabajo como en el software instalado (e.g., lenguajes de programación, librerías, etc).

8) Bibliografía

Bibliografía Básica

Camporeale Enrico, Johnson Jay y Wing Simon (2018). Machine Learning Techniques for Space Weather. Elsevier.

Zolesi, Bruno y Cander L. R. (2014). Ionospheric Prediction and Forecasting. Springer.

Russel J. Stuart, Norving Peter (2008). Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno. Seg Ed., Prentice Hall.

Deep Learning with Keras (2017). Antonio Gulli Sujit Pal. Packt Publishing Ltd.

Bibliografía Complementaria

Abadi Martín, Ashish Agarwal, Paul Barham, et al (2015). TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems. arXiv:1603.04467

Cesaroni C., Spogli L., Aragon-Angel A., Fiocca M., Dear V., De Franceschi G., and Romano V. (2020).

Neural network based model for global Total Electron Content forecasting. J. Space Weather Space Clim. <https://doi.org/10.1051/swsc/2020013>

Camporeale E. (2019). The Challenge of Machine Learning in Space Weather: Nowcasting and

Forecasting. Space Weather. <https://doi.org/10.1029/2018SW002061>

Charu C. Aggarwal (2018). Neural Networks and Deep Learning. Springer

Guido Sarah, Müller Andreas (2016). Introduction to Machine Learning with Python. O'Reilly Media.

Kubat Miroslav (2017). An Introduction to Machine Learning. Second Edition. Springer.

Prölss G.W., Physics of the Earth's Space Environment, Springer, 2004