

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO

PROYECTO DE GRADO

Advanced Natural Language Processing Techniques to Profile Cybercriminals

Autor:

Alejandro ANZOLA ÁVILA

Director:

Daniel Orlando DÍAZ LÓPEZ, *Ph.D.*

Programa de Ingeniería de Sistemas

BOGOTÁ, COLOMBIA



19 de mayo de 2019

Índice general

Resumen	V
Notación	VII
1. Introducción	1
1.1. Objetivo general	1
1.2. Objetivos específicos	1
2. Cronograma	2
3. Logros y productos del proyecto	4
4. Marco teórico	5
4.1. Análisis de vínculos (Link Analysis)	5
4.2. Agentes de software (Software Agents)	6
4.3. Aprendizaje de maquina (Machine Learning)	6
4.3.1. Tipos de Machine Learning	6
4.3.2. Sistemas de Detección de Anomalías (Anomaly Detection Systems)	7
4.4. Minería de datos (Data Mining)	7
4.4.1. Minería de texto (Text Mining)	8
4.4.2. Clasificación	8
Metodologías de clasificación	8
4.4.3. Clustering	8
4.5. Sistemas Basados en Conocimiento (Knowledge Based Systems)	9
4.6. Redes Neuronales Artificiales (Artificial Neural Network)	9
4.6.1. Mapa autoorganizado (Self-organizing Maps)	10
4.7. Maquina de soporte vectorial (Support Vector Machine)	13
4.7.1. Maximum Margin Hyperplanes	13
4.7.2. Función Kernel	15
4.8. Clasificadores Bayesianos	15
4.8.1. Teorema de Bayes	15
Usando el teorema de Bayes para clasificación	15
4.8.2. Clasificador Naïve Bayes	16
Como funciona el clasificador Naïve Bayes	16
5. Estado del arte	17

6. Propuesta de aplicación	19
6.1. Entendimiento del negocio (Business understanding)	19
6.2. Adquisición de datos (Data acquisition)	19
6.3. Modelamiento (Modelling)	19
6.3.1. Modelo 1: Predicción de etiquetas de Twitter con modelos lineales	20
Creación del Corpus de palabras	21
Conversión de textos a vectores	21
Generación del conjunto de entrenamiento, validación y pruebas	21
Clasificador de regresión logística	21
Multclasificador de One vs Rest	22
6.3.2. Modelo 2: Reconocimiento de Named Entities con redes Long Short	
Term Memory	24
Redes neuronales recurrentes (Recurrent Neural Networks)	24
Redes neuronales Long Short Term Memory	24
Redes neuronales Bidirectional Long Short Term Memory	25
Reconocimiento de Named Entities	26
6.3.3. Modelo 3: Búsqueda de tweets relacionados con <i>embeddings</i> de	
StarSpace	26
6.4. Despliegue (Deployment)	27
7. Conclusiones y trabajo futuro	29
Glosario	31
Bibliografía	36

Índice de figuras

2.1. Diagrama Gantt de actividades de 1 ^{er} periodo	2
2.2. Diagrama Gantt de actividades de 2 ^{do} periodo	2
4.1. Arquitectura KBS	9
4.2. Proceso de adaptación de SOM	11
4.3. Ejemplo de salida de SOM uni-dimensional	12
4.4. Comparación de salidas de SOM uni-dimensional	12
4.5. Ejemplo de uso de SOM en aplicaciones de perfilado	13
4.6. Maximum Margin Hyperplanes	14
4.7. Transformación de espacios en Support Vector Machine	14
6.1. Arquitectura de propuesta	19
6.2. Gráfica de función sigmoide	22
6.3. Algoritmo de One vs Rest	23
6.4. Arquitectura de Modelo 1	23
6.5. Red RNN simplificada	24
6.6. Red RNN clásica	25
6.7. Red LSTM clásica	25
6.8. Etiquetado con una LSTM	26
6.9. Etiquetado con una Bi-LSTM	26

Índice de cuadros

2.1. Detalle de cronograma de actividades	3
6.1. Variaciones de tf	20
6.2. Ejemplo de reconocimiento de Named Entities.	26

Escuela Colombiana de Ingeniería
Julio Garavito

Resumen

Programa de Ingeniería de Sistemas

Estudiante de Ingeniería de Sistemas

Advanced Natural Language Processing Techniques to Profile Cybercriminals

por Alejandro ANZOLA ÁVILA

In document language ...

Escribir
abstract

Escuela Colombiana de Ingeniería
Julio Garavito

Abstract

Programa de Ingeniería de Sistemas

Estudiante de Ingeniería de Sistemas

Advanced Natural Language Processing Techniques to Profile Cybercriminals

by Alejandro ANZOLA ÁVILA

In english....

Escribir
abstract
en ingles

Notación

Esta notación es una adaptación de la presentada en [1].

Números y Arreglos

a	Un escalar (entero o real)
\mathbf{a}	Un vector
\mathbf{A}	Una matriz
\mathbf{I}_n	Matriz identidad con n filas y n columnas
\mathbf{I}	Matriz identidad con dimensionalidad implícita por el contexto
$\mathbf{e}^{(i)}$	Vector estándar base $[0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0]$ con un 1 en la posición i
a	Una variable aleatoria real
\mathbf{a}	Un vector de variables aleatorias
\mathbf{A}	Una matriz de variables aleatorias

Conjuntos y Grafos

\mathbb{A}	Un conjunto
\mathbb{R}	El conjunto de números reales
\mathbb{N}	El conjunto de números naturales
$\{0, 1\}$	El conjunto que contiene al 0 y el 1
$\{0, 1, \dots, n\}$	El conjunto que contiene todos los números entre 0 y n
$[a, b]$	El intervalo real que incluye a y b
(a, b)	El intervalo real que no incluye a pero si b
$\mathbb{A} \setminus \mathbb{B}$	Substracción de conjuntos, e.g., el conjunto que contiene los elementos de \mathbb{A} que no están en \mathbb{B}
\mathcal{G}	Un grafo
$\text{Pa}_{\mathcal{G}}(x_i)$	El padre de x_i en \mathcal{G}

Índices

a_i	Elemento i del vector \mathbf{a} , con índice empezando en 1
\mathbf{a}_{-i}	Todos los elementos del vector \mathbf{a} a excepción del elemento i
$A_{i,j}$	Elemento i, j de la matriz \mathbf{A}
$\mathbf{A}_{i,:}$	Fila i de la matriz \mathbf{A}
$\mathbf{A}_{:,i}$	Columna i de la matriz \mathbf{A}
\mathbf{a}_i	Elemento i del vector aleatorio \mathbf{a}

Operaciones de Álgebra Lineal

\mathbf{A}^\top	Traspuesta de la matriz \mathbf{A}
$\det(\mathbf{A})$	Determinante de la matriz \mathbf{A}

Cálculo

$\frac{dy}{dx}$	Derivada de y con respecto a x
$\frac{\partial y}{\partial x}$	Derivada parcial de y con respecto a x
$\nabla_{\mathbf{x}} y$	Gradiente de y con respecto a \mathbf{x}
$\nabla_{\mathbf{X}} y$	Matriz de derivadas de y con respecto a \mathbf{X}
$\int f(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$	Integral definida sobre un dominio entero \mathbf{x}
$\int_{\mathbb{S}} f(\mathbf{x}) d\mathbf{x}$	Integral definida con respecto a \mathbf{x} sobre el conjunto \mathbb{S}

Teoría de Probabilidad e Información

$\mathbf{a} \perp \mathbf{b}$	Las variables aleatorias \mathbf{a} y \mathbf{b} son independientes
$\mathbf{a} \perp \mathbf{b} \mid \mathbf{c}$	Son condicionalmente independientes dado \mathbf{c}
$P(\mathbf{a})$	Una distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta
$p(\mathbf{a})$	Una distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua
$\mathbf{a} \sim P$	La variable aleatoria \mathbf{a} tiene distribución P
$\mathcal{N}(\mathbf{x}; \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\sigma}^2)$	Distribución gaussiana sobre \mathbf{x} con media $\boldsymbol{\mu}$ y varianza $\boldsymbol{\sigma}^2$

Funciones

$f : \mathbb{A} \rightarrow \mathbb{B}$	La función f con dominio \mathbb{A} y rango \mathbb{B}
$f \circ g$	Composición de las funciones f y g
$f(\mathbf{x}; \boldsymbol{\theta})$	Una función de \mathbf{x} parametrizado por $\boldsymbol{\theta}$.
$\log x$	Logaritmo natural de x
$\sigma(x)$	Función sigmoid logística, $\frac{1}{1 + \exp(-x)}$
$\zeta(x)$	Función Softplus, $\log(1 + \exp(x))$
$\text{softmax}(\mathbf{z})_i$	Función Softmax, $\exp(\mathbf{z}_i) / \sum_{j=1} \exp(\mathbf{z}_j)$
$\ \mathbf{x}\ _p$	Norma L^p de \mathbf{x}
$\ \mathbf{x}\ $	Norma L^2 de \mathbf{x}
x^+	Parte positiva de x , e.g., $\max(0, x)$
$\mathbf{1}_{\text{condition}}$	Es 1 si <code>condition</code> es verdadero, 0 de lo contrario

Datasets

\mathbb{X}	Un conjunto de muestras de entrenamiento
$\mathbf{x}^{(i)}$	La i -ésima muestra (entrada) de un Dataset
$\mathbf{y}^{(i)}$ or $\mathbf{y}^{(i)}$	El objetivo asociado con $\mathbf{x}^{(i)}$ para aprendizaje supervisado
\mathbf{X}	La matriz de $m \times n$ con muestra de entrada $\mathbf{x}^{(i)}$ en la fila $\mathbf{X}_{i,:}$.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Objetivo general

El objetivo de este proyecto es generar herramientas y estrategias para el perfilado de cibercriminales con ayuda de metodologías de *Natural Language Processing* (NLP) aplicado a datos recolectados de comunicaciones y redes sociales.

1.2. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar una solución de lenguaje natural para realizar el perfilado de sospechosos.
- Identificar el estado del arte en sistemas que usan NLP para apoyar agencias de seguridad del Estado.
- Implementación de artefactos para la construcción de *Datasets* con información recolectada de medios privados como de fuentes abiertas.
- Validar la solución desarrollada frente a un escenario real.
- Modelado de diferentes metodologías, heurísticas y meta–heurísticas para NLP.

Capítulo 2

Cronograma

Rependiente

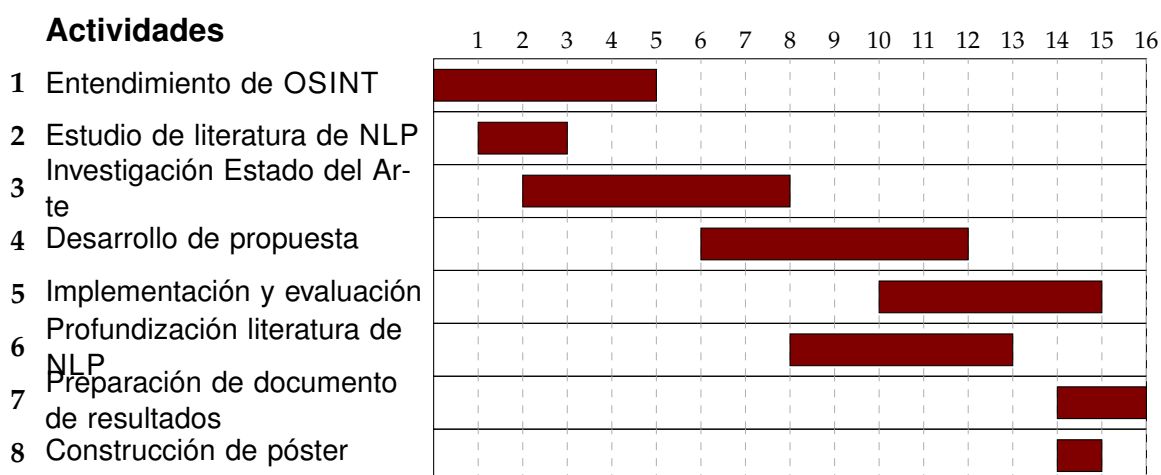


FIGURA 2.1: Diagrama Gantt de actividades de 1^{er} periodo



FIGURA 2.2: Diagrama Gantt de actividades de 2^{do} periodo

	Detalle
1	Entendimiento de NLP y proyecto <i>Open Source Intelligence</i> (OSINT)
2	Estudio de la literatura
3	Investigación del Estado del Arte
4	Desarrollo de la propuesta de investigación
5	Desarrollo de la implementación y pruebas
6	Realización de curso de NLP de National Research University Higher School of Economics de <i>Coursera</i>
7	Preparación final de documento de libro de proyectos y artículo de investigación
8	Construcción de póster para presentación en la Vitrina Académica

CUADRO 2.1: Detalle de cronograma de actividades

Capítulo 3

Logros y productos del proyecto

Entre los logros y productos obtenidos durante la ejecución de este proyecto de grado se encuentran los siguientes: _____

Revisar
bien

1. Entendimiento de las generalidades de *Data Science*:
 - Tipos de Machine Learning
 - Sistemas de detección de anomalías (Anomaly Detection Systems)
 - Diferentes modalidades de *Clustering*
2. Identificación de modelos de NLP aplicable para el perfilado de cibercriminales
3. Entendimiento de los modelos de clasificación y Clustering:
 - Clasificador de Naïve Bayes
 - Maquinas de soporte vectorial (Support Vector Machine)
 - Mapas autoorganizados (Self-organizing Maps)
4. Entendimiento de los modelos NLP:
 - Predicción de etiquetas con modelos de regresión lineal
 - Reconocimiento de *Named Entities*
 - Uso de *embeddings* generados con *StarSpace* para los k textos mas similares
5. Implementación de modelos de NLP para el perfilado de cibercriminales:
 - Modelo de predicción de hashtags de Twitter con modelos lineales _____
 - Modelo de reconocimiento de Named Entities con redes Long Short Term Memory _____
 - Modelo de Clustering en redes SOM con *embeddings* de StarSpace _____

Por termi-
nar

Pendiente

Por mirar

Capítulo 4

Marco teórico

La Web contiene una gran cantidad de opiniones respecto a productos, políticos, y mucho mas, expresado en forma de noticias, sitios de opinión, reseñas en tiendas online, redes sociales. Como resultado, el problema de “Minería de opinión” ha obtenido una atención creciente en las ultimas dos décadas y es un factor decisivo para las nuevas organizaciones (como es mencionado en [2]). De esto mismo partimos que el análisis de textos para extraer el significado y demás componentes extraíbles del texto componen un factor que debe considerarse al momento de realizar decisiones, de manera que los avances hechos hasta ahora tienen como meta una aplicación practica de lo que se conoce como Natural Language Processing.

Luego de los ataques terroristas del 11 de Septiembre de 2001 en Estados Unidos, se realizaron fuertes criticas respecto a la inteligencia, donde el director del FBI llamado *Robert S. Mueller* indico que el principal problema que la agencia tuvo fue que se enfocaba demasiado en lidiar con el crimen luego de que fue cometido y ponía muy poco énfasis en prevenirlo (adaptado de [3]). Es por esto que el uso de NLP para temas de seguridad como también de metodologías de Machine Learning y Deep Learning han sido ampliamente utilizadas en ámbito de seguridad luego de estos eventos.

Para obtener una mejor inteligencia se necesito de mejores tecnologías a las que se tenían entonces (véase [3, pág 2]):

- Integración de datos (o *Data Integration* (DI) en ingles)
- Análisis de vínculos (o *Link Analysis* en ingles)
- Agentes de software (o *Software Agents* en ingles)
- Minería de texto (o *Text Mining* en ingles)
- Redes neuronales (o *Artificial Neural Network* (ANN) en ingles)
- Algoritmos de Machine Learning (o *Machine Learning Algorithms* en ingles)

4.1. Análisis de vínculos (Link Analysis)

Es la visualización de asociaciones entre entidades y eventos, por lo general involucran una visualización por medio de una gráfica o un mapa que muestre las relaciones entre sospechosos y ubicaciones, sea por medio físico o por comunicaciones en la red.

4.2. Agentes de software (Software Agents)

Es el software que realiza tareas asignadas por el usuario de manera autónoma, donde sus habilidades básicas son:

- **Realización de tareas:** Hacen obtención de información, filtrado, monitoreo y reporte.
- **Conocimiento:** Pueden usar reglas programadas, o pueden aprender reglas nuevas (véase 4.5).
- **Habilidades de comunicación:** Reportar a humanos e interactuar con otros agentes.

4.3. Aprendizaje de maquina (Machine Learning)

De acuerdo con [4], se define como un conjunto de métodos que pueden detectar patrones automáticamente en datos, y luego usar los patrones descubiertos para predecir los datos futuros, o realizar otra clase de toma de decisiones con un grado de incertidumbre, por tal motivo es necesario el uso de teoría de probabilidad, que puede ser aplicada a cualquier tipo de problema que involucra incertidumbre.

4.3.1. Tipos de Machine Learning

Machine Learning (ML) esta principalmente dividida en dos tipos. El método predictivo o bien **aprendizaje supervisado** (*Supervised Learning*), donde el objetivo es aprender un mapeo de las entradas x a las salidas y , dado un conjunto de pares de etiquetas de entrada-salida $D = \{(x_i, y_i)\}_{i=1}^N$. D se le llama el conjunto de entrenamiento y N es el numero de muestras de entrenamiento.

En la forma mas sencilla, cada entrada de entrenamiento x_i es un vector D -dimensional de números, a estos se le llaman *características* o *atributos*.

De manera similar la forma de la salida puede ser en principio cualquier cosa, pero la mayoría de métodos asumen que y_i es una variable *categorica* o *nominal* de algún conjunto finito, $y_i \in \{1, \dots, C\}$, o que y_i es un escalar real, $y_i \in \mathbb{R}$. Cuando la variable y_i es categorica, al problema se le reconoce como **clasificación** o **reconocimiento de patrones**, y cuando es un valor real se le conoce como un problema de **regresión**.

El segundo tipo principal de ML es el descriptivo o **aprendizaje no-supervisado** (*Unsupervised Learning*), en este solo están disponibles los datos de entrada $D = \{x_i\}_{i=1}^N$, y la meta es encontrar “patrones interesantes” en los datos. Este es un problema mucho menos definido, debido a que no se conocen los tipos de patrones que se quieren encontrar, y no hay una métrica obvia de error (no como aprendizaje supervisado en la que se puede comparar nuestra predicción de y para un x con el valor observado).

Un tercer tipo de aprendizaje de maquina es conocido como *Reinforcement Learning*, el cual es un tipo menos usado. Este es útil cuando se quiere aprender como actuar o comportarse cuando se recibe una recompensa ocasional o una señal de castigo.

4.3.2. Sistemas de Detección de Anomalías (Anomaly Detection Systems)

Existen diferentes aproximaciones para los sistemas de anomalías, sin embargo una similitud entre todos estos sistemas es que se intenta realizar una *detección de desviaciones*, y su tarea es detectar los datos *atípicos* en un sistema [5].

Uno de los que se pueden encontrar en la literatura son los sistemas de detección de anomalías basados en realizar un estimado probabilístico con alguna distribución de probabilidad de donde para una serie de características m se trata de estimar una distribución gaussiana $\mathbf{X} \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ que tiene media μ y varianza σ^2 por cada característica, por lo que existirán m diferentes distribuciones.

Para estimar cada una las medias y variaciones de cada característica j , μ se estima con la Ecuación 4.1 y σ^2 se estima con la Ecuación 4.2.

$$\mu_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_j^{(i)} \quad (4.1)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_j^{(i)} - \mu_j)^2 \quad (4.2)$$

De donde para calcular la probabilidad de que una muestra se trata de una anomalía se calcula la probabilidad $p(x)$, luego de que fueron estimadas las distribuciones de cada característica del conjunto de entrenamiento, por lo que se define un ϵ de manera heurística, de forma que se determina que una muestra anómala si $p(x) < \epsilon$, la Ecuación 4.3 representa cual es la probabilidad de una muestra x con una distribución gaussiana.

$$p(x) = \prod_{j=1}^n p(x_j, \mu_j, \sigma_j^2) = \prod_{j=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} \exp\left(-\frac{(x_j - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}\right) \quad (4.3)$$

Si el modelo esta dando como resultado muchos falsos positivos, lo que se debe hacer es reducir σ .

Este método de sistemas de detección de anomalía también es brevemente tratada en [6] con una representación de hiper-planos, que es equivalente con este descrito.

4.4. Minería de datos (Data Mining)

Según [5], la minería de datos se define como el proceso de descubrir información útil en repositorios grandes de datos. Las técnicas de minería de datos son desplegadas para limpiar grandes bases de datos para encontrar patrones nuevos y útiles que de lo contrario podrían permanecer desconocidos. También ofrecen capacidades para predecir la salida de observaciones futuras, tales como predecir si un cliente nuevo gastara mas de \$100 en una tienda.

No todas las tareas de descubrimiento de información son considerados como *Data Mining*. Por ejemplo, realizar una consulta de campos individuales usando un sistema de base de datos o encontrar una pagina web por medio de una búsqueda en Internet son tareas relacionadas con *adquisición de información*.

4.4.1. Minería de texto (Text Mining)

Es un subcampo de Inteligencia Artificial conocida como Natural Language Processing, en donde las herramientas de minería de datos pueden capturar rasgos críticos del contenido de un documento basado en el análisis de sus características lingüísticas.

La mayoría de los crímenes son electrónicos por naturaleza, por lo que se dejan rastros textuales que investigadores pueden seguir y analizar. Estas se enfocan en el descubrimiento de relaciones en texto no-estructurado y pueden ser aplicados al problema de *búsqueda y localización de palabras clave*.

4.4.2. Clasificación

Clasificación es la tarea de asignarle una de varias categorías predefinidas a objetos, y es una tarea que tiene una variedad extensa de aplicaciones. Ejemplos de esto se encuentran la detección de correos no deseados en mensajes de e-mails basándose del encabezado o el cuerpo del mensaje, categorización de células benignas de malignas basándose en los resultados de escaneados MRI o incluso la clasificación de galaxias basado en su forma.

Definido formalmente, clasificación es la tarea de aprender una función objetivo f que mapea cada conjunto de atributos x a una clase predefinida de etiquetas y .

La función objetivo también se define informalmente como un *modelo de clasificación*.

Metodologías de clasificación

Existen muchos métodos para la clasificación de datos no-estructurados, entre los descritos aquí están:

- Clasificador basado en reglas (véase la Sección 4.5)
- Redes neuronales artificiales (véase la Sección 4.6)
- Maquinas de soporte vectorial (véase la Sección 4.7)
- Clasificador de Naïve Bayes (véase la Sección 4.8.2)

4.4.3. Clustering

El análisis de clusters agrupa objetos de datos basándose únicamente en la información encontrada en los datos que describen los objetos y sus relaciones. El objetivo es que objetos dentro de un grupo sean similares (o relacionados) el uno al otro, y que sean diferentes (o sin relación) a objetos en otros grupos. Entre mayor sea la similitud dentro de un grupo y entre mayor sea la diferencia entre grupos, sera mejor o mas distintivo el clustering.

Los métodos de clustering se hacen referencia comúnmente en ML como métodos no-supervisados, los cuales se describen en 4.3. Un método de estos se describe en 4.6.1 conocidos como mapas autoorganizados.

4.5. Sistemas Basados en Conocimiento (Knowledge Based Systems)

Según [7], los *Knowledge Based Systems* (KBS) son uno de los mayores miembros de la familia de *Artificial Intelligence* (AI). El KBS consiste de una *Knowledge Base* (KB) y un programa de búsqueda llamado *Inference Engine* (IE) representado en la Figura 4.1. La KB puede ser usado como un repositorio de conocimiento de varias formas.

Existen 5 tipos de KBS, donde uno de ellos es conocido como *Expert Systems*, usados como *Rule-based Systems* (RBS), donde su KB esta dado como reglas y el IE esta dado por algo llamado *Working Memory* (WM), que representa los hechos que se conocen inicialmente del sistema junto con los hechos que se van dando como inferencia de las reglas.

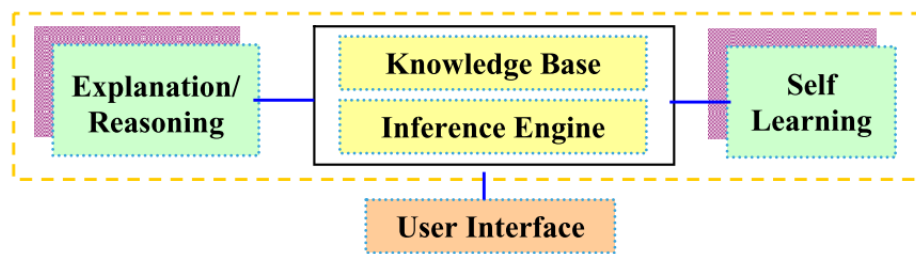


FIGURA 4.1: Arquitectura KBS. Tomado de [7]

Estas reglas pueden resumirse como una colección de condicionales de la forma **IF/ELSE** que se componen de un *antecedente* y un *consecuente*.

Existen dos tipos de RBS, definidos como *Deductive Systems* y *Reactive Systems*, donde el *Deductive Systems* tiene como objetivo realizar una conclusión en base a los hechos iniciales en la WM, por el otro lado se tienen los *Reactive Systems*, los cuales de igual manera a los *Deductive Systems*, toman los hechos de la WM y realizan sea una acción interactiva con su entorno o bien una modificación de los hechos que se encuentran en la WM tal como la adición o eliminación de hechos. Tómese el ejemplo de la Ecuación 4.4 tomada de [8], donde x es la temperatura y AC es aire acondicionado.

$$\begin{cases} \text{IF } x \text{ es moderado,} & \text{THEN } y = \text{ajustar AC a bajo} \\ \text{IF } x \text{ es alto,} & \text{THEN } y = \text{ajustar AC a moderado a alto} \\ \text{IF } x \text{ es muy alto,} & \text{THEN } y = \text{ajustar AC a alto} \end{cases} \quad (4.4)$$

4.6. Redes Neuronales Artificiales (Artificial Neural Network)

El estudio de redes neuronales artificiales fue inspirado por los intentos de simular los sistemas biológicos de neuronas. El cerebro humano se compone principalmente de células nerviosas llamadas *neuronas*, enlazadas con otras neuronas por medio de hebras de fibra conocidas como *axones*. Los axones son usados para transmitir impulsos nerviosos de una neurona a otra cada vez que las neuronas son estimuladas. Una neurona esta

conectada a axones de otras neuronas por medio de *dendritas*, las cuales son extensiones desde el cuerpo de la neurona. El punto de contacto entre una dendrita y un axón se conoce como *sinapsis*. Los neurólogos han descubierto que el cerebro humano aprende por medio de cambiar la fuerza de la conexión sináptica entre las neuronas a través de estimulación repetitiva por el mismo impulso.

De manera análoga a la estructura del cerebro humano, una ANN se compone de una estructura interconectada de nodos y vínculos directos.

4.6.1. Mapa autoorganizado (Self-organizing Maps)

El objetivo principal de los *Self-organizing Maps* (SOM) es de transformar una patrón de entrada m -dimensional en un mapa discreto uni- o bi-dimensional, donde sus principales características es que es un algoritmo que se basa en Unsupervised Learning, es *Feedforward*, tiene una sola capa de neuronas donde su propósito es realizar Clustering y una reducción de dimensionalidad sobre los datos de una forma topológicamente ordenada.

Los SOM tienen tres características distintivas:

- **Competencia:** por cada patrón de entrada, las neuronas en la red competirán entre ellas para determinar un ganador.
- **Cooperación:** la neurona ganadora determina la ubicación espacial (vecinos) alrededor de donde otras vecinas también se verán estimuladas.
- **Adaptación:** la neurona ganadora como también sus vecinas tendrán sus pesos asociados actualizados, y se tiene que los vecinos entre mas cerca estén del ganador, mayor es el grado de adaptación.

El algoritmo de aprendizaje de SOM parte de primero inicializar los pesos de las o neuronas con pesos aleatorios pequeños de una distribución de probabilidad aleatoria o uniforme, donde cada vector de entrada se define como $\mathbf{x} = [x_1, \dots, x_m]^T \in \mathbb{R}^m$ y la entrada general de N patrones como $\mathbf{X}^{m \times N}$, el vector de pesos de la neurona i es $\mathbf{w}_i = [w_{i1}, \dots, w_{im}] \in \mathbb{R}^{1 \times m}$, con la matriz de pesos $\mathbf{W}^{o \times m}$.

Para alcanzar el objetivo de *competencia*, se realiza por cada patrón de entrada x_i una comparación con cada uno de los pesos de las o neuronas y se establece la de menor distancia $\|\mathbf{x}_i\|_p$ (típicamente la distancia Euclidiana o equivalentemente la norma L^2 e.g. $p = 2$), dejando un ganador *winner*, tal como en la Ecuación 4.5.

$$winner = \arg \min_j \|\mathbf{x}_i - \mathbf{w}_j\|_p; j = 1, \dots, o \quad (4.5)$$

Luego de establecer la neurona ganadora, se realiza el paso para alcanzar la *cooperación*, que consiste en que por medio de una función kernel h (típicamente una una distribución gaussiana), que permite establecer un área de afectación de las otras neuronas según su ubicación física en el mapa, definidos como r_{winner} y r_j que son la ubicación de la neurona ganadora y la neurona vecina j , en el cual el grado de afectación de la neurona vecina depende de la distancia L^2 de la que esta de la neurona ganadora, definido en la Ecuación 4.6.

$$h_{j,winner}(t) = \exp \left(\frac{-\|r_j - r_{winner}\|^2}{2\sigma(t)^2} \right) \quad (4.6)$$

Parte importante del proceso de convergencia del SOM es que a medida que avanzan las iteraciones t del algoritmo el área de afectación se va reduciendo como parte del proceso de adaptación, por lo que definimos $\sigma(t) = \sigma_0 \exp(-t/\tau_1)$, donde τ_1 es una constante heurística y σ_0 la dimensión del mapa SOM.

Finalmente para alcanzar la *adaptación* se realiza una actualización de los pesos de la matriz \mathbf{W} en base a la influencia de área $\sigma(t)$ y de una tasa de aprendizaje $\alpha(t) = \alpha_0 \exp(-t/\tau_2)$, donde τ_2 es otra constante heurística y α_0 es una constante de aprendizaje inicial, que debe ser $0 \leq \alpha_0 \leq 1$, la actualización se describe por la Ecuación 4.7 y el proceso puede ser visto gráficamente en la Figura 4.2, tanto de forma uni- como bi-dimensional.

$$w_j(t+1) = w_j(t) + \alpha(t)h_{j,\text{winner}}(t)[x_i - w_j(t)] \quad (4.7)$$

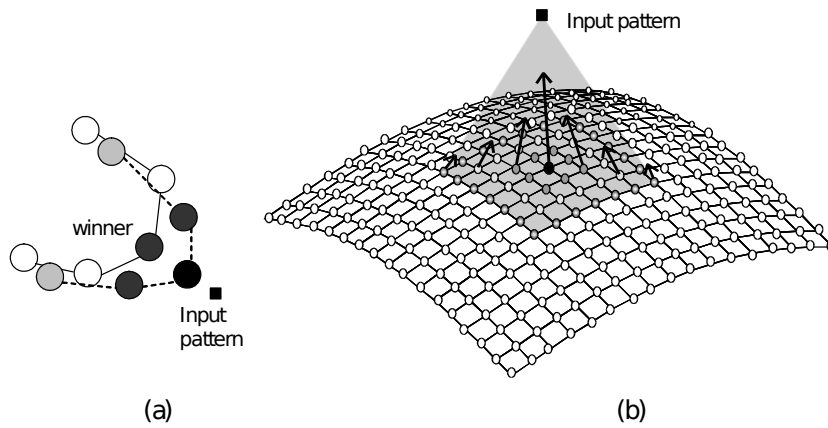


FIGURA 4.2: Proceso de adaptación de SOM, (a) uni-dimensional, (b) bi-dimensional. Tomado de [9]

Luego de que el algoritmo de aprendizaje termina de realizar las iteraciones, la salida de este es la matriz de pesos \mathbf{W} , en la Figura 4.3 se puede apreciar una aproximación del algoritmo con un mapa uni-dimensional tratando de aproximar una función polar con ruido adicionado en un gráfico 2D. Adicionalmente pueden verse los efectos de *High Bias* y *Overfitting* con diferentes cantidades de neuronas en la Figura 4.4.

En la Figura 4.5 se puede ver una aplicación de los SOM, en donde se realiza una clusterización de casos de homicidios donde los parámetros son características de los homicidios, según [3] este resultado da una buena aproximación para sospechar de que estos son cometidos por personas distintas o si bien están siendo perpetrados por un mismo individuo o grupo.

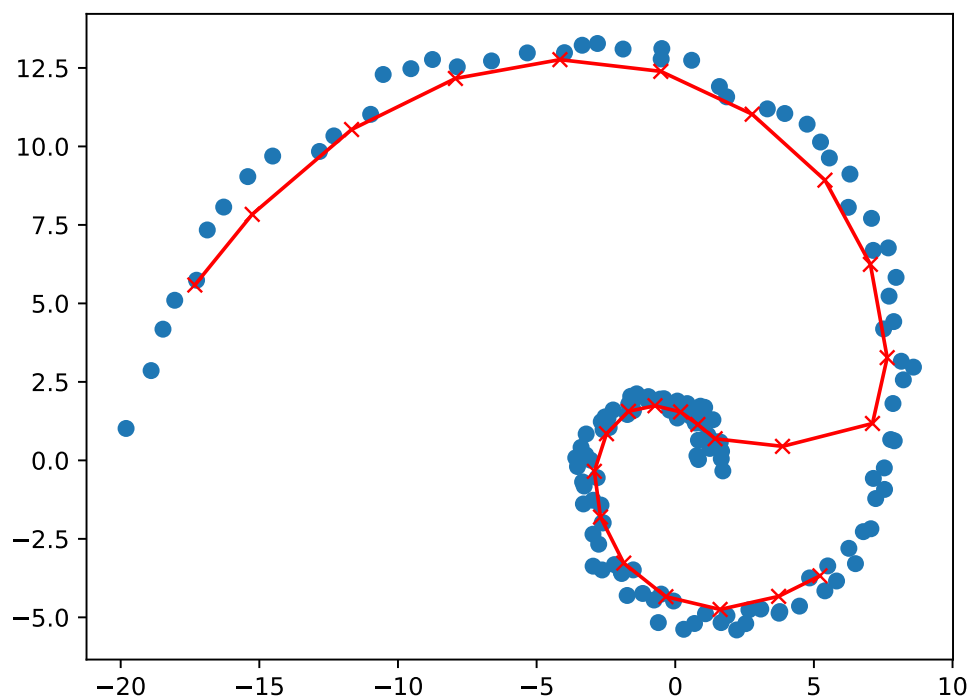


FIGURA 4.3: Ejemplo de salida de SOM uni-dimensional con 25 neuronas. Implementación propia.

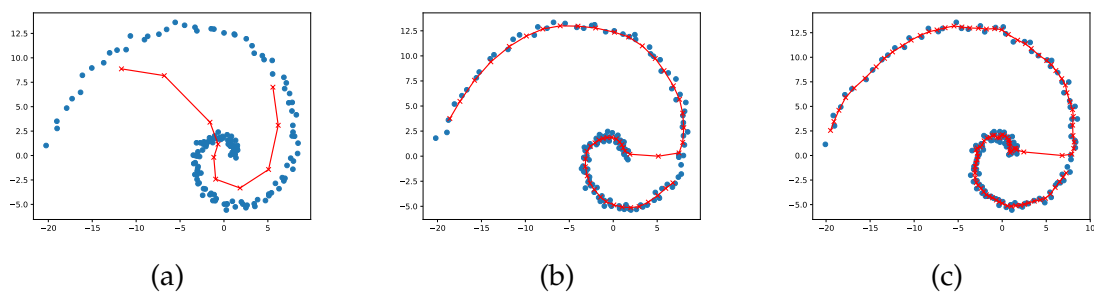


FIGURA 4.4: Comparación de salidas de SOM uni-dimensional con (a) 10 neuronas (b) 50 neuronas y (c) 100 neuronas. Implementación propia.



FIGURA 4.5: Ejemplo de uso de SOM en aplicaciones de perfilado. Tomado de [3]

4.7. Máquina de soporte vectorial (Support Vector Machine)

Support Vector Machine (SVM) es una técnica de clasificación que tiene sus raíces en la teoría de aprendizaje estadístico que ha mostrado resultados empíricos prometedores en muchas aplicaciones prácticas, desde reconocimiento de dígitos escritos a mano a categorización de texto. SVM también funciona muy bien con datos de alta dimensionalidad. Otro aspecto destacable de esta aproximación es que representa la frontera de decisión usando un subconjunto de las muestras de entrenamiento, conocidos como los *support vectors*.

4.7.1. Maximum Margin Hyperplanes

Se puede entender a los *Maximum Margin Hyperplanes* como hiper-planos que ayudan a separar datos en un hiper-espacio y que poseen un margen de decisión entre los datos, como ejemplo tómese la Figura 4.6, donde el hiper-plano B_1 tiene un margen de decisión mas grande que el hiper-plano B_2 .

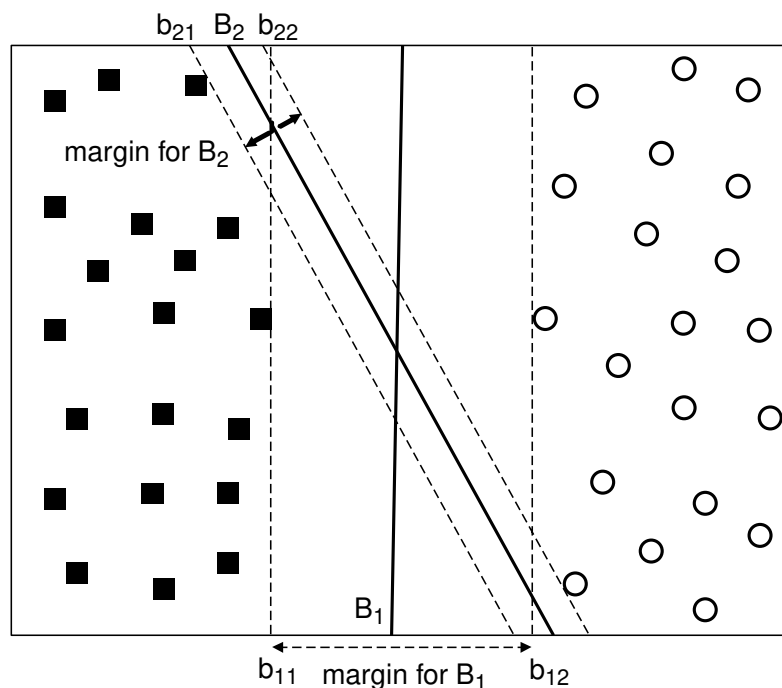


FIGURA 4.6: Maximum Margin Hyperplanes. Tomado de [5]

Finalmente, el objetivo final de los SVM es la búsqueda de un hiper-plano con el mayor margen de decisión. Existen dos tipos de SVM, el lineal y el no-lineal. El lineal realiza la separación de los datos con su hiper-plano a partir de los datos de entrada en su espacio vectorial original, mientras que el no-lineal consta de realizar una transformación de los espacios de los datos de entrada a uno en que sea linealmente separable (véase como ejemplo la Figura 4.7), sin embargo al realizar la transformación, el algoritmo de SVM se ve afectado por la dimensionalidad de la entrada, por lo que existe lo que se conoce como la función *kernel* para remediarlo.

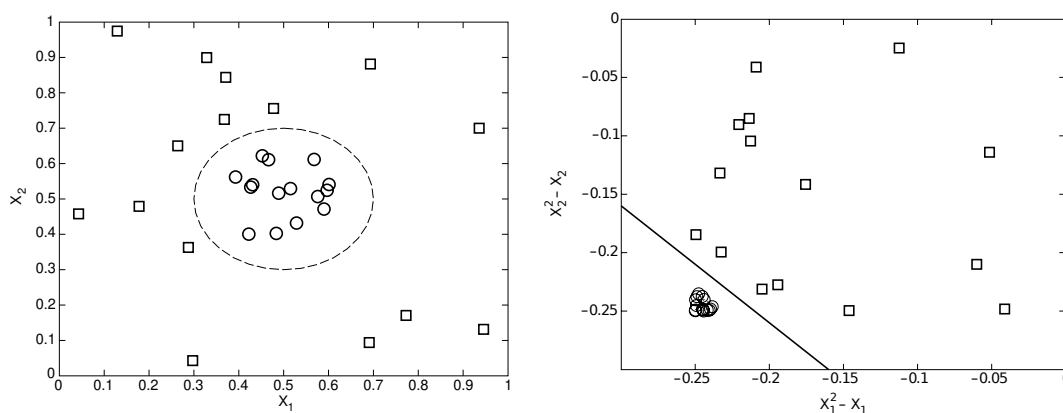


FIGURA 4.7: Transformación de espacios en Support Vector Machine. Tomado de [5]

4.7.2. Función Kernel

La función polinomial de similaridad, K , la cual es calculada en el espacio original de los datos de entrada, se le conoce como la **función Kernel**. En principio se asegura que la función kernel puede ser expresada siempre como el producto punto entre dos vectores de entrada en algún espacio de alta dimensionalidad, la función de kernel también tiene la particularidad de que el computo de los productos punto con la función toman considerablemente menos tiempo que realizar la transformación de espacios, dejando de lado la transformación, acelerando la tarea de clasificación.

4.8. Clasificadores Bayesianos

En muchas aplicaciones de relaciones entre el conjunto de atributos y la etiqueta es no-determinante. Es decir, la etiqueta de clase de un dato de un conjunto de prueba no puede ser determinado con certeza a pesar de ser un atributo idéntico a los atributos de entrenamiento. Esto puede ser producto de que los datos poseen ruido o la presencia de ciertos factores que afectan la clasificación pero no son incluidos en el análisis. Para esto es crucial el teorema de Bayes, el cual es un principio estadístico que combina el conocimiento previo de las clases con la nueva evidencia que se obtiene de los datos.

4.8.1. Teorema de Bayes

El teorema de Bayes dice que para un par de variables aleatorias x e y , donde $P(x = x | y = y)$ es la probabilidad de que la variable x tome el valor x dado que el valor de la variable y es y . Se tiene entonces la Ecuación 4.8.

$$P(y | x) = \frac{P(x | y)P(y)}{P(x)} \quad (4.8)$$

Usando el teorema de Bayes para clasificación

Para denotar el problema de clasificación desde una perspectiva estadística se define a x como el conjunto de atributos y y como el conjunto de etiquetas de clase. Si la etiqueta de clase tiene una relación no-determinante con los atributos, entonces se pueden tomar a x y a y como variables aleatorias y capturar su relación probabilística con $P(y | x)$, conocida como la probabilidad posterior para y , dada su probabilidad previa $P(y)$.

Durante la fase de entrenamiento, es necesario aprender las probabilidades posteriores $P(y | x)$ para cualquier combinación de x y y basándose en la información recolectada de los datos de entrenamiento.

Dado que lo que se quiere realizar es una clasificación que represente la probabilidad de que dado un valor de $x = x$ este relacionado con que $y = y$, se puede reconocer primero que x se mantiene constante para lo que son los datos de entrenamiento, y que lo desconocido sea la clasificación $y = y$ con probabilidad $P(y | x)$, al conocer esta probabilidad, un valor de prueba x' puede ser clasificado por medio de encontrar la clase y' que maximice la probabilidad posterior $P(y' | x')$.

4.8.2. Clasificador Naïve Bayes

Un clasificador de Naïve Bayes estima la probabilidad condicional de las clases por medio de suponer que los atributos son condicionalmente independientes, dado la etiqueta de clasificación y . La suposición de independencia condicional se puede dar por la Ecuación 4.9.

$$P(\mathbb{X} \mid y = y) = \prod_{i=1}^d P(x_i \mid y = y) \quad (4.9)$$

Donde cada conjunto de atributos $\mathbb{X} = \{x_1, \dots, x_d\}$ que consiste de d atributos.

Como funciona el clasificador Naïve Bayes

Con la suposición de independencia condicional, en vez de computar la probabilidad condicional de clases para cada combinación de \mathbb{X} , solo se debe realizar para establecer la probabilidad condicional de cada x_i , dado y .

Para clasificar un dato de prueba, el clasificador computa la probabilidad posterior para cada clase y como se muestra en la Ecuación 4.10.

$$P(y \mid \mathbb{X}) = \frac{P(y) \prod_{i=1}^d P(x_i \mid y)}{P(\mathbb{X})} \Rightarrow P(y) \prod_{i=1}^d P(x_i \mid y) \quad (4.10)$$

Puede ignorarse $P(\mathbb{X})$ debido a que es un termino constante. Para esto se realiza una normalización de forma que $\sum_{y \in \mathbb{Y}} P(y \mid \mathbb{X}) = 1$.

Capítulo 5

Estado del arte

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus

eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Capítulo 6

Propuesta de aplicación

La propuesta consta de a aplicación de modelos de NLP para el desarrollo de labores de inteligencia en escenarios de ciberterrorismo por medio de n modelos, pensados para el análisis de texto en redes sociales como Twitter en aras de realizar un perfilado de ciber-criminales potenciales, esto por medio de NLP, de donde se parte varias metodologías que hacen uso de tecnologías Estado-del-Arte.

¿cuantos modelos?

6.1. Entendimiento del negocio (Business understanding)

Pendiente

6.2. Adquisición de datos (Data acquisition)

Incluir proceso de recolección por el API de Twitter o usando los datasets que estan en Archive

6.3. Modelamiento (Modelling)

Como parte de la propuesta se proponen n modelos para tratar diferentes aspectos en perfilado de donde se representan los diferentes modelos en la Figura 6.1.

¿cuantos modelos?

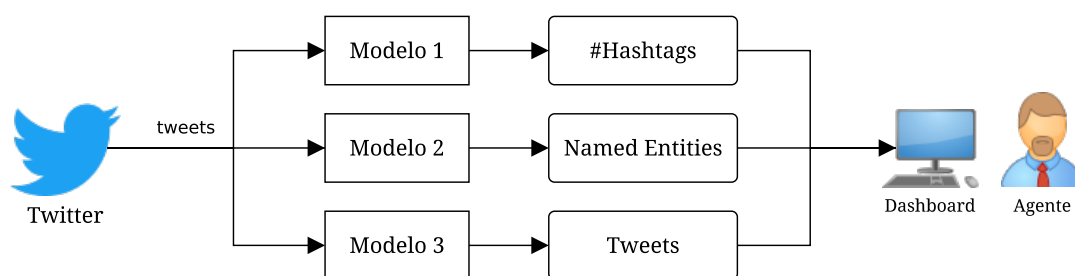


FIGURA 6.1: Arquitectura de propuesta.

6.3.1. Modelo 1: Predicción de etiquetas de Twitter con modelos lineales

En Twitter, las publicaciones que se realizan tienen la posibilidad de incluir menciones de temas de tendencia por el conocido *hashtag*, escrito como #Tema, y tiene la gran utilidad de realizar una mención explícita del tema que se quiere tratar y donde además la tarea de encontrar textos directamente relacionados con un tema son fácilmente localizables.

Así mismo, en la literatura de NLP es muy común el uso de diferentes representaciones de palabras o conjuntos de palabras. Una representación de palabras típicas es por medio de los *Bag of Words* (BOW), donde se establece un diccionario de palabras de tamaño N , y donde cada palabra tiene un vector que lo representa. A cada palabra se le asigna un identificador único en ese diccionario, por lo que existiría una traducción de palabra a identificador y una secuencia de palabras para poder ser recuperado por medio del índice, como se muestra en la Ecuación 6.1 y la Ecuación 6.2.

$$\text{word2idx} = \left\{ (\text{word}_i, i) : \forall i \in \{1, \dots, N\} \right\} \quad (6.1)$$

$$\text{idx2word} = [\text{word}_i], \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad (6.2)$$

Otra representación común en NLP es la de *Term Frequency – Inverse Document Frequency* (TF-IDF), que se divide en dos partes, expresadas en las Ecuación 6.3, la Ecuación 6.4 y la composición de ambas en la Ecuación 6.5, D es el corpus de palabras. Este consiste en penalizar palabras que ocurren mucho en un documento pero no mucho en el corpus o bien de penalizar la palabras que se repiten poco en un documento pero se repiten mucho en el corpus, por lo que un punto medio entre ambos es recompensado.

$$\text{tf}(t, d) = \text{Frecuencia del termino (o n-grama) } t \text{ en el documento } d \quad (6.3)$$

Existen diferentes variaciones para realizar representar el conteo de términos **tf** de forma normalizada, como se representa en el Cuadro 6.1.

Esquema	Peso de tf
Binario	0, 1
Conteo directo	$f_{t,d}$
Frecuencia de términos	$f_{t,d} / \sum_{t' \in d} f_{t',d}$
Normalización logarítmica	$1 + \log(f_{f,d})$

CUADRO 6.1: Variaciones de **tf**

$$\text{idf}(t, D) = \log \left(\frac{N}{|\{d \in D : t \in d\}|} \right); N = |D| \quad (6.4)$$

$$\text{tf-idf}(t, d, D) = \text{tf}(t, d) \cdot \text{idf}(t, D) \quad (6.5)$$

Creación del Corpus de palabras

Debido a que los textos que se encuentran en Twitter no tienen forma estructurada es necesario realizar un preprocesamiento de cada post recolectado para luego contar la frecuencia de cada palabra dentro del corpus y así establecer las primeras N palabras mas usadas que van a componer el corpus de palabras.

Para realizar el preprocesamiento de cada texto se hacen los siguientes pasos:

1. Convertir todas las palabras a minúscula (e.g. "LaTeX" \rightarrow "latex")
2. Reemplazar todos los caracteres especiales de texto a espacios en blanco (e.g. "@; , : \n \t \r" \rightarrow " ")
3. Remover todos los símbolos extraños, es decir todo lo que no sean numeros, ni letras ni los simbolos que se encuentran normalmente en tweets (e.g. "% () & \$! ^" \rightarrow "")
4. Remover todas las *stopwords*, que son palabras que no añaden ningún valor semántico al texto
(e.g. "las palabras son una forma de expresarnos" \rightarrow "palabras forma expresarnos")

Luego se realiza un conteo de todas la palabras presentes dentro del corpus de donde se sacan las N primeras palabras para incluirlas en el BOW.

Luego de esto se generan las etiquetas (o *tags* en ingles) que se toman directamente de los textos de entrenamiento, de estos también se les realiza un conteo, que servirán para la predicción de las etiquetas según el contenido del texto.

Conversión de textos a vectores

Para realizar la conversión de textos a vectores y así poder representar un texto como un vector se procede a primera realizar una generación de identificadores para cada palabra de manera como se describió en el inicio de la Sección 6.3.1.

La manera en que se representa un texto en forma de vector s es por medio de la sumatoria de los vectores que representan cada palabra como se representa en la Ecuación 6.6, recuérdese que $e^{(i)}$ es un vector con un 1 en la posición i y ceros en el resto del vector.

$$s = \sum_{(\text{word}, i) \in \text{word2idx}} e^{(i)}, \text{word} \in d \quad (6.6)$$

Generación del conjunto de entrenamiento, validación y pruebas

Para la generación de los conjuntos se toman las sumatorias generadas de cada tweet en su forma de vector y se coloca en una matriz de $T^{m \times N}$, donde m son el numero de muestras de Twitter y N el tamaño del Corpus.

Clasificador de regresión logística

La regresion logistica hace parte de uno de los algoritmos mas importantes en AI, esta consiste en procesar la entrada de un modelo, que para el caso actual es lineal, que se procesa con una serie de hiper-parámetros que se denominara θ y la entrada

del modelo como x . Se tiene que al realizar una regresión con este modelo se calcula $\theta^\top x$, que da como resultado un valor en \mathbb{R} con rango indefinido. La regresión logística simbolizada como $\sigma(x)$, conocida como la función *sigmoide* que es una función que para una entrada x de dominio $(-\infty, \infty)$ se tenga un rango de $(0, 1)$, la Ecuación 6.7 define la función.

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (6.7)$$

Equivalentemente, la regresión logística con modelos lineales se calculan como $\sigma(\theta^\top x)$ y permite realizar un suavizado de la regresión de forma mitiga parte de los problemas de Overfitting y High Bias, como se muestra en la Figura 6.2.

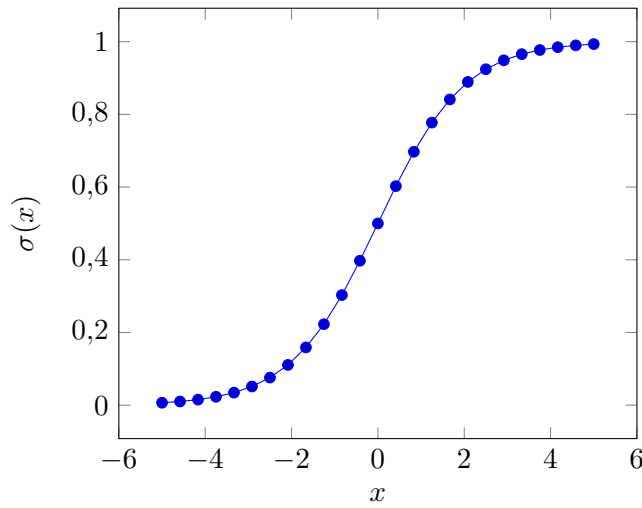


FIGURA 6.2: Gráfica de función sigmoide.

Multclasificador de One vs Rest

La multclasificación como es brevemente introducido en la Sección 4.3, permite realizar una clasificación en C clases con una entrada x . El multclasificador de *One vs Rest* realiza la clasificación por medio de distinguir la separación de una muestra x_i en una clase $c \in \{1, \dots, C\}$ respecto al resto de muestras, de forma que se calcula la pertenencia de la muestra i -ésima en esa clase con un estimador θ_c . De los resultados dados por cada estimador se estima cual es el k -ésimo estimador que da el máximo valor, de donde se estima finalmente que la clase k es donde pertenece la muestra.

El uso de la regresión logística se puede llevar a cabo para normalizar los resultados de los estimadores θ , de donde el proceso para calcular el estimador consta de realizar un proceso de gradiente descendente, que utiliza como función de costo la Ecuación 6.8 para uso de regularización con L^2 y la Ecuación 6.9 para el uso de L^1 , basadas del manual de [10]. La función ζ es la función *softplus*.

$$\min_{\theta, c} \frac{1}{2} \theta^\top \theta + C \sum_{i=1}^n \zeta(-y_i(\mathbf{X}_i^\top \theta + c)) \quad (6.8)$$

$$\min_{\theta, c} \|\theta\|_1 + C \sum_{i=1}^n \zeta(-y_i(\mathbf{X}_i^T \theta + c)) \quad (6.9)$$

En el caso para realizar una multclasificación, la regresión logística solo puede realizar una clasificación binaria, esto es que para una entrada x , esta solo puede realizar una clasificación con salidas $y \in [0, 1]$. Debido a esta restricción, existen una metodología de multclasificación llamada *One vs Rest*, que permite utilizar la regresión logística y realiza la multclasificación por medio de crear n estimadores que permiten estimar cada una de las C clases respecto al resto de la entrada, por cada una de los estimadores se estima cual es la clase con mayor valor en la regresión logística individual de ese estimador, la Figura 6.3 representa una versión simplificada del proceso.

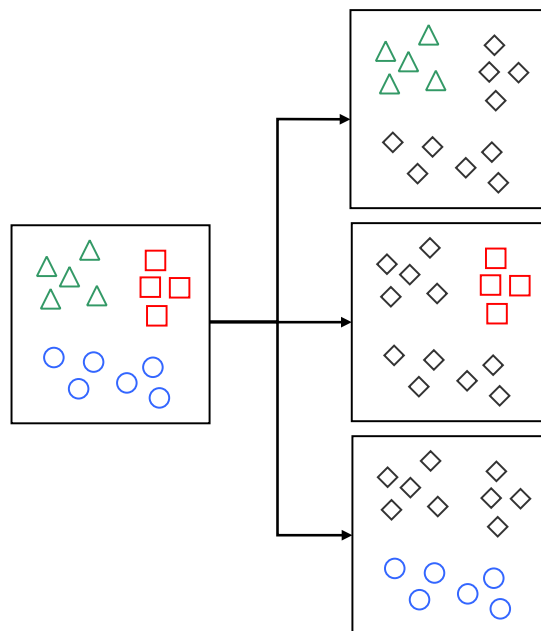


FIGURA 6.3: Algoritmo de One vs Rest. Elaboración propia.

Pendiente: incluir arquitectura de solución en la Figura 6.4

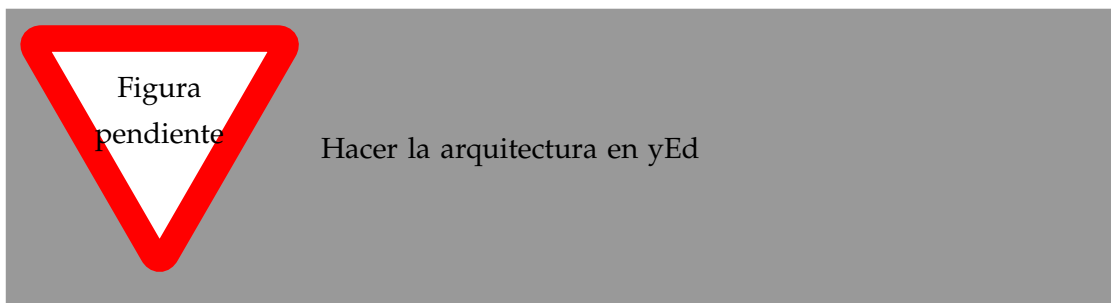


FIGURA 6.4: Arquitectura de Modelo 1.

6.3.2. Modelo 2: Reconocimiento de Named Entities con redes Long Short Term Memory

Pendiente

Igual que en el modelo presentado en la Sección 6.3.1, en Twitter como en cualquier otra red social se presentan en sus textos muchas veces la mención de las llamadas Named Entities. Son objetos del mundo real, tales como personas, ubicaciones, organizaciones, productos, entre otros que pueden ser denotados con nombre propio, y pueden ser abstractos o tener una existencia física.

En consecuencia, este modelo tiene como propósito reconocer Named Entities que puedan dar una mejor aproximación a entender el contexto de conversaciones en masa de cibercriminales identificados o bien realizar una identificación de quienes son en base de cuales son los temas que tienden a mencionar mas habitualmente.

Redes neuronales recurrentes (Recurrent Neural Networks)

Este tipo de redes tiene la característica de recordar salidas y entradas pasadas de datos, de forma que decisiones futuras respecto a una clasificación pueden tener una mejor forma de basarse. Las redes neuronales (ANNs) típicamente no pueden hacer estas operaciones ya que no tienen incorporada la habilidad de forma que recuerden entradas y salidas pasadas, sino que se les realiza un entrenamiento de una información de entrada y de salida que se conoce con anticipación, de forma que su salida solo se concentra en su entrada inmediata de datos.

Por este motivo, las *Recurrent Neural Networks* (RNNs) poseen una gran ventaja en situaciones puntuales, tales como el caso expuesto al inicio de esta sección, sin embargo, el modelo clásico de RNN es como la arquitectura presentada en la Figura 6.6, esta no provee resultados significativos debido a limitantes respecto al nivel de recordación que tienen originalmente.

La naturaleza recurrente de estas redes viene del hecho de representarse como redes donde su salida hace parte de la entrada a la siguiente iteración de la red, tal como se aprecia en la Figura 6.5.

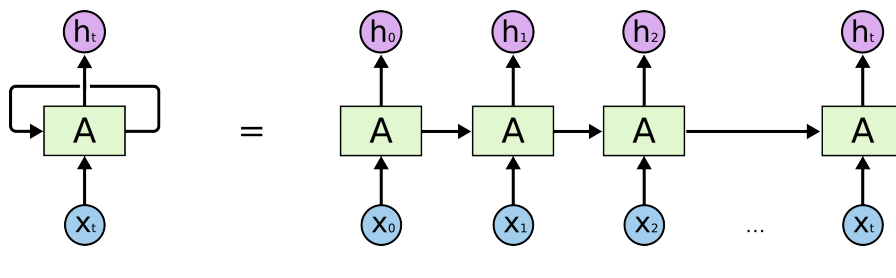


FIGURA 6.5: Red RNN simplificada. Tomado de [11].

Redes neuronales Long Short Term Memory

En la literatura se puede encontrar usualmente el uso de las redes *Long Short Term Memory* (LSTM), las cuales proveen por medio de una arquitectura mas compleja la posibilidad de tener recordación de largo y corto plazo, como se muestra en la Figura 6.7.

Para que estas redes tengan la característica de tener recordación es necesario de una celda de memoria, donde esta es la entrada para la siguiente iteración de la red, junto con la entrada de datos a la red.

Téngase en cuenta que la arquitectura presentada en esta sección hace referencia a la implementación de LSTM mas utilizada, sin embargo existen muchas mas variaciones de esta con diferentes propiedades que son deseables en diferentes situaciones.

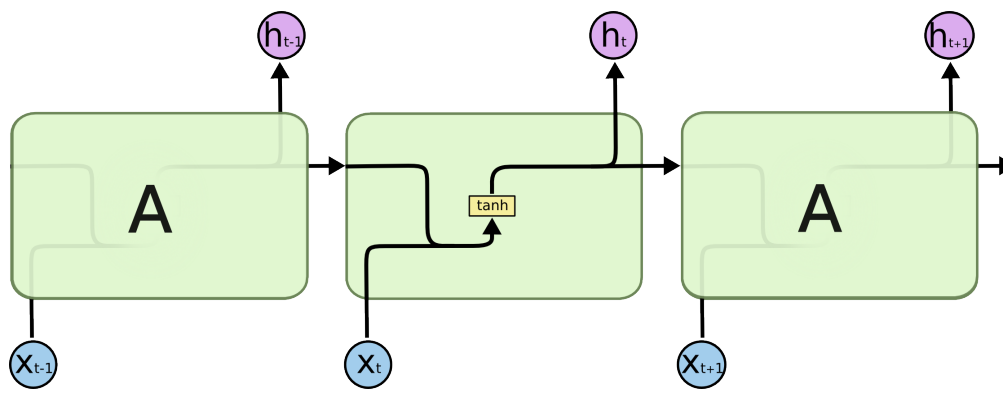


FIGURA 6.6: Red RNN clásica. Tomado de [11].

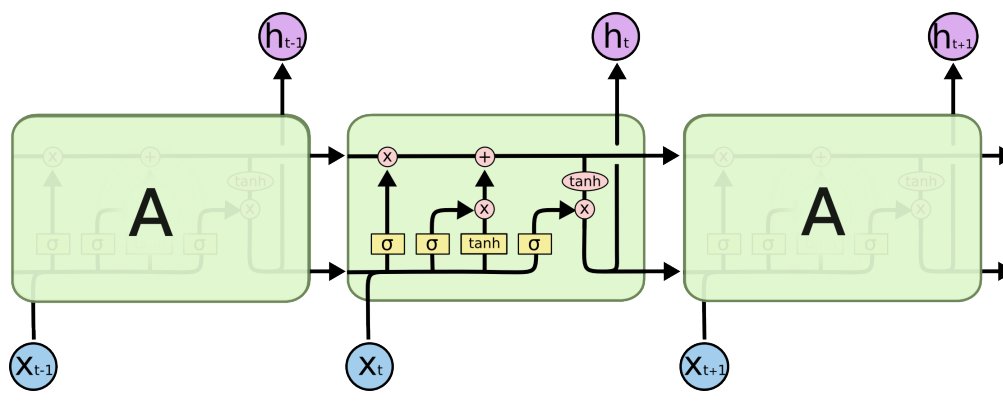


FIGURA 6.7: Red LSTM clásica. Tomado de [11].

Redes neuronales Bidirectional Long Short Term Memory

En la tarea de etiquetado de secuencias de texto las *Bidirectional Long Short Term Memory* (Bi-LSTM) tienen acceso a muestras de entrada tanto de futuro como de pasado por una cierta cantidad de tiempo. El uso de esta característica se puede aprovechar a favor ir a estados en el futuro (por medio de estados hacia adelante) y hacia el pasado (por estados hacia atrás) para un momento particular en el tiempo [12].

Con el fin de que la red sea bidireccional es necesario de una celda de memoria para el caso de desplazarse hacia adelante, y una para desplazarse hacia atrás.

Reconocimiento de Named Entities

Para el reconocimiento de Named Entities tómesese como ejemplo el Cuadro 6.2, donde las etiquetas asignadas corresponden al reconocimiento correspondiente de cada entidad. Las etiquetas de respuesta son *Otro* (O) o una de estas: *Persona* (PER), *Ubicación* (LOC), *Organización* (ORG) y *Misceláneo* (MISC), donde las partes de etiqueta B- y I- corresponden al inicio de una palabra o una posición intermedia de la entidad.

Texto	Ian	Goodfellow	trabaja	para	Google	Brain
Etiqueta	B-PER	I-PER	O	O	B-ORG	I-ORG

CUADRO 6.2: Ejemplo de reconocimiento de Named Entities.

La tarea de etiquetado visto para una LSTM y una Bi-LSTM puede ser visto en la Figura 6.8 y la Figura 6.9.

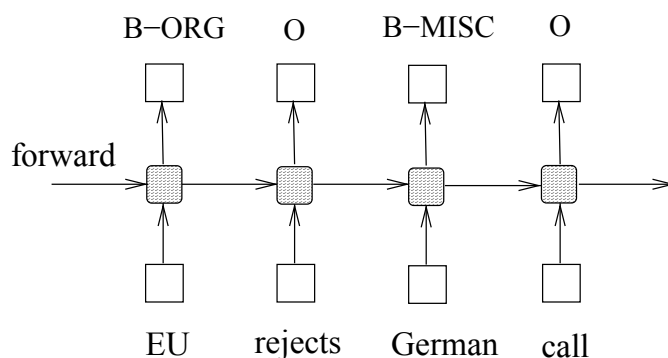


FIGURA 6.8: Etiquetado con una LSTM. Tomado de [12].

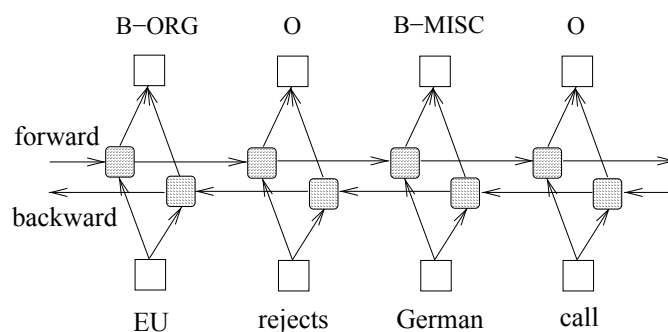


FIGURA 6.9: Etiquetado con una Bi-LSTM. Tomado de [12].

6.3.3. Modelo 3: Búsqueda de tweets relacionados con *embeddings* de StarSpace

Pendiente

6.4. Despliegue (Deployment)

Pendiente

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus,

magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.¹

Capítulo 7

Conclusiones y trabajo futuro

3 conclusiones

2 trabajos futuros

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Por escribir

Hablar de trabajo futuro con [13]

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Glosario

Símbolos

Artificial Intelligence (AI)

Inteligencia Artificial, área de la ciencia de la computación que se encarga de la creación de máquinas inteligentes que tienen un comportamiento que se asemeja a tener inteligencia. 9, 21

Bidirectional Long Short Term Memory (Bi-LSTM)

Red neuronal LSTM bidireccional, que permite el uso de secuencias de palabras futuras y pasadas para una mejor clasificación de la actual. 25, 26

Bag of Words (BOW)

Es una representación simplificada usada en procesamiento de lenguaje natural. En este modelo, un texto es representado como una bolsa (multiconjunto) de sus palabras. 20, 21

Data Integration (DI)

Para acceder a múltiples y diversas fuentes de información. 5

Inference Engine (IE)

Motor de inferencia, es un componente del sistema que aplica reglas lógicas a la base de conocimiento para deducir información nueva. 9

Knowledge Based Systems (KBS)

Sistemas Basados en Conocimiento, su objetivo es abstraer conocimiento de un experto de un área en una representación dentro de un computador. 9

Knowledge Base (KB)

Base de conocimiento, es una tecnología usada para almacenar información estructurada y no-estructurada usada por un sistema de cómputo. 9

Long Short Term Memory (LSTM)

Red neuronal recurrente que tiene memoria Largo y Corto Plazo, son un tipo de redes neuronales recurrentes que son capaces de aprender dependencias de largo plazo. 24–26

Machine Learning (ML)

Informalmente ha sido definido como “El campo de estudio que le da a computadores la habilidad de aprender sin ser explícitamente programados”, este tiene tres tipos de algoritmos de aprendizaje: aprendizaje supervisado, aprendizaje no-supervisado, y aprendizaje por refuerzo. 6, 8

Artificial Neural Network (ANN)

Para predecir la probabilidad de crímenes y nuevos ataques terroristas. 5, 10, 24

Natural Language Processing (NLP)

Rama de la inteligencia artificial que lidia con la interacción entre computadores y humanos usando el lenguaje natural. 1–5, 19, 20

Open Source Intelligence (OSINT)

Disciplina responsable de la adquisición, procesamiento y posterior transformación en inteligencia de información obtenida de fuentes públicas como prensa, radio, televisión, internet, informes de diferentes sectores y, en general, cualquier recurso de acceso público (Tomado de [6]). 3

Recurrent Neural Network (RNN)

Redes que recuerdan salidas y entradas pasadas de datos, de forma que decisiones futuras respecto a una clasificación pueden tener un mejor resultado. 24

Rule-based Systems (RBS)

Sistemas basados en reglas, son sistemas expertos que en su base de conocimiento contienen reglas para crear nuevas inferencias. 9

Self-organizing Maps (SOM)

Mapas auto-organizados, son redes neuronales especializadas para el clustering de datos semejantes según una función de distancia, da como resultado un mapa discreto uni- o bi-dimensional. 10, 11

Support Vector Machine (SVM)

Maquinas de Soporte Vectorial, son modelos de aprendizaje supervisado usados para el problema de clasificación y análisis de regresión. 13, 14

Term Frequency – Inverse Document Frequency (TF-IDF)

Frecuencia de términos – Frecuencia inversa de documento, es una estadística numérica que esta diseñada para reflejar que tan importante es una palabra a un documento dentro de un corpus. 20

Working Memory (WM)

Memoria de trabajo, es donde se encuentra el estado actual del sistema antes y después de haber ejecutado reglas de un sistema basado en reglas, y es donde se encuentran las inferencias hechas por el motor de inferencia. 9

C**Clustering**

Es la tarea de agrupar conjuntos de objetos de manera que este en grupos de mismo tipo. 4, 10

Coursera

Sitio web de cursos de aprendizaje en <https://www.coursera.org>. 3

D**Data Mining**

Proceso de descubrir automáticamente información útil en repositorios grandes de datos. 7

Data Science

Pendiente

. 4

Dataset

Conjunto de datos, en el campo de Inteligencia Artificial generalmente se refiere a conjuntos públicos o de acceso limitado de donde es posible obtener información útil con sistemas de computo. 1

Deductive Systems

Sistemas deductivos, son sistemas basados en conocimiento que en base al estado de la memoria de trabajo y a las reglas presentes en la base de conocimiento, agregan nuevas inferencias a la memoria de trabajo. 9

E**Expert Systems**

Sistemas expertos, son sistemas de computo que emulan la abeldad de toma de decisiones de un humano experto. 9

F**Feedforward**

Es un termino que describe típicamente un elemento o un camino dentro de un sistema de control que pasa una señal de control de una fuente externa. En la inteligencia artificial este termino no difiere en significado. 10

H**High Bias**

El modelo esta poco condicionado a la entrada por lo que para un modelo predictivo dará resultados demasiado generales para cualquier conjunto de datos. 11, 22

L**Link Analysis**

Para visualizar asociaciones y relaciones criminales y terroristas. 5

M

Machine Learning Algorithms

Para extraer perfiles de perpetradores y mapas gráficos de crímenes. 5

Maximum Margin Hyperplanes

Hiperplanos que permiten separar datos en espacios de alta dimensionalidad con un margen asociado para separarlos. 13

N**Named Entities**

Son típicamente palabras que denotan personas particulares u organizaciones, pero no son sustantivos. 4, 24, 26

O**Overfitting**

El modelo esta demasiado acoplado a la entrada por lo que para un modelo predictivo dará resultados solo condicionados para la entrada de entrenamiento, pero tendrá mal desempeño en cualquier otro conjunto de prueba. En modelos de clustering, se vera que la salida esta muy condicionada a la entrada por lo que no tendrá un buen desempeño tampoco. 11, 22

R**Reactive Systems**

Sistemas reactivos, son sistemas basados en conocimiento que en base al estado de la memoria de trabajo y a las reglas presentes en la base de conocimiento, agregan o eliminan inferencias de la memoria de trabajo. 9

Reinforcement Learning

Aprendizaje de refuerzo, es el aprendizaje de que acción se debe tomar de forma que se logre una señal de recompensa lo mas alto posible. 6

S**Software Agents**

Para el monitoreo, obtención, análisis y actuación sobre la información. 5

StarSpace

Es un modelo neuronal de propósito general para el aprendizaje eficiente de embeddings. 4

Supervised Learning

Aprendizaje supervisado, su objetivo es aprender un mapeo de unas entradas a unas salidas definidas. 6

T

Text Mining

Búsqueda sobre terabytes de información en documentos, paginas web y correos electrónicos. 5

U**Unsupervised Learning**

Aprendizaje no-supervisado, su objetivo es obtener patrones estructurados de una serie de datos no estructurados. 6, 10

Bibliografía

- [1] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio y Aaron Courville. *Deep Learning*. <http://www.deeplearningbook.org>. MIT Press, 2016.
- [2] Ana Maria Popescu y Oren Etzioni. «Extracting product features and opinions from reviews». En: *Natural Language Processing and Text Mining* (2007), págs. 9-28. ISSN: 08247935. DOI: [10.1007/978-1-84628-754-1_2](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-754-1_2). arXiv: 0309034 [cs].
- [3] J. Mena. *Investigative Data Mining for Security and Criminal Detection*. Elsevier Science, 2003. ISBN: 9780080509389. URL: <https://books.google.com.co/books?id=3mDlrtJuZv4C>.
- [4] Kevin P. Murphy. *Machine learning : a probabilistic perspective*. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2013. ISBN: 9780262018029 0262018020. URL: https://www.amazon.com/Machine-Learning-Probabilistic-Perspective-Computation/dp/0262018020/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1336857747&sr=8-2.
- [5] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach y Vipin Kumar. *Introduction to Data Mining*. US ed. Addison Wesley, mayo de 2005. ISBN: 0321321367. URL: <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/0321321367>.
- [6] Martín José Hernández Medina, Ricardo Andrés Pinto Rico y Cristian Camilo Pinzón Hernández. *Inteligencia de fuentes abiertas para el contexto colombiano*. Inf. téc. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2018.
- [7] Priti Srinivas Sajja y Rajendra Akerkar. «Knowledge-based systems for development». En: *Advanced Knowledge Based Systems: Model, Applications & Research 1* (2010), págs. 1-11.
- [8] Jerry M Mendel. *Uncertain Rule-Based Fuzzy Systems*. ISBN: 9783319513690. DOI: [10.1007/978-3-319-51370-6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51370-6).
- [9] Leandro Nunes De Castro. *Fundamentals of natural computing: basic concepts, algorithms, and applications*. Chapman y Hall/CRC, 2006.
- [10] Lars Buitinck y col. «API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project». En: *ECML PKDD Workshop: Languages for Data Mining and Machine Learning*. 2013, págs. 108-122.
- [11] *Understanding LSTM Networks*. URL: <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/>.
- [12] Zhiheng Huang, Wei Xu y Kai Yu. «Bidirectional LSTM-CRF Models for Sequence Tagging». En: (2015). arXiv: [1508.01991](https://arxiv.org/abs/1508.01991). URL: <http://arxiv.org/abs/1508.01991>.

- [13] Andreas Madsen. «Visualizing memorization in RNNs». En: *Distill* (2019). DOI: [10.23915/distill.00016](https://doi.org/10.23915/distill.00016). URL: <https://distill.pub/2019/memorization-in-rnns>.
- [14] Patrick Henry Winston. *Artificial Intelligence (3rd Ed.)* Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1992. ISBN: 0-201-53377-4.
- [15] L. Wu y col. «StarSpace: Embed All The Things!» En: *arXiv preprint arXiv:1709.03856* (2017).
- [16] Steven Bird, Ewan Klein y Edward Loper. *Natural Language Processing with Python*. 1st. O'Reilly Media, Inc., 2009. ISBN: 0596516495, 9780596516499.