



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Matemáticas
Postgrado en Modelos Aleatorios

**Proyecto de Trabajo Especial de Grado de la
Maestría en Modelos Aleatorios**

**ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE APRENDIZAJE
ESTADÍSTICO PROVISTOS POR AMAZON WEB
SERVICES E IMPLEMENTACIÓN DE REDES
NEURONALES CONVOLUCIONALES PARA EL
RECONOCIMIENTO DE PATRONES VISUALES CON
AMAZON DEEPLENS.**

A ser desarrollado por:
Ing. Alexander A. Ramírez M.
C.I. 10.488.134
Tutor:
Dr. Ricardo Rios.

Caracas - Venezuela
Octubre/2018

1. Introducción

Este trabajo pretende estudiar los modelos ofrecidos a través de las herramientas provistas por Amazon, así como desarrollar metodologías y prácticas para implementar servicios a empresas, que aplican dichos modelos y algoritmos de aprendizaje estadístico, a través de los servicios e infraestructura en la nube provistos por Amazon.

La aplicación de métodos para reconocer patrones, inferir y clasificar partiendo de los datos, se están popularizando en todas las industrias. En este sentido las grandes empresas proveedoras de tecnología están ofreciendo opciones para implementar algunos de estos métodos y algoritmos en la nube, accesibles a través de internet y sin necesidad de implementar capacidad de procesamiento y almacenamiento propios, mediante granjas de servidores.

Estos servicios ofrecidos en la nube permiten, a las empresas proveedoras de soluciones, implementar aplicaciones que reciben los datos, los preprocesan, los consumen, generan modelos y se ajustan, para luego predecir, reconocer patrones y clasificar. Estos servicios estandarizan la forma de aplicar modelos de aprendizaje basado en los datos y permiten su aplicación de forma inmediata.

Amazon es una empresa que inicia en el año 1997 como un portal de comercio electrónico, es una de las pocas que ha sobrevivido luego de la crisis de las empresas punto com entre 1999 y el año 2000. Lo curioso de esta empresa es que para sostener un negocio de comercio electrónico global desarrolló grandes motores de aprendizaje estadístico para ofrecer recomendaciones a sus usuarios de forma oportuna. Estas aplicaciones requieren gran capacidad de cómputo y almacenamiento, Amazon las desarrolla para su propio uso y luego empieza a ofrecerlas como servicios a través de su plataforma Amazon Web Services (AWS).

Ahora es posible implementar un servidor o una base de datos sin necesidad de comprarlo y sin necesidad de implementar toda la infraestructura necesaria para instalar el servidor como: espacio acondicionado y climatizado, acceso a internet, gabinetes, electricidad, UPS, entre otros. Amazon a través de AWS ofrece infraestructura que se paga en la medida de la capacidad que se consume, también conocido como Software como Servicio *Software as a Service - SaaS* y Plataforma como Servicio *Platform as a Service - PaaS*.

Este modelo de negocio permite a los usuarios la oferta de servicios de forma flexible y elástica, ya que la infraestructura en la nube crece de acuerdo a las necesidades y se adapta a la estacionalidad. Cuando se implementa la infraestructura de servidores propia, esta se debe dimensionar para soportar la mayor carga posible durante el año y es usual que el resto del año dicha capacidad esté ociosa, generando costos de inversión altos. Una de las ventajas de los servicios de AWS es que son elásticos y se pagan en la medida en que se utilizan.

Sobre esta plataforma de servicios en la nube se implementan muchos servicios útiles para los desarrolladores de aplicaciones, entre ellos los servicios de Aprendizaje

Automático que consisten en la implementación de modelos y algoritmos de aprendizaje estadístico.

1.1. AWS - Aprendizaje Automático

Entre los servicios que ofrece AWS relacionado con las técnicas de aprendizaje estadístico se encuentran: Apache MXNet en AWS, Amazon Comprehend, AMI de aprendizaje profundo de AWS, AWS DeepLens, Amazon Lex, Amazon Machine Learning, Amazon Polly, Amazon Rekognition, Amazon SageMaker, Amazon Transcribe y Amazon Translate.

Otros proveedores como Google, Microsoft e IBM ofrecen sus propias soluciones.

1.2. Google

- AI en la Nube
- Motor de Aprendizaje Automatizado en la Nube

1.3. Microsoft Azure

- Azure AI
- AI + Aprendizaje Automatizado
- Servicios de Aprendizaje Automatizado

1.4. IBM Bluemix, Analítica y Watson

- Bluemix Watson
- Ciencia de los Datos y Aprendizaje Automatizado
- Aprendizaje Automatizado con Watson

Adicionalmente a los proveedores de soluciones se encuentran las herramientas que implementan los modelos, entre ellas: Tensorflow, Keras, Caffe, Pytorch, Spark MLlib, scikit learn, xgboost, SPSS, R y la comunidad que aporta paquetes y librerías.

Debido a la gran diversidad de problemas, existe una variedad de opciones que bien valen la pena ser estudiadas y al mismo tiempo permiten desarrollar soluciones con los últimos avances logrados en la academia y en la industria.

En Junio del 2018, Amazon lanza "La primera cámara de vídeo del mundo con aprendizaje profundo para desarrolladores". Es el kit para desarrolladores con una cámara de alta definición denominado AWS DeepLens.

AWS DeepLens es un conjunto de herramientas integradas (kit) para desarrolladores con cámara de alta definición conectada con un conjunto de proyectos de muestra para ayudar a los desarrolladores a aprender conceptos de aprendizaje automático mediante casos de uso de visión artificial prácticos. AWS DeepLens está preconfigurado para funcionar con varios servicios de AWS con el objetivo de ofrecer un marco de trabajo de aprendizaje profundo que esté optimizado para AWS DeepLens, por lo que es sencillo crear aplicaciones de visión artificial. Si bien AWS DeepLens tiene capacidad suficiente para los expertos, también está diseñado para ayudar a todos los desarrolladores a empezar a trabajar rápidamente con poca o nula experiencia en aprendizaje profundo.

En este sentido queremos explorar las capacidades ofrecidas por este kit con un enfoque doble: en primer lugar entender la oferta de AWS, en el entendido que ofrecen opciones de gran avance tecnológico que vale la pena estudiar y en segundo término, partiendo de la oferta de AWS implementar soluciones y sobre ellas realizar aportes y mejoras. En este sentido el desarrollo académico puede partir del avance que ya otros han logrado y sobre estos desarrollar nuevos modelos.

2. Antecedentes y Motivación

2.1. Antecedentes

Nuestra racionalidad es fascinante y enigmática y ha sido objeto de estudio por diversas disciplinas, tanto las médicas como las tecnológicas. Nuestra forma de razonar, el pensamiento, los procesos mentales y nuestros comportamientos generan interés desde el punto de vista de la tecnología y el gran objetivo es automatizar actividades imitando estos procesos. El objetivo, además de entender la inteligencia, es adicionalmente construir entidades inteligentes [1].

La Inteligencia Artificial como campo de estudio está compuesto por una gran variedad de disciplinas que van desde las generales como el aprendizaje y la percepción hasta las más específicas como jugar ajedrez o Go y manejar un carro de forma autónoma [1].

Dentro de las capacidades que deben manifestarse para mostrar inteligencia podemos contar con:

- Procesamiento del Language Natural (NLP): Consiste en comunicarse en un idioma.
- Representación del Conocimiento: Almacenar lo que se conoce o se escucha.
- Razonamiento automatizado: Responder preguntas e inferir basado en el conocimiento adquirido.
- Aprendizaje automatizado: Adaptarse a nuevos datos, detectar patrones e inferir.
- Visión automatizada: Percibir objetos e identificarlos
- Robótica: Manipular objetos.

Estas capacidades surgen de la prueba definida por Alan Turing (1950) donde se realizan una serie de preguntas y basado en las respuestas, el que interroga no puede decidir si las respuestas provienen de una persona o una computadora.

De todas estas capacidades vamos a enfocarnos en el aprendizaje automatizado, también conocido como Machine Learning. Esta capacidad nos genera gran interés ya que a partir de ella, y sus métodos, se pueden desarrollar otras capacidades.

El aprendizaje automatizado consiste en una serie de modelos, técnicas y algoritmos que parten de los datos y sobre estos se identifican características y patrones que permiten inferir. El problema fundamental es encontrar el balance adecuado entre el sesgo y el error.

El estudio de los métodos de aprendizaje estadístico en la academia se centra en su entendimiento teórico y los aspectos técnicos mediante herramientas didácticas. Este trabajo se realiza con la idea de abonar en el terreno de la construcción de aplicaciones

con datos reales a través de las plataformas y servicios de uno de los grandes proveedores de tecnología. La idea es que los métodos explorados, estudiados y aplicados queden documentados para que otros puedan utilizar en aplicaciones y soluciones para la industria, sobre la infraestructura de Amazon. Partiendo de estos modelos, su uso y aplicación, podemos entender los límites y al mismo tiempo las líneas de investigación que se pueden seguir para avanzar en este terreno.

El aprendizaje automático se divide en dos grandes ramas debido al uso de conocimiento previo o no para realizar procesos de entrenamiento/aprendizaje. Si partimos de un conjunto de datos donde contamos con el resultado esperado, estamos realizando un proceso de aprendizaje supervisado, si por otra parte no se conoce o no se utiliza el resultado esperado entonces el modelo de aprendizaje es no supervisado.

Los modelos de aprendizaje supervisado consisten en un proceso de entrenamiento que permite ajustar los parámetros del modelo mediante un proceso de optimización de una función que minimiza el error. Estos modelos plantean una distyuntiva entre el sesgo del modelo y el error aceptado. El sesgo indica que tan ajustado está el modelo a los datos utilizados y su capacidad para realizar inferencia sobre datos nuevos. En este caso los datos se dividen en dos conjuntos, uno de entrenamiento y otro de prueba, el primer conjunto de datos se utiliza para realizar el proceso de ajuste de parámetros y luego se prueba el modelo obtenido con el conjunto de datos de prueba. El aprendizaje se puede interpretar en este caso como el ajuste de parámetros de un modelo como resultado de un proceso de optimización que minimiza el error o maximiza los aciertos del modelo. Se podría interpretar como un proceso de regresión, es decir, un proceso para conseguir una función que surge de los datos provistos.

Sea $Y = (Y_1, \dots, Y_n)$ los valores de una variable dependiente o de respuesta dado un conjunto de variables independientes $X = (X_1, \dots, X_m)$, donde $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{im})$ corresponde al i -ésimo caso de entrenamiento y sea y_i la respuesta.

Nos interesa realizar un modelo capaz de predecir basándonos en una muestra de entrenamiento $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$. Es decir, el modelo produce \hat{y}_i estimado para cada x_i y el proceso de aprendizaje consiste en minimizar una función de pérdida tal que $L(y, \hat{y})$, es decir, la distancia entre el valor estimado y el real se minimice. Si suponemos que (X, Y) son variables aleatorias representadas por una función de densidad conjunta $P(X, Y)$, entonces el aprendizaje supervisado se puede caracterizar como la estimación de una función de densidad, donde interesa conocer las propiedades de $P(Y | X)$. Estas propiedades de interés consiste en conseguir parámetros μ tal que para cada x :

$$\mu(x) = \operatorname{argmin}_{\theta} E_{Y|X} L(Y, \theta)$$

Por otra parte el aprendizaje no supervisado consiste en trabajar con los datos, sin realizar ningún proceso de ajuste de parámetros a un resultado esperado. Sólo contamos con los datos X y nos interesa conseguir relaciones entre estos datos que hagan emerger relaciones entre ellos. Es decir, para N observaciones (x_1, \dots, x_N) de un

vector aleatorio X con densidad conjunta $P(X)$, el objetivo es inferir propiedades sin información adicional[3] P.437-438.

En nuestra investigación documental hemos hallado cuatro grandes corrientes de desarrollo de la investigación sobre los métodos de aprendizaje estadístico, tanto supervisados como no supervisados, entre ellos:

- Métodos de aprendizaje estadístico supervisados basados en regresión, clasificación, máquinas de soporte vectorial, no supervisados, agrupamiento, componentes principales, ranking, bosques aleatorios, entre otros.
- Redes neuronales
- Aprendizaje reforzado (Reinforcement Learning)
- Aprendizaje bayesiano

Este trabajo se enfocará en los dos primeros. En primer término en los métodos de aprendizaje estadístico y sus metodologías como introducción al segundo modelo que aunque inspirado en el cerebro humano, sus métodos siguen los patrones de ajuste de parámetros y optimización desarrollados en los primeros. Se prestará especial énfasis a las Redes Neuronales y sus métodos en detalle hasta el desarrollo de las Redes Neuronales Convolucionales.

2.2. Motivación

El aprendizaje estadístico (Machine Learning) es una rama de la Inteligencia Artificial y dentro de la misma encontramos los algoritmos de aprendizaje profundo que se basan en la construcción de Redes Neuronales con varias capas ocultas. En este trabajo serán de particular interés las Redes Neuronales Convolucionales[2] que han surgido recientemente para resolver problemas de identificación de objetos y patrones visuales en imágenes, de esta manera se logra la identificación y clasificación de los mismos. Dos prominentes ejemplos de el uso de este tipo de algoritmos es el servicio de Alexa de Amazon para reconocimiento de voz y también el reconocimiento de patrones visuales en imágenes desarrollado por Google o Facebook.

Los algoritmos de aprendizaje estadísticos han ganado mucha popularidad ya que se han producido dos hechos fundamentales:

- Las empresas y proveedores de servicios en internet utilizan los métodos de aprendizaje estadístico para explotar su negocio con modelos basados en los datos
- La capacidad de procesamiento mediante las unidades de procesamiento gráficos (GPU) y el almacenamiento han crecido y están disponibles a bajo costo.

En este sentido es posible, para cualquier empresa que tenga la disciplina de recolectar sus datos, inferir y clasificar información sobre los clientes que permite desarrollar estrategias comerciales más enfocadas, personalizadas, flexibles y adaptables a los hábitos y usos de los productos y servicios de los clientes.

Amazon desde sus inicios empezó con su portal de comercio electrónico para comercializar libros y desde su inicio realiza recomendaciones basadas en las búsquedas, listas de deseo y compras que los clientes realizan desde la página web. Estas técnicas y la infraestructura construida por Amazon se ofrece como servicio a través de Amazon Web Servicios (AWS). Otras empresas, grandes como Amazon, han seguido sus pasos en la oferta de infraestructura en la nube como, Microsoft, Google e IBM.

El entendimiento de una de las plataformas más importantes de servicios en la nube abona en la dirección de entender el resto de los proveedores con una referencia sólida, basada en el uso de AWS, que es **la plataforma en la nube de uso más extendido en la industria**.

Entre los servicios que se pueden implementar en la infraestructura AWS de Amazon se encuentran, SageMaker y Apache MXNet.

Amazon SageMaker es un servicio de aprendizaje estadístico completamente gestionado. Con este los científicos de datos y desarrolladores pueden construir y entrenar modelos de aprendizaje e implementarlos en ambientes preparados para dar servicios en producción en la nube.

El trabajo de grado consiste en la investigación documental y práctica del estado del arte en la aplicación de algoritmos de aprendizaje estadístico provistos por Amazon para desarrollar una práctica que permita implementar soluciones a problemas que plantea la industria, así como conocer los límites de dichos servicios y plantearnos nuevas líneas de investigación que complementen la oferta de servicios actual.

3. Objetivos Generales

- Estudiar y aplicar los algoritmos de aprendizaje estadístico provistos por Amazon y desarrollar una metodología de trabajo para ofrecer servicios a través de AWS utilizando los [bancos de imágenes MNIST y CIFAR](<https://keras.io/datasets/>).
- Explorar AWS DeepLens como plataforma didáctica para la aplicación de los algoritmos de aprendizaje en el campo del reconocimiento visual de patrones mediante Redes Neuronales Convolucionales.

3.1. Objetivos Específicos

- Estudiar y explorar los servicios provistos por Amazon a través de su plataforma AWS y repasar de forma general todos los servicios de aprendizaje estadísticos provistos.
- Estudiar los algoritmos provistos por Amazon SageMaker: Linear Learner, Factorization Machines, XGBoost Algorithm, Image Classification Algorithm, Sequence2Sequence, K-Means Algorithm, Principal Component Analysis (PCA), Latent Dirichlet Allocation (LDA), Neural Topic Model (NTM), DeepAR Forecasting, BlazingText y Random Cut Forest. Especificar las características teóricas y modelos subyacentes, así como las referencias principales.
- Especificar los pasos y métodos necesarios para aplicar los algoritmos de aprendizaje con ejemplos didácticos. Realizar consideraciones prácticas para la implementación de servicios mediante AWS.
- Activar y Configurar AWS DeepLens.
- Explorar los casos de uso y métodos de ejemplo con enfoque didáctico.
- Aplicar algoritmos provistos por Amazon SageMaker para el reconocimiento de patrones.
- Especificar las actividades y pasos necesarios para la aplicación de algoritmos de aprendizaje o inferencia propios o de terceros en Amazon SageMaker.

4. Metodología

Se utilizará la metodología Scrum que consiste en la definición de casos de uso, su ejecución y prueba en ciclos cortos, no mayores a dos semanas. En cada ciclo se realiza un paquete de trabajo con un entregable tangible. Estos entregables se revisan con el tutor y se mejora de acuerdo a las sugerencias recibidas.

En primer término vamos a estudiar y describir los algoritmos provistos por Amazon. Por cada algoritmo se presentarán:

- Características teóricas,
- Referencias y
- Ejemplos de uso y aplicaciones

Para ello se realizarán actividades exploratorias para entender en detalle las características de cada algoritmo y su alcance, sus parámetros y resultados. Se explorarán y estudiarán las referencias principales para destacar las cualidades de los algoritmos provistos por Amazon.

Luego se utilizará AWS DeepLens para aplicar los métodos provistos por Amazon SageMaker al reconocimiento de imágenes. Se realizarán las actividades de configuración, creación de instancia en la nube de Amazon y estudio de los resultados.

5. Cronograma de trabajo

Cronograma de Trabajo						
Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Estudio y descripción de algoritmos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estudio de referencias	✓	✓				
Configuración y uso de AWS DeepLens		✓	✓			
Reconocimiento de patrones visuales			✓	✓		
Aplicación de métodos propios				✓	✓	
Presentación					✓	✓
Redacción del Tomo	✓	✓	✓	✓	✓	✓

- **Estudio y descripción de algoritmos:** Consiste en el estudio de los algoritmos provistos por Amazon SageMaker.
- **Estudio de referencias:** Recopilación y estudio de referencias sobre los algoritmos implementados.
- **Configuración y uso de AWS DeepLens:** Configuración y ejemplos de uso de AWS DeepLens.
- **Reconocimiento de patrones visuales:** Aplicación de algoritmos de Amazon SageMaker para el reconocimiento visual de patrones.
- **Aplicación de métodos propios:** Describir los pasos necesarios para aplicar algoritmos propios o de terceros para reconocer patrones con AWS DeepLens .
- **Presentación:** Elaboración de la presentación del trabajo realizado.
- **Redacción del Tomo:** Redacción del libro con todos los detalles del trabajo realizado.

Referencias

- [1] Artificial Intelligence A Modern Approach, 3rd Edition, Stuart J. Russell y Peter Norvig, Pearson, 2016.
- [2] *Deep Learning*, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio y Aaron Courville, MIT Press, 2016.
- [3] The Elements of Statistical Learning, Data Mining, Inference and Prediction, 2nd Edition, Trevor Hastie, Robert Tibshirani y Jerome Friedman, Springer, 2008.
- [4] Amazon, *Amazon SageMaker*. Seattle, USA, 2018.
- [5] Amazon, *Amazon SageMaker Documentation*. Seattle, USA, 2018.
- [6] Amazon, *AWS DeepLens*. Seattle, USA, 2018.
- [7] Amazon, *AWS DeepLens Developer Resources*. Seattle, USA, 2018.
- [8] Amazon, *AWS DeepLens Developer Guide*. Seattle, USA, 2018.