

| PROGRAMA DE CURSO | | | | |
|---|---|------------------|-------------------------|---------------------------|
| Código | Nombre | | | |
| IN7588 | Introducción teórico-práctica al aprendizaje profundo | | | |
| Nombre en Inglés | | | | |
| Theoretical-practical introduction to deep learning | | | | |
| SCT | Unidades Docentes | Horas de Cátedra | Horas Docencia Auxiliar | Horas de Trabajo Personal |
| 6 | 10 | 2 | 1.5 | 5,5 |
| Requisitos | | | Carácter del Curso | |
| IN4151 Ingeniería de la Información o IN3501 Tecnologías de Información y Comunicaciones para la Gestión, IN4402 Aplicaciones de Probabilidades y Estadística en Gestión | | | Electivo MBE | |
| Competencias a la que tributa el curso | | | | |
| Competencias específicas (CE) | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudiar los fundamentos teórico prácticos del aprendizaje profundo (Deep Learning) en la creación de nuevos servicios para la transformación digital. 2. Aprender a desarrollar arquitecturas complejas en redes neuronales artificiales con el enfoque aprendizaje profundo para solucionar problemas prácticos donde se requiera del procesamiento masivo de datos. 3. Analizar las estructuras clásicas de redes neuronales artificiales, comprendiendo su funcionamiento, operación y aplicación en el ámbito del reconocimiento de patrones utilizando imágenes, sonidos y textos. 4. Desarrollar servicios y aplicaciones utilizando como elemento central del procesamiento de datos algoritmos de aprendizaje profundo. 5. Aprender a combinar varios algoritmos de aprendizaje profundo para la resolución de problemas complejos que requieran de fusión de información para su solución. | | | | |
| Competencias genéricas (CG) | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Aprender a trabajar en equipo para la resolución de problemas complejos que demanden de enfoques diferentes para encontrar la solución más eficaz y eficiente. 2. Empezar e innovar en el desarrollo de soluciones a problemas de ingeniería, demostrando iniciativa y capacidad de toma de decisión. 3. Desarrollar la capacidad de auto aprendizaje para analizar los últimos avances en el ámbito del aprendizaje profundo. 4. Aportar a la generación un nuevo conocimiento a partir de la comprensión de los patrones y reglas extraídos luego de la aplicación de algoritmos de aprendizaje profundo sobre datos multivariados. | | | | |
| Propósito del curso | | | | |
| Durante los últimos años hemos sido testigos del aumento vertiginoso de la cantidad de datos disponibles en las instituciones, la Web, redes sociales en línea, etc. Adicionalmente la alta variabilidad de los formatos, el aumento exponencial de la capacidad de procesamiento y la sed | | | | |

desmedida de información y conocimiento por parte de los usuarios tomadores de decisiones, han catapultado el uso de tecnologías relacionadas con ciencia de datos para extraer el nuevo oro que encierran las cordilleras de datos.

El aprendizaje automático se ha tomado la palestra para impulsar un sinnúmero de iniciativas en nuestra sociedad. Lo vemos en la búsqueda de información en la web, filtrado de contenidos en redes sociales en línea, recomendaciones de todo tipo a través de aplicaciones en teléfonos inteligentes, reconocimiento de imágenes, y la lista pareciera no tener fin. Especial atención han suscitado las técnicas de aprendizaje automático relacionadas con la detección de imágenes, transcribir voz en texto, búsqueda de patrones en documentos y en general en todo aquello que le facilite la vida al usuario final, quien obtiene lo que busca en un solo clic. Y en ese contexto, es que ya es una tendencia que estas aplicaciones/servicios utilizan una clase de técnicas llamadas aprendizaje profundo.

¿Qué cambió en los últimos 20 años? Las técnicas tradicionales de aprendizaje automático tienen limitaciones para el procesamiento de datos crudos, por lo que requieren de un preprocesamiento y en general de una ingeniería de datos cuidadosa, donde la experiencia del especialista es crucial para modelar un fenómeno con miras a la extracción de patrones y conocimiento útil para los usuarios finales. En cambio, los métodos de aprendizaje profundo permiten la construcción de complejos sistemas para el procesamiento de datos con múltiples niveles de representación, a partir de la interconexión de módulos simples de procesamiento no lineal de datos que los transforman en una representación más abstracta y procesable, sin ser necesario un conocimiento especialista como el caso anterior. Estos métodos han mejorado dramáticamente el estado de la técnica en el reconocimiento del habla, de objetos visuales, su detección, etc. transformándose en pilar fundamental para la realización práctica de servicios y aplicaciones de uso diario basados en inteligencia artificial.

El curso tiene como objetivo principal el introducir la teoría que sustenta el desarrollo de aplicaciones y servicios basados en técnicas de aprendizaje profundo, con un enfoque práctico donde a través del desarrollo de tareas y un proyecto final explicados en clases auxiliares, los estudiantes podrán llevar a la práctica lo aprendido en clases de cátedra y en las lecturas.

Con respecto a las tareas, se realizarán tres durante el curso. Cada una de ellas se enfoca en la creación de pequeños servicios que ocupan una o más técnicas de aprendizaje profundo en la resolución de un problema del mundo real, como puede ser la clasificación de imágenes, el procesamiento de texto o el análisis de la voz humana. El proyecto final está enfocado a que se resuelva un problema que debe ser abordado por grupos de hasta tres estudiantes, con el fin de potenciar el trabajo en equipo y la búsqueda de soluciones innovadoras que incorporen diversos puntos de vista. Para la creación de las tareas y proyecto final, se usará la librería de código TensorFlow provista por Google, con la cual se pueden desarrollar algoritmos en lenguaje Python, ya sea en sus computadores personales o utilizando el ambiente Colaboratory (Colab) provisto por Google y que puede ser usado desde cualquier navegador. En ese contexto, se espera que los estudiantes comprendan y hagan uso del potencial de las técnicas de aprendizaje profundo en la resolución de problemas complejos.

| Resultados de Aprendizaje | Competencia a la que tributa (CE-CG) |
|--|--------------------------------------|
| El alumno terminará el curso: Comprenderá la relevancia del aprendizaje profundo en el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones para la transformación digital. | CE1, CE3 |
| Aprenderá los fundamentos teórico prácticos del entrenamiento de redes neuronales artificiales tradicionales y de aprendizaje profundo. | CE2,CE4, CG2, CG3 |
| Desarrollará prototipos a mínima escala para comprender el uso y potencial del aprendizaje profundo en la solución de problemas complejos de procesamiento de datos multivariantes. | CE2,CE4,CG2,CG3,CG4 |
| Aplicará combinaciones de algoritmos de aprendizaje profundo en casos que demanden de enfoques multidimensionales para encontrar una solución eficaz y eficiente a un problema dado. | CE5, CG1 |

| Metodología Docente | Evaluación General |
|--|--|
| El curso está diseñado para introducir tanto la teoría que sustenta el aprendizaje profundo como la práctica que se puede aplicar en la resolución de problemas complejos que demanden el procesamiento de datos masivos y multivariantes. | <p>Se evalúa a través de tres actividades: a) tareas; b) lecturas y c) un proyecto final donde los alumnos podrán mostrar el nivel de aprendizaje tanto teórico como práctico que han logrado a través del curso.</p> <p>Se plantean tres tareas individuales donde se llevarán a la práctica los conocimientos aprendidos en cátedra. Cinco lecturas cortas que serán evaluadas con la entrega de un resumen en una página que de cuenta de su capacidad de auto aprendizaje y Finalmente un trabajo en equipo donde se evaluará la capacidad de colaborar entre distintas visiones para la resolución de un problema.</p> <p>El cálculo de esas notas se efectúa de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $NQ = \text{Promedio de las 5 pequeñas pruebas parciales } (\sum Pi)/5$, donde Pi son las notas de las lecturas. • $NP = \text{Nota de proyecto}$ <p>$NT = \text{Promedio de las 3 tareas } (\sum Pi)/3$, donde Pi son las notas de cada una de estas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La condición para aprobar el curso es: $NP \geq 4.0, NT \geq 4.0, NQ \geq 4.0$ • El calculo de la nota final es: $NF: 0,2*NQ+0,3*NP+0.5*NT$ |

UNIDADES TEMÁTICAS

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|---|---|--|
| 1 | Introducción al Aprendizaje de maquinas y a las redes neuronales artificiales (RNA) | 3 |
| Contenidos | | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> - Breve introducción a los fundamentos del machine learning y a las RNA. - Aprendizaje artificial. - Repaso de algoritmos machine learning. - Introducción al entrenamiento y funcionamiento de las RNA. | | <p>Indicador de Logro</p> <p>En este capítulo, los estudiantes aprenden los conocimientos básicos sobre los fundamentos acerca de cómo se realiza el aprendizaje artificial utilizando algoritmos, lo cual será esencial para comprender el funcionamiento del aprendizaje profundo. Adicionalmente, aprenderá respecto del uso de librerías para la creación de aplicaciones basadas en aprendizaje de máquina. Finalmente, a través del estudio de la lectura y posterior entrega del resumen se evaluará la comprensión de los estudiantes respecto de los conceptos explicados en el capítulo.</p> |
| | | 1,14, 20, 21 |

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|---|---|--|
| 2 | Aprendizaje profundo: pasado, presente y posible futuro | 2 |
| Contenidos | | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje profundo: el bueno, el malo y el feo. - Teorema de la aproximación universal - Funciones de activación. - El problema del desvanecimiento del gradiente. - Analizando funciones de activación: ¿cuál es la mejor? - Revisando el gradiente tradicional y el estocástico. | | <p>Indicador de Logro</p> <p>En este capítulo los estudiantes aprenden sobre las limitaciones/capacidades de los algoritmos de aprendizaje profundo. Estudian el fundamento teórico que hay detrás del modelamiento de datos usando RNA y comprenden los problemas derivados del entrenamiento cuando se presentan múltiples capas. Finalmente, analizan cuáles son las mejores funciones de</p> |
| | | 6,7,9, 20, 21 |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>activación a utilizar dependiendo del problema a enfrentar. A través del desarrollo de una tarea logran aplicar los conocimientos adquiridos en la solución de un problema práctico. Adicionalmente, con la ayuda de una lectura complementaria pueden revisar diversos casos de aplicaciones de las RNA en problemas concretos. Finalmente, realizarán la primera tarea.</p> | |
|--|--|--|

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|---|--|--|
| 3 | Redes Neuronales Convolucionales: fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas. | 3 |
| Contenidos | | Indicador de Logro |
| <ul style="list-style-type: none"> - Red neuronal convolucional - Algunos aspectos importantes sobre la convolución. - Entrenando una red neuronal convolucional - Algunos ejemplos sobre redes neuronales convolucionales - GoogLeNet and ResNet. - Detección de objetos. - Visualización de redes neuronales convolucionales, retropropagación guiada, sueño profundo, arte profundo, engañar a las redes neuronales convolucionales | | <p>En este capítulo los alumnos aprenderán a crear redes neuronales convolucionales para el procesamiento de datos vectoriales, como por ejemplo imágenes. Revisarán distintos tipos de redes convolucionales usadas en procesamiento de datos masivos y cómo se pueden crear imágenes a partir de lo que “aprenden” este tipo de redes. Las clases de cátedra se complementarán con una lectura y con el desarrollo de una tarea.</p> |
| | | Referencias a la Bibliografía |
| | | <p>2,3,4, 5,6, 10, 11, 12, 20, 21</p> |

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|---|---|---|
| 4 | Redes neuronales recurrentes y aplicaciones | 3 |
| Contenidos | | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> - Problemas de aprendizaje de secuencias - Introducción a las redes neuronales recurrentes. - Retropropagación del error a través del tiempo. - El problema de los gradientes en explosión y desvanecimiento | | <p>Indicador de Logro</p> <p>En este capítulo los alumnos aprenderán a crear redes neuronales recurrentes y cómo estas solucionan el problema del desvanecimiento/explosión del gradiente durante su entrenamiento. Las clases de cátedra se complementarán con una lectura y con el desarrollo de una tarea.</p> |
| | | 14, 15, 16, 17, 20, 21 |

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|--|-----------------------------------|--|
| 5 | Autocodificadores y aplicaciones. | 2 |
| Contenidos | | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> - Introducción a los autocodificadores. - Similitud entre los autocodificadores y Análisis de Componentes Principales - Regularización de Autocodificadores - Autocodificadores para la eliminación de ruido en los datos. - Autocodificadores dispersos. - Resumen | | <p>Indicador de Logro</p> <p>En este capítulo los alumnos aprenderán a desarrollar RNA para la codificación/decodificación de datos, las cuales puede ser utilizadas como complemento en el desarrollo de sistemas complejos para la resolución de problemas con datos de alta variabilidad en formatos. Aparte de la lectura complementaria, los alumnos podrán usar los conocimientos adquiridos en el proyecto final.</p> |
| | | 16, 17, 18, 19, 20, 21 |

| Número | Nombre de la Unidad | Duración en Semanas |
|---|--|-----------------------------------|
| 6 | Uso de las CNN y RNN en aplicaciones complejas | 2 |
| Contenidos | Indicador de Logro | Referencias a la Bibliografía |
| <ul style="list-style-type: none"> - Mecanismos de atención. - Atención sobre imágenes. - Atención jerárquica. - Estimador de densidad autorregresiva neuronal. - Estimador de densidad de codificador automático enmascarado. - Redes generativas antagónicas. | <p>En este capítulo los alumnos aprenderán a combinar los distintos tipos de RNA revisados durante el curso para la creación de sistemas complejos que requieran de la participación de más de una arquitectura neuronal para dar solución a un problema. Todo lo aprendido en el curso se aplicará al desarrollo del proyecto final</p> | <p>10, 11, 12, 20, 21, 22, 23</p> |

Bibliografía General

- 1 <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html> Online book by Michael Nielsen.
- 2 <http://matlabtricks.com/post-5/3x3-convolution-kernels-with-online-demo> - of convolutions
- 3 <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/convnetjs/demo/mnist.html> - demo of CNN
- 4 <http://scs.ryerson.ca/~aharley/vis/conv/> - 3D visualization.
- 5 <http://cs231n.github.io/> Stanford CS class CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition.
- 6 <http://www.deeplearningbook.org/> MIT Press book from Bengio et al, free online version
- 7 Nikhil Buduma, Nicholas Locascio, Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-generation Machine Intelligence Algorithms, O'Reilly Media, 2017.
- 8 François Chollet, Deep Learning with Python, Manning Publications Company, 2017.
- 9 Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Francis Bach, The MIT Press, 2016.
- 10 Deep learning , LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. Nature 521.7553 (2015): 436.
- 11 Deep learning: methods and applications, Deng, Li, and Dong Yu, Foundations and Trends® in Signal Processing 7.3–4 (2014): 197-387.
- 12 Deep learning , Goodfellow, Ian, et al.. Vol. 1. Cambridge: MIT press, 2016.
- 13 Deep learning in neural networks: An overview, Schmidhuber, Jürgen. Neural networks 61 (2015): 85-117.
- 14 Neural Networks and Deep Learning: A Textbook, Charu C. Aggarwal , Springer, 2018.
- 15 Graves, A. (2013). Generating sequences with recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1308.0850.
- 16 Kaggle. Google online community of data scientist and machine learners. On line www.kaggle.com.
- 17 Deep learning website: www.deeplearning.net.
- 18 More cited deep learning online: <http://github.com/terryum/awesome-deep-learning-papers>.
- 19 Deep Learning tutorials online <http://github.com/ujjwalkarn/Machine-Learning-Tutorials>.
- 20 Keras repository. Online <http://keras.github.com>.
- 21 TensorFlow playground. Online: <http://playground.tensorflow.org>.
- 22 NIPS. Conference on deep learning.
- 23 ICML – International Conference on Machine Learning.

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Vigencia desde: | Enero 2021 |
| Elaborado por: | Rocío Ruiz y Juan D. Velásquez |
| Actualizado por: | Juan D. Velásquez |
| Validado por: | |
| Revisado por: | Rocío Ruiz |