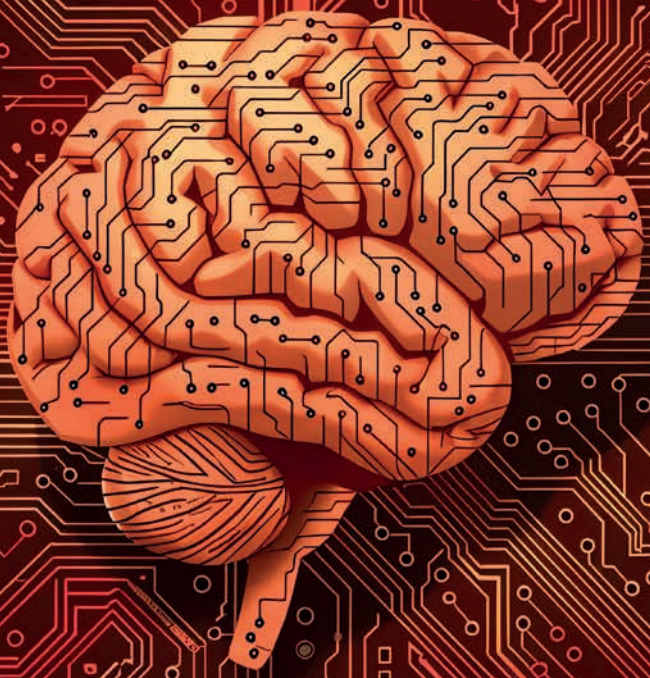
# FUNDAMENTOS DE MACHINE LEARNING Y DEEP LEARNING:

## Aplicaciones en la Detección de Tuberculosis en Imágenes Radiográficas




JUAN CARLOS CLARES PERCA

ALEX PETER ZÚÑIGA INCALLA

JUAN CARLOS VALERO GÓMEZ



UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

"Universitas Universitatis"

**Fundamentos de Machine Learning y Deep Learning:**
Aplicaciones en la Detección de Tuberculosis en Imágenes Radiográficas

# Fundamentos de Machine Learning y Deep Learning:

## Aplicaciones en la Detección de Tuberculosis en Imágenes Radiográficas

Juan Carlos Clares Perca
Alex Peter Zúñiga Incalla
Juan Carlos Valero Gómez

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
"Universitas Universitatis"

FONDO EDITORIAL

**Fundamentos de Machine Learning y Deep Learning:**
Aplicaciones en la Detección de Tuberculosis en Imágenes Radiográficas

© Juan Carlos Clares Perca, Alex Peter Zúñiga Incalla,
Juan Carlos Valero Gómez

Primera Edición, noviembre 2024

Editado por:
© Universidad Nacional de Moquegua
Calle Ancash s/n, Moquegua, Mariscal Nieto, Moquegua - Perú
www.unam.edu.pe publicaciones@unam.edu.pe

Diseño y Diagramación:
Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Moquegua
Revisión y cuidado:
Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Moquegua

Imprenta: Tarea Asociación Gráfica Educativa
Pj. María Auxiliadora N°156, Breña, Lima, noviembre 2024
Tiraje: 500 ejemplares

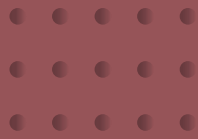
Hecho el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-12263
ISBN: 978-612-4466-21-2

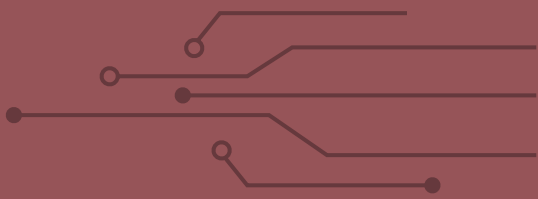
Derechos Reservados. Prohibida la reproducción parcial o total de la presente obra, bajo cualquier medio posible, sin el permiso expreso de los editores y el autor.

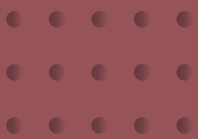
La Universidad Nacional de Moquegua no se verá afectada por el contenido de la obra. En consecuencia, el autor será el responsable por responder ante cualquier controversia o conflicto de interés.

Impreso en el Perú


AI
out_undo_partial_alloc:
while (--i >= 0) {
free_page((unsigned long)group_info->blocks[i]);
}
kfree(gro
Problems
Output
Debug Console
Terminal
Live Bab is activate. You can now view guestbook in your browser.
Local:
On your network:
http://localhost:3000
http://192.80.72.55.91:3000









# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 17

**CAPITULO 1**
**MACHINE LEARNING**

1.1. Resurgimiento de Machine Learning 23
1.2. Machine Learning (ML) y su relación con la Inteligencia Artificial (IA) 25
1.3. Problemas que el Machine Learning puede resolver 26
1.4. Enfoques de Machine Learning 27
1.4.1. Aprendizaje Supervisado 28
1.4.2. Aprendizaje No Supervisado 30
1.4.3. Aprendizaje Semi-Supervisado 32
1.4.4. Aprendizaje por Refuerzo 33
1.5. Revisión de diferentes enfoques 35
1.6. Procesamiento de modelos de Machine Learning 36
1.6.1. Recopilación de Datos 37
1.6.2. Preprocesamiento de datos 38
1.6.2.1. Limpieza 39
1.6.2.2. Integración 40
1.6.2.3. Reducción 40
1.6.2.4. Transformación 43
1.6.2.5. Discretización 48
1.6.3. Selección de modelo 48
1.6.4. Entrenamiento 50
1.6.4.1. Validación Cruzada 51
1.6.4.2. K-Fold 52
1.6.5. Evaluación 54
1.6.5.1. Cálculo del error 55
1.6.5.1.1. Error Cuadrático Medio 55

1.6.5.1.2. Error Absoluto Medio (MAE) 56
1.6.5.1.3. Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) 56
1.6.5.2. Matriz de Confusión 57
1.6.5.2.1. Acurracy 58
1.6.5.2.2. Precisión 58
1.6.5.2.3. Sensibilidad 58
1.6.5.2.4. F – Score 58
1.6.5.3. Curva ROC 60
1.6.6. Ajuste de hiperparámetros 62
1.6.7. Predicción 63
1.6.8. Regresión Lineal 64
1.6.9. Regresión Logística 65
1.6.10. Red Neuronal Artificial 66

## CAPITULO 02
## DEEP LEARNING

2.1. Historia de Deep Learning 71
2.2. Definición de Conceptos 73
2.2.1.Generalización 73
2.2.1.1. Overfitting 73
2.2.1.2. Underfitting 74
2.2.2. Algoritmos de Optimización 75
2.3. Aplicaciones de Deep Learning 80
2.4. Tipos de Redes Neuronales 82
2.4.1. Perceptrón 82
2.4.2. Perceptrón multicapas 83
2.4.2.1. BackPropagation 85
2.4.3. Antecedentes de las Redes Neuronales Convolucionales 89
2.4.4. Redes Neuronales Convolucionales 92
2.5. Tipos de capas 98
2.5.1. Capas Convolucionales 98
2.5.2. Activación de Capas 99
2.5.2.1. Función Sigmoide 99
2.5.2.2. Función Relu 102
2.5.2.3. Función Tangente Hiperbólica 104
2.5.3. Pooling Layers 105

2.5.4. Capas totalmente conectadas 108
2.6. Técnicas de Optimización 110
2.6.1. Dropout 110
2.6.2. Batch Normalization 111

## CAPITULO 03
## DETECCIÓN DE LA TUBERCULOSIS EN IMÁGENES RADIOGRÁFICAS

3.1. Introducción 115
3.2. Arquitectura 116
3.3. Experimentación 117
3.4. Resultados 127

# ILUSTRACIONES

## Capitulo 1


| | | |
|---|---|---|
| Figura 1- 1: | Modelos de Aprendizaje | 28 |
| Figura 1- 2: | Modelo de Aprendizaje Supervisado | 30 |
| Figura 1- 3: | Modelo de Aprendizaje No Supervisado | 32 |
| Figura 1- 4: | Modelo de Aprendizaje Semi-Supervisado | 33 |
| Figura 1- 5: | Modelo de Aprendizaje por Refuerzo | 35 |
| Figura 1- 6: | Un resumen de las características de los enfoques de aprendizaje automático | 36 |
| Figura 1- 7: | Procesos y Tareas de Machine Learning | 37 |
| Figura 1- 8: | Saturación de Imágenes | 44 |
| Figura 1- 9: | El procesamiento de imágenes y su potencial | 45 |
| Figura 1- 10: | Vector RGB | 46 |
| Figura 1- 11: | Escala a grises de una imagen | 47 |
| Figura 1- 12: | Imagen difuminada | 47 |
| Figura 1- 13: | Red Neuronal | 50 |
| Figura 1- 14: | Validación Cruzada | 52 |
| Figura 1- 15: | Modelo K Fold | 53 |
| Figura 1- 16: | Matriz de Confusión | 57 |
| Figura 1- 17: | Matriz de Confusión - 2 Dimensiones | 59 |
| Figura 1- 18: | Curva ROC | 61 |
| Figura 1- 19: | Modelo del Conjunto de Datos | 64 |
| Figura 1- 20: | Modelo de Regresión Lineal | 65 |
| Figura 1- 21: | Modelo de Regresión Logística | 66 |
| Figura 1- 22: | Red Neuronal Biológica | 67 |

## Capitulo 2

Figura 2- 1: Modelo Overfitting 74
Figura 2- 2: Modelo Underfitting 75
Figura 2- 3: Red Multicapa con Gradiente Descendiente 79
Figura 2- 4: Convergencia de Red Neuronal 80
Figura 2- 5: Arquitectura del Perceptrón 82
Figura 2- 6: Representación de la Compuerta XOR 83
Figura 2- 7: Perceptrón Multicapa 84
Figura 2- 8: Modelo Back Forward 85
Figura 2- 9: Experimento Receptivo de Hubel y Wiesel 90
Figura 2- 10: Convolución de una Imagen 91
Figura 2- 11: Arquitectura LesNet5 93
Figura 2- 12: Arquitectura AlexNet 94
Figura 2- 13: Configuración VGG 95
Figura 2- 14: Rendimiento del Entrenamiento de Configuraciones VGG 96
Figura 2- 15: Resultados de Validación de Configuraciones VGG 97
Figura 2- 16: Comparación de las configuraciones VGG16 y VGG19 97
Figura 2- 17: Capa Convolucional 98
Figura 2- 18: Función Sigmoide 100
Figura 2- 19: Inversa de la función Logarítmica F(x) 101
Figura 2- 20: Función Relu 104
Figura 2- 21: Función Tangente Hiperbólica 105
Figura 2- 22: Dimensión del Filtro 106
Figura 2- 23: Deslizamiento del Filtro 106
Figura 2- 24: Agrupación Máxima 107
Figura 2- 25: Agrupación Promedio 108
Figura 2- 26: Agrupación Mínima 108
Figura 2- 27: Capas Totalmente Conectadas 109
Figura 2- 28: Función Dropout 111
Figura 2- 29: Normalización por lotes de una capa de 3 neuronas 112

## Capitulo 3

Figura 3- 1: Imágenes de paciente sano y con tuberculosis 118
Figura 3- 2: Evaluación del desempeño en la etapa de entrenamiento y validación de las métricas de precisión y la entropía cruzada para MobileNet 124
Figura 3- 3: Matriz de Confusión para los resultados con MobileNet 126
Figura 3- 4: Métricas de evaluación para cada algoritmo 127

# AGRADECIMIENTO

En este momento tan especial, queremos expresar nuestra más profunda gratitud a todas las personas y a la Universidad Nacional de Moquegua que han hecho posible la publicación de este libro. Este proyecto, que nació con la intención de difundir el conocimiento sobre Machine Learning y Deep Learning, no habría llegado a buen puerto sin el apoyo incondicional que hemos recibido. Agradecemos en primer lugar a nuestras familias, por su paciencia, comprensión y apoyo constante durante el proceso de escritura. Sus palabras de aliento y su fe en nosotros han sido el motor que nos ha impulsado a seguir adelante. A nuestros colegas y amigos, por compartir sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo así el contenido de este libro. A la Universidad Nacional de Moquegua, por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto. Y, por último, queremos extender nuestro agradecimiento al grupo de investigación "Visión Computacional e Inteligencia Artificial", del cual formamos parte, el espacio de trabajo colaborativo y el intercambio de ideas dentro del grupo han sido un estímulo invaluable para nuestro desarrollo profesional y para la concreción de este libro. A los autores e investigadores cuyos trabajos previos han sentado las bases para el desarrollo de este campo; sus publicaciones, como las de Rahman et al. (2020) y Jaeger et al. (2014) entre otros, nos han inspirado y guiado en nuestra investigación. Esperamos que este libro sea una herramienta valiosa para todos aquellos que deseen adentrarse en el apasionante mundo del Machine Learning y Deep Learning. Nuestro objetivo ha sido presentar los conceptos de manera clara y concisa, ilustrándolos con ejemplos prácticos y aplicaciones en la detección de tuberculosis. Confiamos en que esta obra contribuya a la formación de nuevos profesionales en este campo y al desarrollo de nuevas soluciones que beneficien a la sociedad.



# INTRODUCCIÓN

El siguiente libro tiene la finalidad de difundir los inicios del aprendizaje profundo o Machine Learning (ML) que se originaron a mediados del siglo XIX, las crisis ocasionadas por los fondos de investigación denominándolo invierno en Inteligencia Artificial (IA), las diversas aplicaciones que se utiliza en la actualidad y las herramientas necesarias para iniciar en el campo de ciencias de datos.

Para iniciar con un proceso de automatización por medio de un modelo inteligente debemos de considerar la importancia de datos para su análisis y procesamiento, debido que esto se considera como desafío y claro ejemplo se dio en 1970 durante el primer invierno de IA, donde no sabían que estudiar por falta de información, posteriormente los modelos a los cuales hoy en día son considerados algoritmos por parte de la comunidad científica, tuvieron un impacto positivo por los diferentes desafíos para su aplicación en múltiples campos. Con el avance tecnológico surgen enfoques de aprendizaje profundo y estos se categorización según su arquitectura y necesidad, estas tienden aprenden automáticamente de los datos procesados o no, y tienen poca intervención humana. Estos enfoques son; "Supervisados"; "No Supervisados"; "Semi – Supervisados"; "Por Refuerzo".

Algunas aplicaciones de estos enfoques los conocemos como; los servicios de traducción de idiomas de Google, el reconocimiento de voz de Alexa de Apple y los automóviles autónomos de Google, que se desarrollaron con algoritmos de aprendizaje profundo. En el campo de audiovisuales como la síntesis de voz, en medicina; es el descubrimiento de fármacos, como

también la identificación y reconocimiento de enfermedades. Las múltiples aplicaciones están conectadas al campo de ciencia de datos aplicando, desarrollando e implementando procesos automáticos para hacer frente a los diversos problemas de la humanidad. Para el desarrollo de un modelo es necesario considerar; hardware, software y conocimientos básicos para iniciar una transformación. Gracias a la difusión de una interfaz de programación de aplicaciones (API) y macros computacionales potentes y gratuitos como Keras y TensorFlow, incluyendo los servicios de procesamiento en la nube para ejecutar modelos, permite que cualquiera persona puede ejecutar modelos de aprendizaje profundo en cuestión de horas, teniendo conocimientos básicos.

El libro ofrece una breve reseña de los algoritmos según el enfoque de aprendizaje profundo donde se presentan sus arquitecturas y aplicaciones, teniendo como propósito principal ser guía práctica para quienes deseen comprender qué es el aprendizaje profundo aplicándose como caso práctico para la detección de enfermedades, donde se explicarán los conocimientos básicos para entrenar modelos por medio del lenguaje de programación en Python con las librerías para su procesamiento por medio de Keras y Scikit-Learn; además, de emplear la plataforma de Google Colab para aprovechar el potencial de GPU's durante el entrenamiento de los algoritmos de aprendizaje profundo.