

Hello World en TensorFlow

Para iniciarse en la programación del Deep Learning

WATCH THIS SPACE

Hello World en TensorFlow

Para iniciarse en la programación del Deep Learning

Jordi Torres

Universitat Politècnica de Catalunya – UPC Barcelona Tech
Barcelona Supercomputing Center (BSC)
Enero, 2016

Colección WATCH THIS SPACE
Diseño de la colección: DesignedInBarcelona.com

Primera edición en lengua castellana: enero 2016 versión 1.0

© Jordi Torres
www.JordiTorres.eu

Universitat Politècnica de Catalunya - UPC Barcelona Tech
UPC Campus Nord, mòdul C6
Jordi Girona 1-3
08034 Barcelona

Diseño de cubierta: Jordi Torres
Ilustraciones: Jordi Torres
Revisión ortotipográfica y de estilo: Laura Juan Merino
Editor: Ferran Julià Massó

Para citar el libro:

Hello World en TensorFlow, para iniciarse en la programación del Deep Learning
Jordi Torres, BSC & UPC Barcelona Tech, Barcelona, 2016
Ed. Undertile, ISBN 978-1-326-53238-3

Este libro está sujeto a una licencia Creative Commons BY NC SA: para cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Este libro está dedicado a
la comunidad de código abierto,
cuyo trabajo consumimos todos los días sin saberlo.

Índice

Índice.....	vii
Prólogo	ix
Prefacio.....	xi
Enfoque del libro.....	xv
1. Una tecnología al alcance de todos	19
Código abierto	20
Por qué ahora	22
<i>Machine Learning</i>	27
Instalación de TensorFlow	29
Primer código en TensorFlow	31
Panel de visualización Tensorboard	37
2. Regresión lineal	39
Modelo de relación entre variables	40
Función de coste y algoritmo <i>gradient descent</i>	43
Ejecución del algoritmo	46
3. <i>Clustering</i> con <i>K-means</i>.....	53
Estructura de datos básica: <i>tensor</i>	54
Almacenamiento de datos en TensorFlow	59
Algoritmo <i>K-means</i> en TensorFlow	64
Cálculo de los nuevos grupos	70
Cálculo de los nuevos centroides	77
Ejecución del grafo	78

4. Red neuronal básica	81
Conjunto de datos MNIST	83
Una neurona artificial	86
Un modelo sencillo para empezar: Softmax	90
Programa en TensorFlow	96
Evaluación del modelo	103
5. Red neuronal <i>Deep Learning</i>	105
Redes neuronales convolucionales	106
Implementación del modelo	114
Entrenamiento y evaluación del modelo	118
6. Uso de GPUs.....	123
Entorno de ejecución	124
Varias GPUs	126
Ejemplo de código	128
Clausura	133
Agradecimientos	141
Acerca del Autor.....	147

Prólogo

El área de aprendizaje automático (o *Machine Learning*) ha exhibido una gran expansión gracias al codesarrollo de tecnologías clave, tales como la computación, el almacenamiento de datos masivo e Internet. Muchas de las tecnologías y eventos del día a día de muchas personas están, directa o indirectamente, influenciadas por el aprendizaje automático. Ejemplos tecnológicos como el reconocimiento del habla, la clasificación de imágenes en nuestros teléfonos o la detección de spam en correos electrónicos, han permitido desarrollos de *apps* que, hace apenas una década, sonarían a ciencia ficción. El uso del aprendizaje en modelos bursátiles, médicos, o bolsas de trabajo ha impactado a la sociedad de forma masiva. Además, coches sin conductor, drones o robots de todo tipo van a impactar a la sociedad en un futuro no muy lejano.

El *Deep Learning*, un subcampo de *Machine Learning*, ha sido sin lugar a dudas uno de los campos con expansión explosiva desde que fue redescubierto en el 2006. Efectivamente, una gran parte de los *startups* en Silicon Valley se especializan en ello, y las grandes compañías tecnológicas como Google, Facebook, Microsoft o IBM tienen equipos tanto de desarrollo como de investigación. *Deep Learning* ha generado interés incluso fuera de los ámbitos universitarios y de investigación: numerosas revistas especializadas (como *Wired*) o generales (como *New York Times*, *Bloomberg* o *BBC*) han escrito múltiples artículos sobre el tema.

Este interés ha hecho que muchos estudiantes, emprendedores e inversores se hayan sumado al *Deep Learning*. Gracias a todo el interés generado, varias librerías de desarrollo de modelos se han abierto como “*Open Source*”. Siendo yo uno de los principales promotores de

la librería que desarrollamos en Berkeley (Caffe) en 2012 como estudiante de doctorado, puedo decir que TensorFlow, presentado en este libro, y diseñado también por el grupo en Google (California), donde he estado investigando desde 2013, va a ser una de las principales herramientas con la que investigadores, pequeñas y grandes compañías van a desarrollar sus ideas alrededor de *Deep Learning* y *Machine Learning*. Garantía de ello es la cantidad de ingenieros e investigadores de primera clase que han participado en este proyecto, que ha culminado con el su *Open Sourcing*.

Espero que este libro introductorio ayude al navegante interesado a empezar su aventura en este campo tan interesante. Y quisiera agradecer a su autor, a quien tengo el placer de conocer personalmente, por el esfuerzo de divulgación de esta tecnología escribiendo este libro en tiempo récord, dos meses desde que se hizo público el proyecto en *open source*. Una muestra más de la vitalidad que tiene Barcelona y de su interés para ser uno de los actores en este escenario tecnológico que tanto va a impactar nuestro futuro.

Oriol Vinyals

Research Scientist en Google Brain

Prefacio

*Education is the most powerful weapon
which you can use to change the world.*

Nelson Mandela

Nos encontramos ante un reto y una gran oportunidad para los ingenieros e ingenieras que dejaron las aulas universitarias hace tiempo, pero que su día a día les está llevando inexorablemente a tener que aprender potentes y nuevas herramientas que los avances en áreas como *Machine Learning* les están ofreciendo para crear empresas competitivas.

La vertiginosa revolución tecnológica en que nos encontramos inmersos genera que los conocimientos de los trabajadores de las empresas modernas se encuentren en un proceso de transformación constante.

Ejemplo de ello son las grandes empresas, que disponen de ingentes volúmenes de datos que requieren profesionales que sepan de *Machine Learning* para poder sacar valor de estos datos. Y no solo ellas precisan de profesionales con estos conocimientos, ya que esta necesidad se está extendiendo a empresas de todo tipo y tamaño, requiriéndose muchísimos más profesionales que los que las universidades estamos formando en estos momentos.

Este es el caso de un antiguo alumno, y gran amigo, que en estos momentos está convirtiéndose un experto en la materia al estar convencido que su startup Undertile tiene una gran oportunidad aplicando las nuevas tecnologías de *Deep Learning*. Él influyó mucho en mi decisión de escribir este libro. Al hablarle de esta nueva tecnología llamada TensorFlow, que había sido liberada pocos días antes, le brillaron los ojos de la misma forma que los de mis alumnos cuando, en una larga práctica tecla en mano, ven cómo sale aquel resultado tan esperado en su pantalla. Es un estímulo pensar que no solo mis alumnos requieren estar al día de lo último en tecnología, sino que también hay empresas innovadoras que pueden y quieren sacarle provecho.

Por todo ello, el propósito de este libro es el de ayudar a divulgar este conocimiento entre los ingenieros e ingenieras que quieran ampliar sus conocimientos en el apasionante mundo del *Machine Learning*. Creo que cualquiera con una formación en ingeniería puede requerir a partir de ahora conocimientos en *Deep Learning*, y *Machine Learning* en general, para aplicarlo en su actual o futuro trabajo.

El lector se preguntará cómo es que un ingeniero de datos, que en realidad lo es de computadores, se propone este reto de escribir como si fuera un científico de datos. Precisamente por ser ingeniero creo que puedo aportar ese enfoque introductorio al tema, y que esto puede ser de gran ayuda para muchos ingenieros e ingenieras en sus primeros pasos; luego estará en sus manos profundizar en aquello que más le conviene.

Espero con este libro aportar mi granito de arena en este mundo de la formación que tanto me apasiona. El conocimiento debe estar al alcance de todos, y por este motivo el contenido de este libro está disponible en la página web www.JordiTorres.eu/TensorFlow totalmente gratuito. Si al lector le es útil este material y cree oportuno compensar el esfuerzo del autor al escribir el libro, hay una pestaña en la página web para poder hacer una donación.

Por otro lado, si el lector prefiere optar por un ejemplar en papel, podrá adquirir el libro a través de los portales *Amazon.es* y *LuLu.com*. En este caso, las ganancias de la edición en papel serán donadas al proyecto conjunto que están realizando la *startup* UnderTile y la *Fundació El Maresme*, una entidad sin ánimo de lucro, nacida hace cincuenta años, que impulsa la integración social y la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad intelectual. ¡Muchas gracias por sumaros al proyecto!

Esta idea salió de la misma *startup* Undertile, que juntamente con *Fundació El Maresme* están llevando a cabo un proyecto en el que se están involucrando personas con discapacidad intelectual para recuperar, perdurar y compartir la memoria de las personas a través de la digitalización y etiquetado de las fotos en papel, diapositivas, etc. En la página web también habrá una segunda pestaña para hacer donaciones al proyecto si fuera del interés del lector.

Déjenme decirles ¡gracias por estar leyendo este libro! El simple hecho me reconforta y justifica mi esfuerzo en escribirlo. Aquellos que me conocen saben que la divulgación tecnológica es una de mis pasiones, que me mantienen con vigor y energía. ¡Ah!; para aquellos que sospechan que en realidad el propósito de esta obra era tener una excusa para ilustrar un libro técnico con mis dibujos, otro de mis *hobbies*, pues están en lo cierto, porque lo voy a negar; hasta ahora solo había ilustrado libros no técnicos.

Para acabar estas líneas de apertura, me queda tan solo añadir que si el lector requiere contactar conmigo en relación al contenido de este libro, no dude en hacerlo a través del correo electrónico *LibroTensorFlow@gmail.com*. Estaré encantado de contestarle.

Jordi Torres, enero 2016

Enfoque del libro

Tell me and I forget. Teach me and I remember. Involve me and I learn.

Benjamin Franklin

Una de las aplicaciones habituales del *Deep Learning* incluye el reconocimiento de patrones. Por ello, de la misma manera que cuando uno empieza a programar existe la tradición de empezar por un *print "Hello World"*, en *Deep Learning* se crea un modelo de reconocimiento de números escritos a mano, siendo de uso habitual los contenidos en el dataset MNIST¹, muy conocido en el área. Este va a ser el ejemplo principal del libro, que con diversas aproximaciones me permite acercar al lector a esta nueva tecnología llamada TensorFlow.

No obstante, no pretendo aquí escribir un tratado sobre *Machine Learning* ni *Deep Learning*, y por ello pido de antemano disculpas a mis colegas científicos de datos por ciertas simplificaciones que me he permitido en aras de llegar a un lector profano a este conocimiento, que encontrará aquí un formato habitual al que uso en mis clases; se trata de invitarles a usar el teclado de su ordenador mientras va aprendiendo. Nosotros le llamamos "*learn by doing*", y mi experiencia como

¹ The MNIST database of handwritten digits. [en línea]. Disponible en: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist> [Consulta: 16/12/2015].

profesor en la UPC me indica que es una aproximación que funciona muy bien en ingenieros e ingenieras que tratan de iniciarse en un nuevo tema.

Por esta razón el libro tiene un carácter eminentemente práctico, y por ello se ha reducido todo lo posible la parte teórica, aunque es estrictamente necesario recurrir a ciertos detalles matemáticos, cosa que hará que, en las siguientes páginas, se vayan intercalando conocimientos teóricos y prácticos de forma que se complementen en el proceso de aprendizaje.

La parte práctica, como es de esperar, estará basada en TensorFlow, el paquete de código abierto que recientemente ha liberado Google. Conocer TensorFlow creo que va a ser importante en el currículum de cualquier ingeniero o ingeniera en los próximos meses.

En el primer capítulo, además de hacer una introducción al escenario, donde, a mi parecer, TensorFlow tendrá un papel relevante, aprovecho para dar un primer vistazo a la estructura que presenta un código TensorFlow explicando brevemente los datos que este mantiene internamente. Como el lector podrá observar, iremos avanzando en paralelo los ejemplos prácticos con la introducción de aprendizaje de TensorFlow y/o conocimientos requeridos de *Machine Learning*.

En el segundo capítulo, a través de un ejemplo de regresión lineal, presentaré los diferentes elementos importantes en un proceso de aprendizaje, como son la función de coste o el algoritmo *gradient descent*, y, al mismo tiempo, empezar a ver cómo son los datos básicos que maneja TensorFlow.

En el tercer capítulo, a propósito de presentar un algoritmo de clustervización, entraré en detalle a presentar la estructura de datos básica de TensorFlow, llamada tensor, y las diferentes clases y funciones que el paquete TensorFlow ofrece para crearlos y manejarlos.

En el cuarto capítulo, una vez ya introducido en capítulos previos varios conceptos importantes, se presenta en detalle, paso a paso, cómo se puede construir una red neuronal de una sola capa para reconocer dígitos escritos a mano. Esto nos permitirá poner en orden todos los conceptos presentados previamente, así como también ver todo el proceso completo de creación y evaluación de un modelo.

El siguiente capítulo parte de la red neuronal vista en el anterior, y presenta cómo se puede construir una red neuronal de varias capas para poder conseguir un mejor resultado en el reconocimiento de los dígitos escritos a mano. Se presentará con más detalle lo que se conoce como redes neuronales convolucionales.

En el sexto capítulo se entra en un tema más específico y probablemente no del interés de todos los lectores, pero no por ello menos importante, como es el aprovechar la potencia de cálculo que presentan hoy en día las GPUs en TensorFlow. Como se introduce en el capítulo 1, las GPUs juegan un rol importante en el proceso de entrenamiento de las redes neuronales.

El libro acaba con un capítulo más personal, en el cual me he permitido una pequeña reflexión sobre el tema.

Quisiera recalcar que el código de los ejemplos que aparecen en este libro pueden descargarse en el repositorio *github* del libro², y también podrá encontrar las correcciones a las fe de erratas que puedan aparecer en el libro.

² *Github*, (2016) Códigos fuente de este libro [en línea]. Disponible en: <https://github.com/jorditorresBCN/TutorialTensorFlow> [Consulta: 16/12/2015].

Este libro (versión digital) se encuentra en revisión constante. Agradeceré que se notifique a través de LibroTensorFlow@gmail.com cualquier error tipográfico, bug de código o de otro tipo que el lector pudiera encontrar. El lector sería añadido a la lista de agradecimientos en futuras versiones del libro.