

IV Congreso de Ciencia y Tecnología

CURSO DE DEEP LEARNING

Por Ing. Héctor Sánchez, M. En TA. Sandra de la Fuente,
Ing. Dagoberto Pulido e Ing. Ángel Hernández.



20 de Octubre de 2018

CONTENIDO

- Introducción a Machine Learning.
- Introducción a Deep Learning.
- Introducción a Tensorflow.
- Redes neuronales artificiales.
- Función de pérdida.
- Feed-forward y back-propagation.
- Batch normalization, pooling, dropout y regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

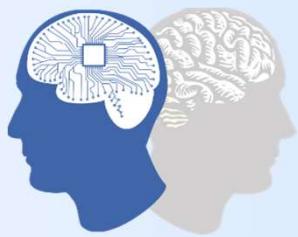
20 de Octubre de 2018



¿QUÉ ES DEEP LEARNING?

Inteligencia Artificial

Cualquier técnica que permita a las computadoras imitar el comportamiento humano.



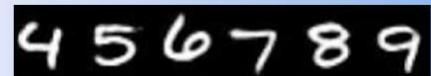
Machine Learning

Técnicas que permiten el aprender sin ser explícitamente programado.



Deep Learning

Algoritmos que aprenden características correspondientes a la información usada mediante redes neuronales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

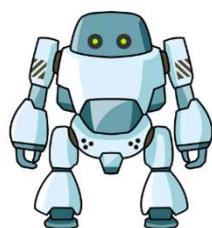
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

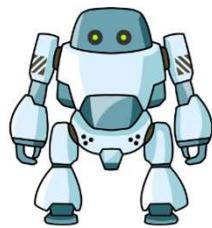
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

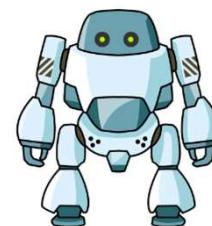
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

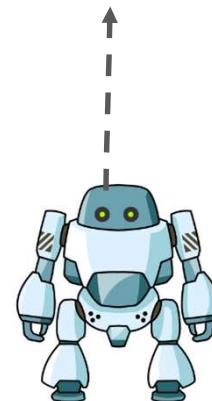
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

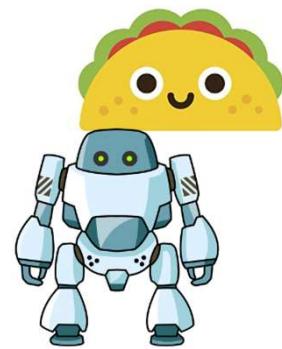
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

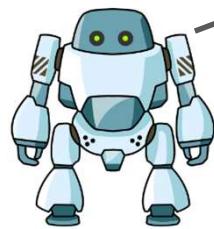
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



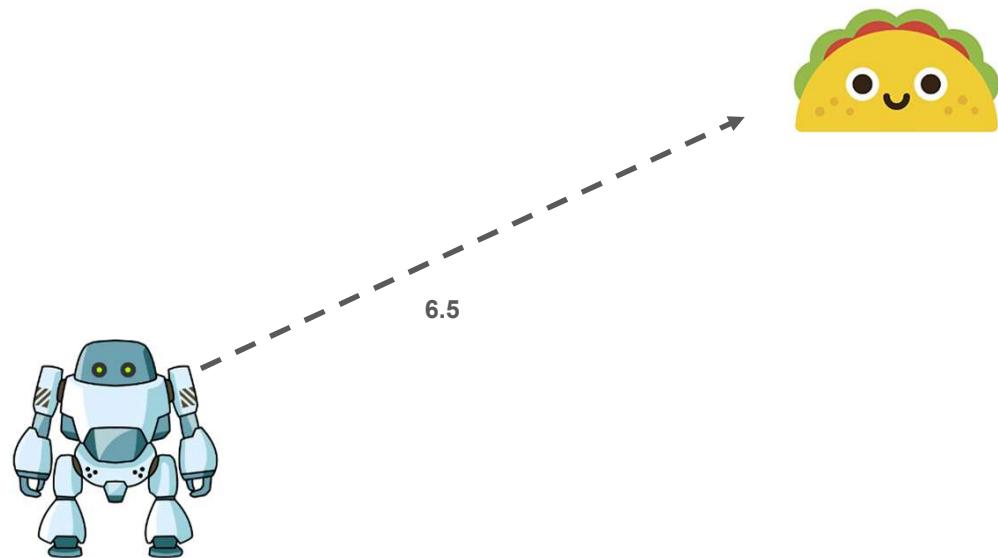
7



Curso de Deep Learning

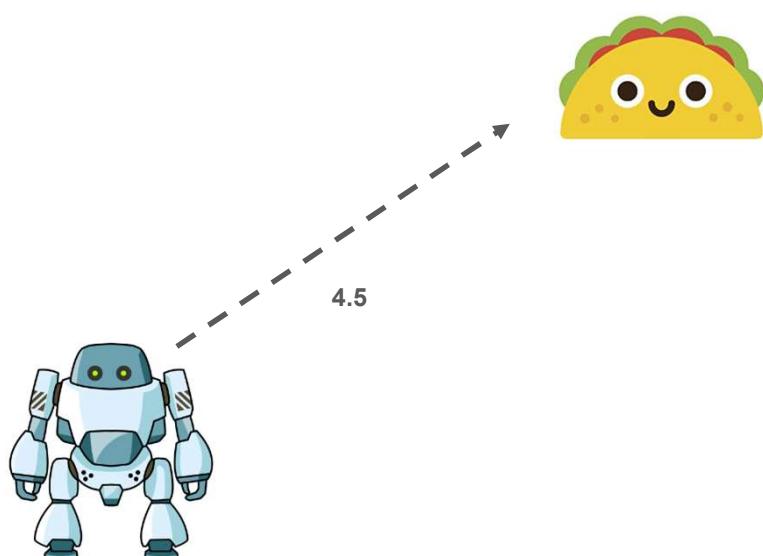
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

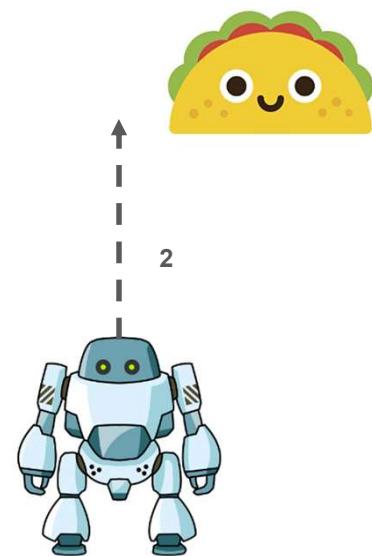
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

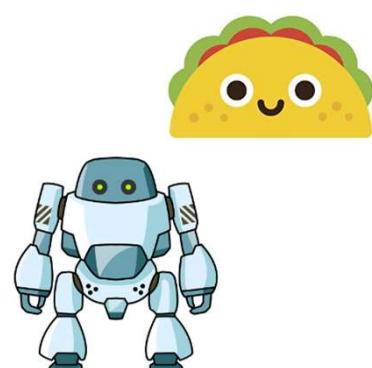
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

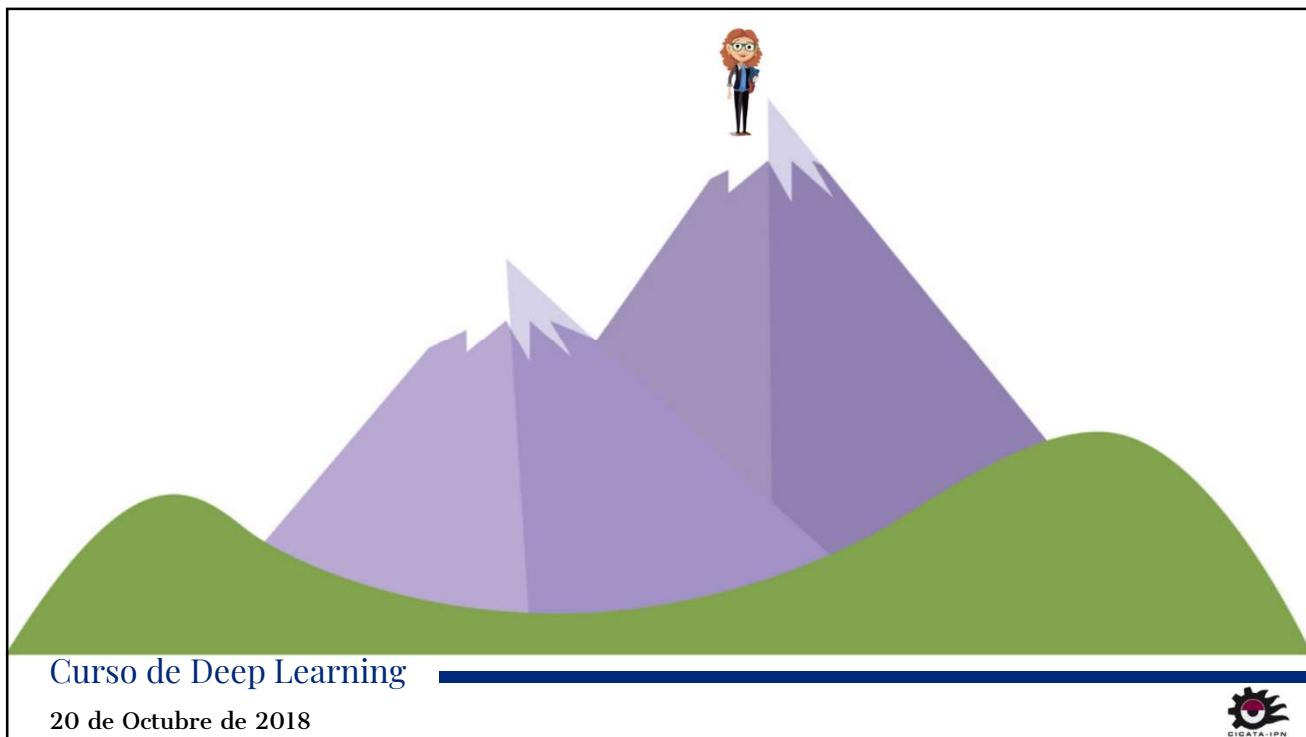
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

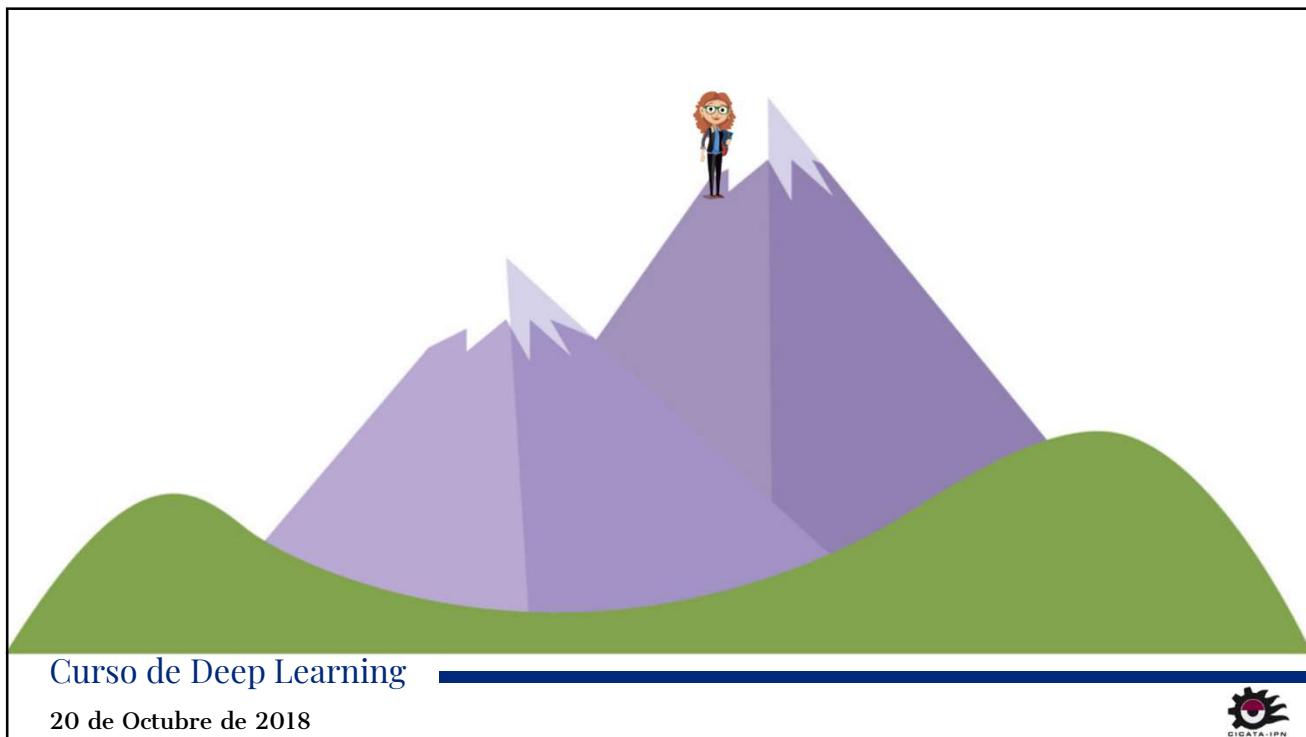
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

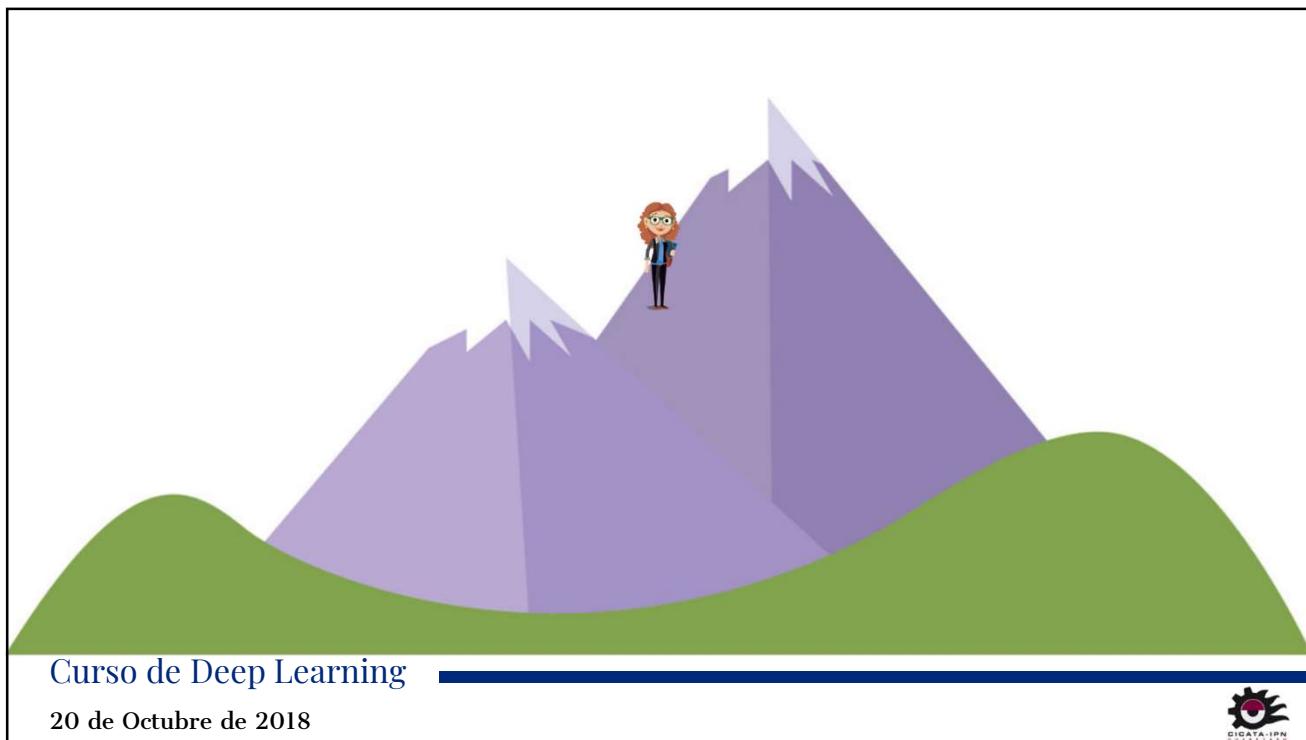
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

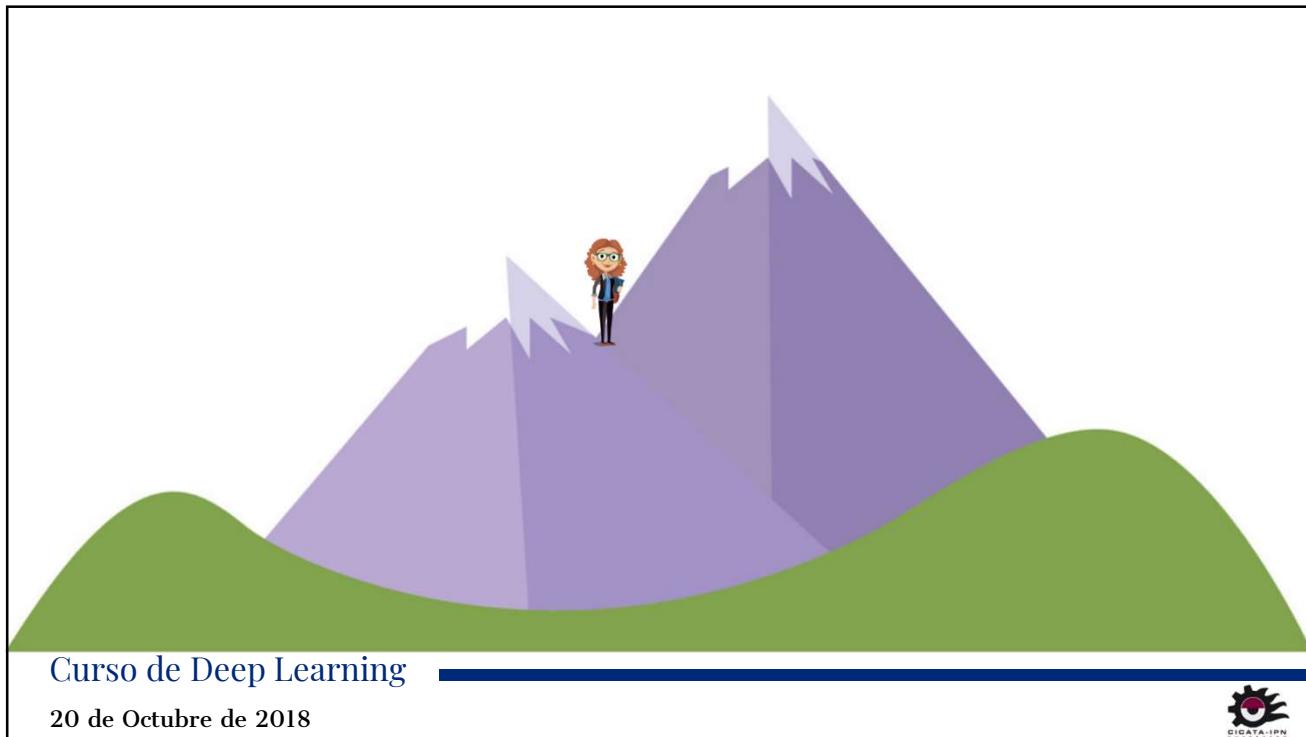
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

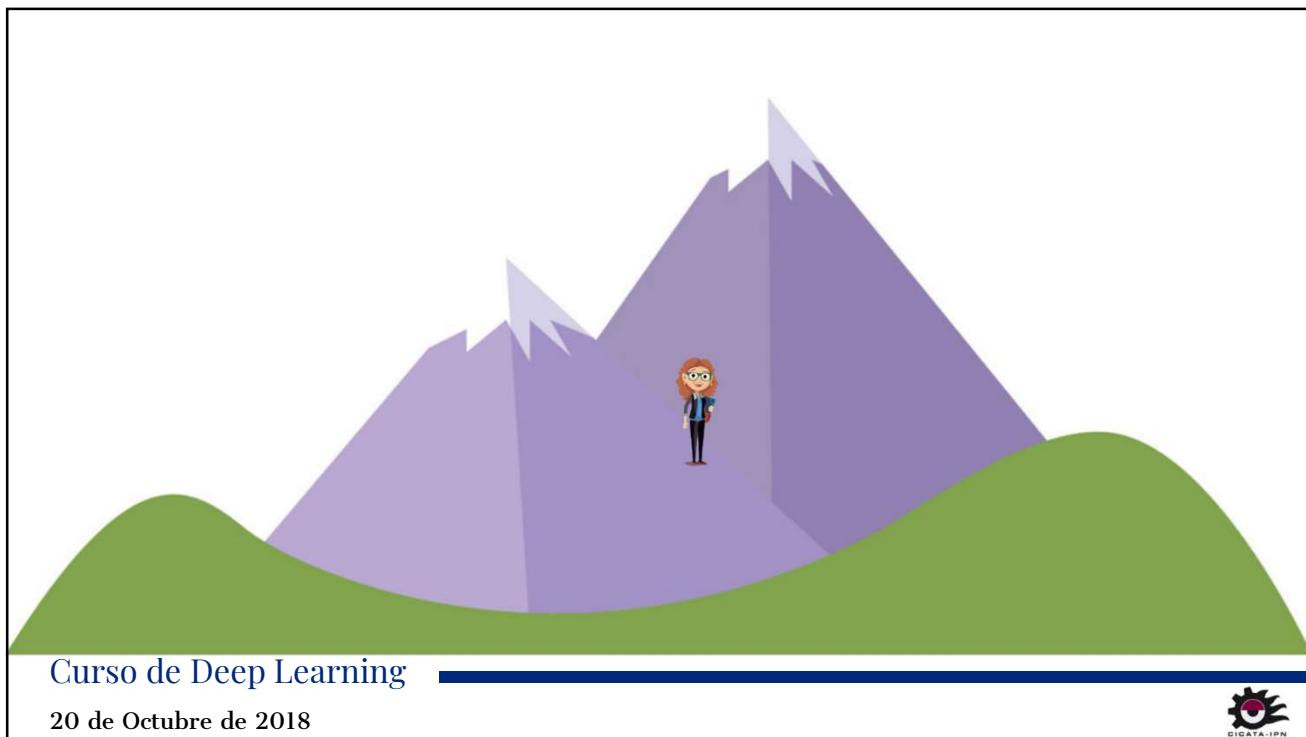
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

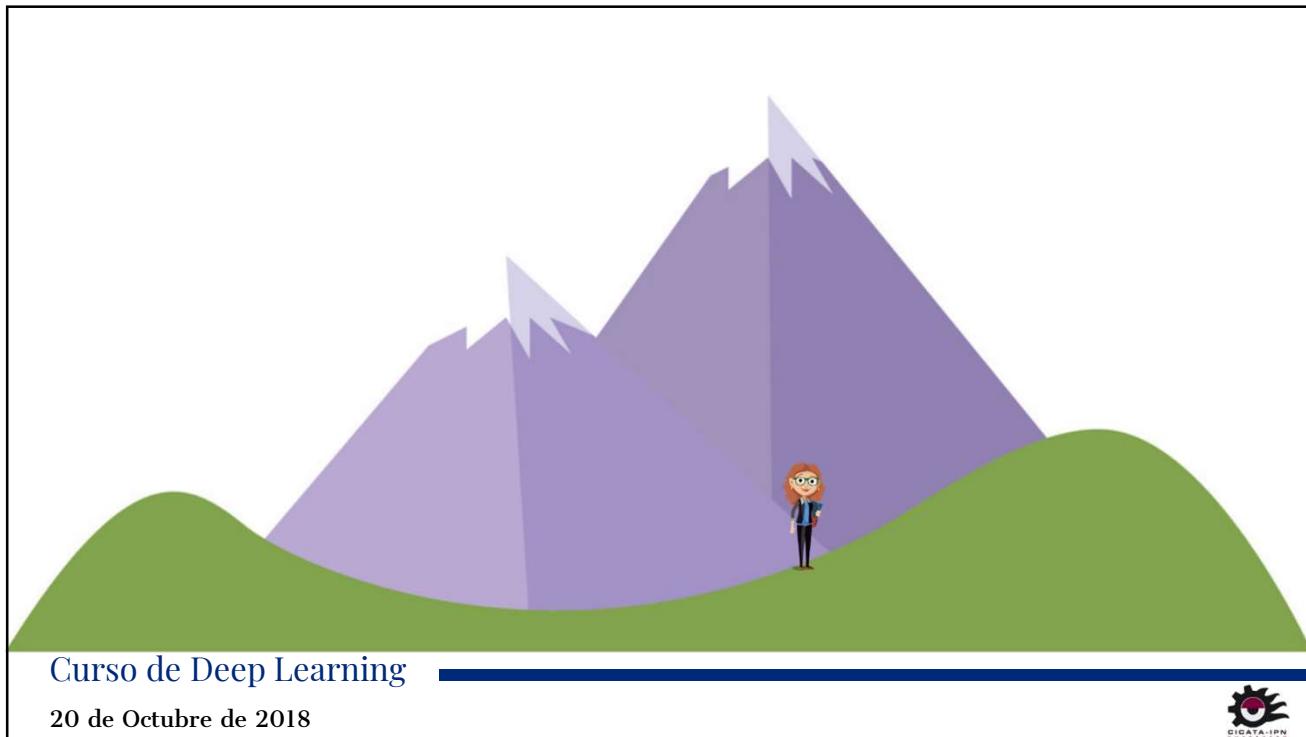
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Descenso por gradiente



Conseguir el taco
Minimizar la distancia al taco



Descender la montaña
Dirección con menor altitud



Resolución de cualquier problema

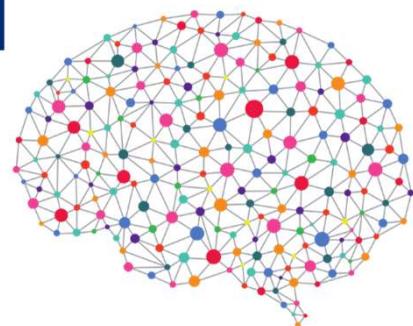
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción a Machine Learning.
- **Introducción a Deep Learning.**
- Introducción a Tensorflow.
- Redes neuronales artificiales.
- Función de pérdida.
- Feed-forward y back-propagation.
- Batch normalization, pooling, dropout y regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Breve Historia

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Antes y después de Deep Learning

Viewpoint variation



Scale variation



Deformation



Occlusion



Illumination conditions



Background clutter



Intra-class variation



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ImageNet: El Resurgir del Deep Learning

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ImageNet: El Resurgir del Deep Learning

2010

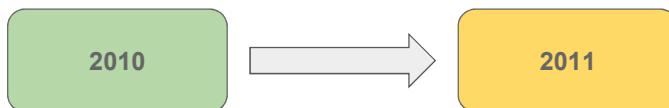
■ Error: 28.19%

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ImageNet: El Resurgir del Deep Learning



■ Error: 28.19%

■ Error: 25.77%

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ImageNet: El Resurgir del Deep Learning



■ Error: 28.19%

■ Error: 25.77%

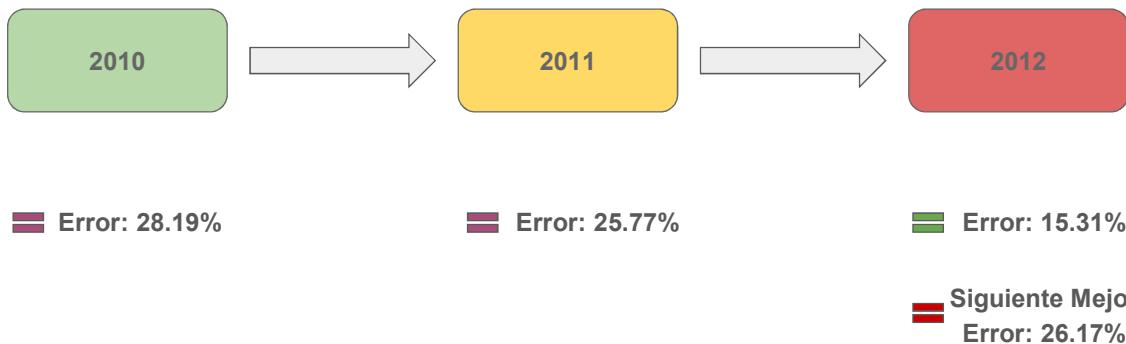
■ Error: 15.31%

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ImageNet: El Resurgir del Deep Learning

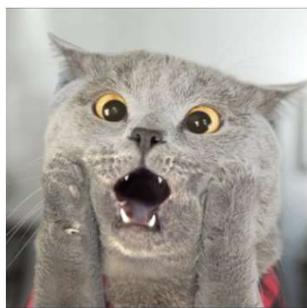


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Hoy en día



Gato



Perro



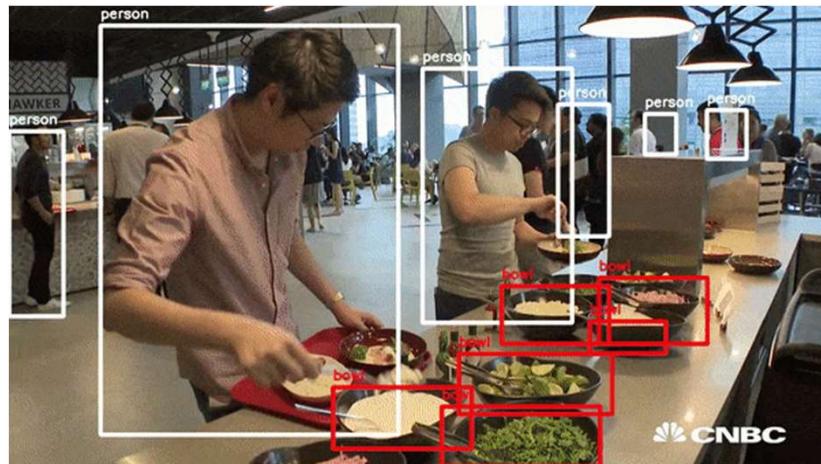
Bote

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Hoy en día



You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Hoy en día



Unsupervised Monocular Depth Estimation with Left-Right Consistency

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Hoy en día



Original: Fallon



Swapped



Target: Oliver

Deep Fake

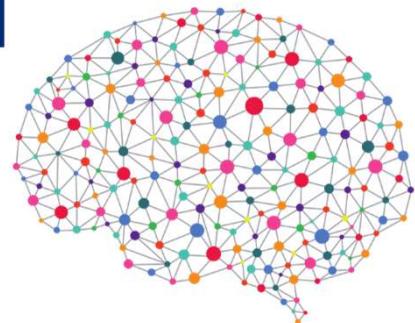
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción a Machine Learning.
- Introducción a Deep Learning.
- Introducción a Tensorflow.**
- Redes neuronales artificiales.
- Función de pérdida.
- Feed-forward y back-propagation.
- Batch normalization, pooling, dropout y regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



000_tutorial_tensorflow.ipynb

```

mirror_mod.mirror_object = None
if mirror_mod.mirror_object == None:
    operation = "MIRROR_X";
    mirror_mod.use_x = True
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = False
else:
    operation = "MIRROR_Y";
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = True
    mirror_mod.use_z = False
else:
    operation = "MIRROR_Z";
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = True

#selection at the end -add this
one.select= 1
mirror_ob.select=1
context.scene.objects.active = eval(("Selected" + str(modifier)))
mirror_ob.select = 0
bpy.context.selected_objects = []
data.objects[one.name].select = 1

int("please select exactly one object")
#----- OPERATOR CLASSES -----

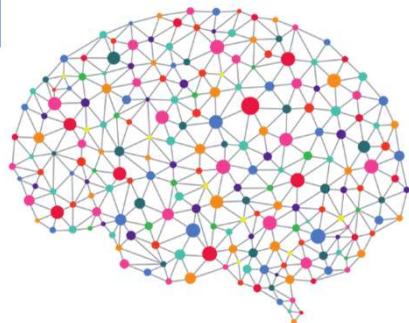
```

PRÁCTICA

37

CONTENIDO

- Introducción a Machine Learning.
- Introducción a Deep Learning.
- Introducción a Tensorflow.
- **Redes neuronales artificiales.**
- Función de pérdida.
- Feed-forward y back-propagation.
- Batch normalization, pooling, dropout y regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



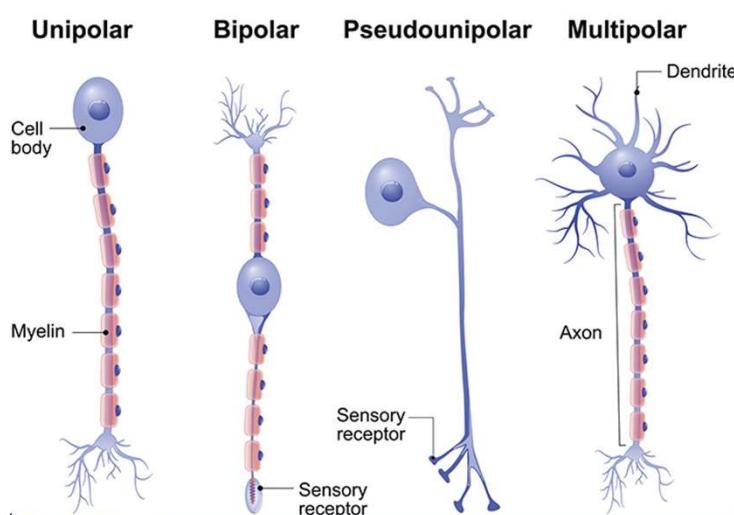
Neuronas

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Neurona: Biológica

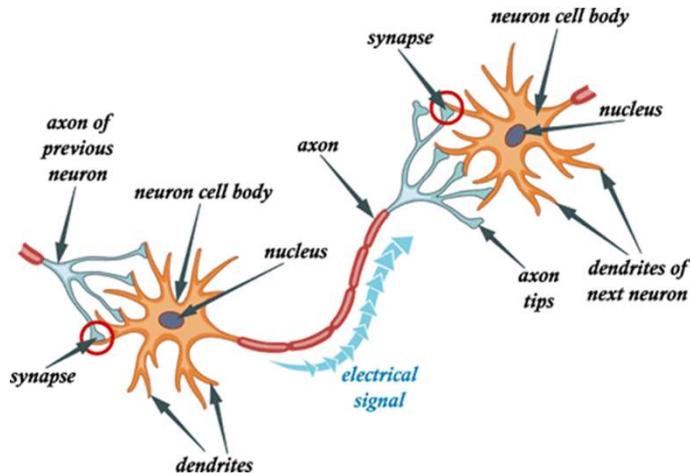


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Neurona: Biológica

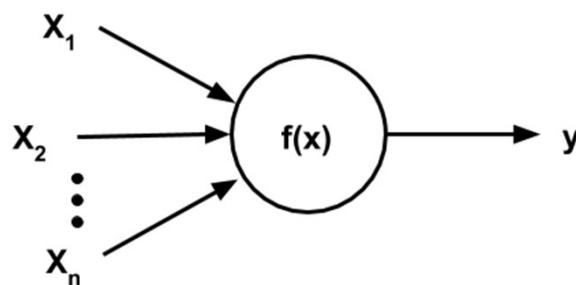


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Neurona: Artificial



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Neurona: Artificial

$$y = f(x) = \sigma\left(\sum_{i=0}^n W_i x_i\right) + b$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Neurona: Artificial

$$y = f(x) = \sigma\left(\sum_{i=0}^n W_i x_i\right) + b$$

$$y = f(x) = \sigma(W_0 x_0 + W_1 x_1 + \dots + W_n x_n + b)$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción
- Función de activación.
- Feed-forward.
- Back-propagation.
- Batch normalization, pooling, dropout y regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Funciones de Activación

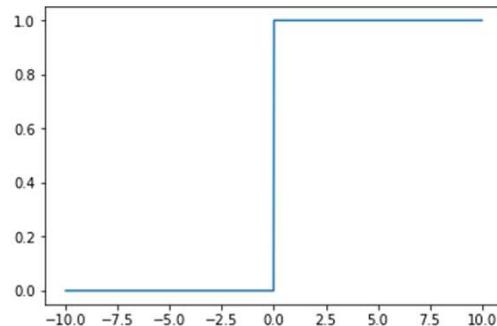
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Escalón

$$step(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } 0 > x \\ 1 & \text{if } x \geq 0 \end{cases}$$



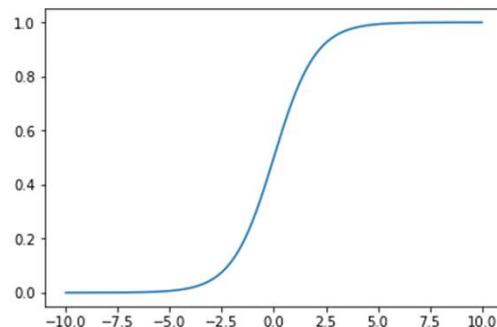
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Sigmoide

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



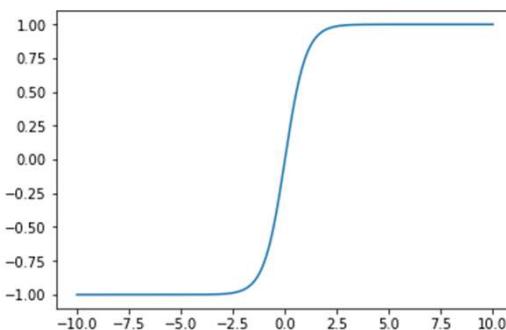
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Tangente Hiperbólica

$$\tanh(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}$$



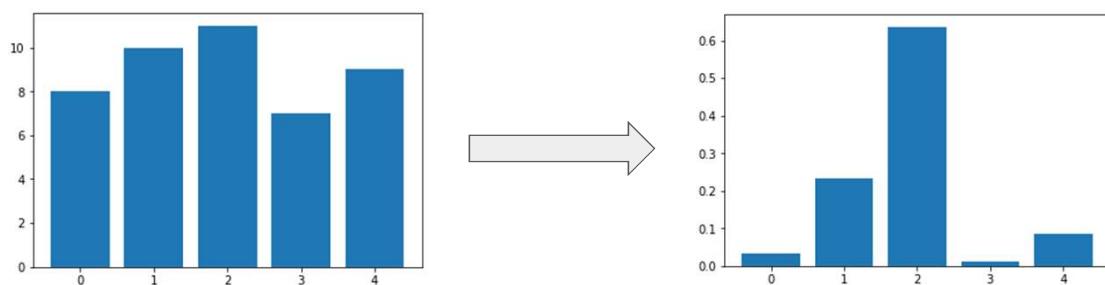
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Softmax

$$\sigma(x)_j = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=0}^n e^{z_k}} \text{ for } j = 0, 1, \dots, n$$



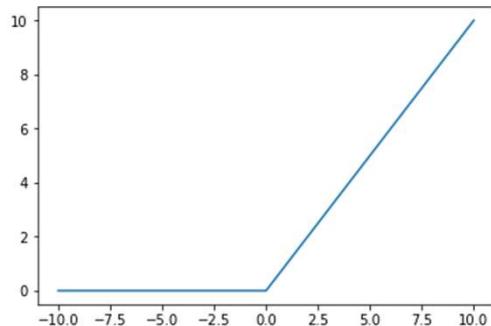
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



ReLU

$$relu(x) = \max(0, x)$$



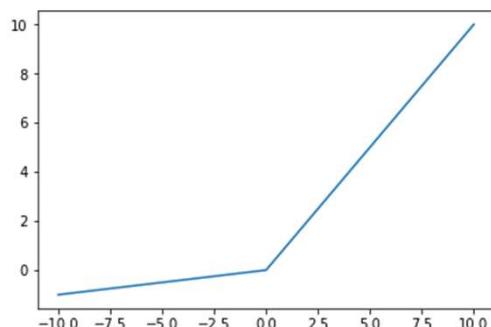
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Leaky ReLU

$$lrelu(a, x) = \max(ax, x)$$



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



001_funciones_de_activacion.ipynb

```

--> mirror_mod.mirror_object = None
operation == "MIRROR_X";
mirror_mod.use_x = True
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Y";
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = True
mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Z";
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = True

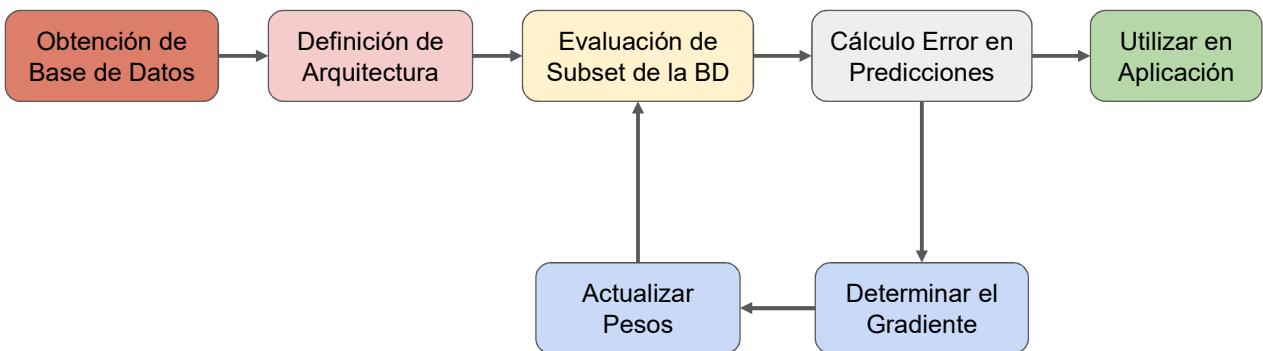
selection at the end -add to
one.select= 1
tier_one.select=1
context.scene.objects.active = ("Selected")
if condition:
    mirror_obj.select = 0
    bpy.context.selected_objects[0].select = 1
    data.objects[one.name].sel
int("please select exactly one object")
-- OPERATOR CLASSES --

```

PRÁCTICA

53

Flujo de trabajo



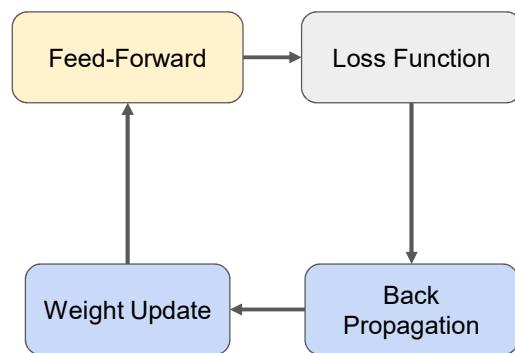
002_regresion_lineal.ipynb

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Proceso



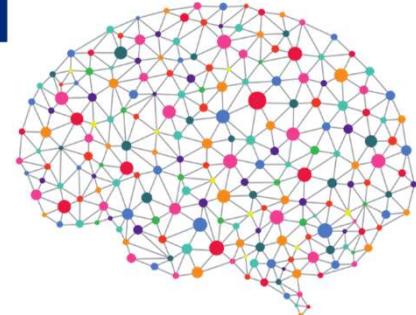
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward.
- Back-propagation.
- Batch normalization.
- Pooling.
- Dropout.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Feed-Forward

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Feed-Forward

Feed-Forward se refiere al evaluar la información de entrada x en la red neuronal artificial para obtener un valor y .

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Feed-Forward

Feed-Forward se refiere al evaluar la información de entrada x en la red neuronal artificial para obtener un valor y .

$$y = f(x) = \sigma\left(\sum_{i=0}^n W_i x_i\right) + b$$

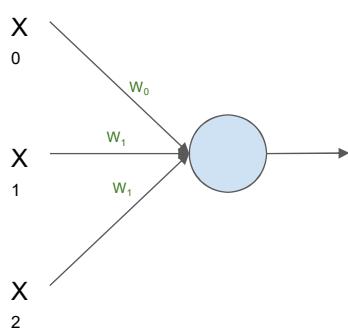
Arquitectura de una RNA de una sola neurona con n entradas.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas



Una capa, una neurona.

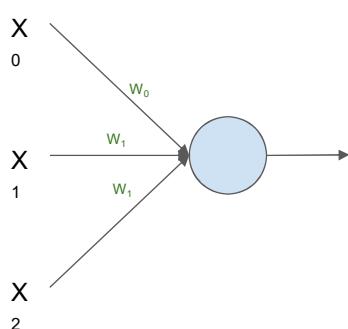
Tres entradas, una salida.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas



Una capa, una neurona.

Tres entradas, una salida.

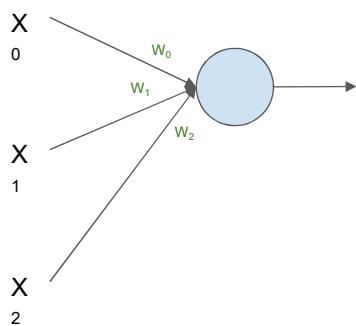
Tres entradas, ¿dos salida?

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas

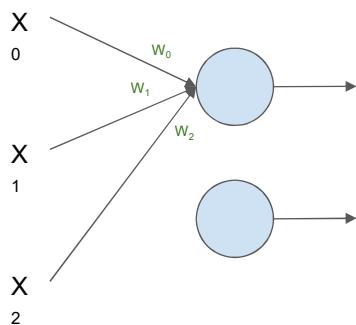


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas

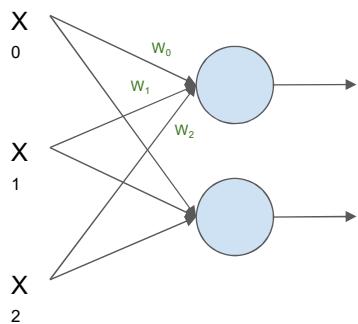


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas

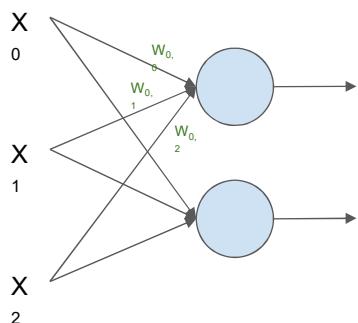


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas



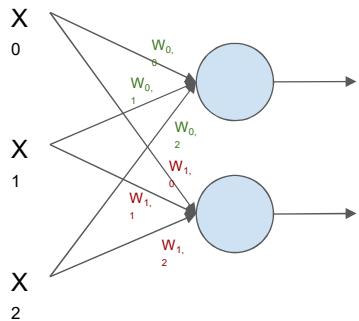
$$f_0(X) = \sigma(W_{0,0}X_{0,0} + W_{0,1}X_{0,1} + W_{0,2}X_{0,2} + b_0)$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas



$$f_0(X) = \sigma(W_{0,0}X_{0,0} + W_{0,1}X_{0,1} + W_{0,2}X_{0,2} + b_0)$$

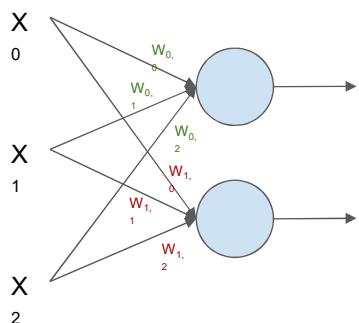
$$f_1(X) = \sigma(W_{1,0}X_{1,0} + W_{1,1}X_{1,1} + W_{1,2}X_{1,2} + b_1)$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Neuronas



$$f_0(X) = \sigma(W_{0,0}X_{0,0} + W_{0,1}X_{0,1} + W_{0,2}X_{0,2} + b_0)$$

$$f_1(X) = \sigma(W_{1,0}X_{1,0} + W_{1,1}X_{1,1} + W_{1,2}X_{1,2} + b_1)$$

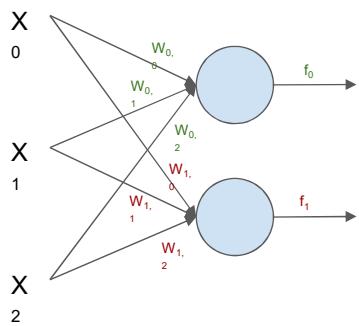
Tres entradas, ¿dos capas?
¿una salida?

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Capas

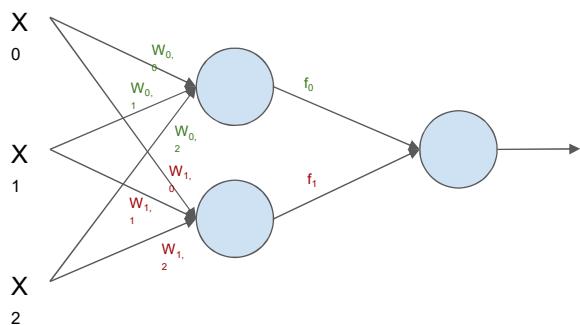


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Capas

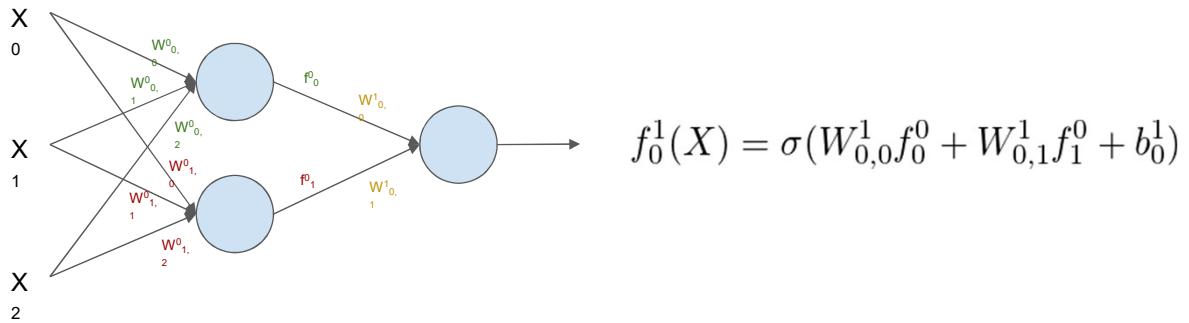


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Múltiples Capas

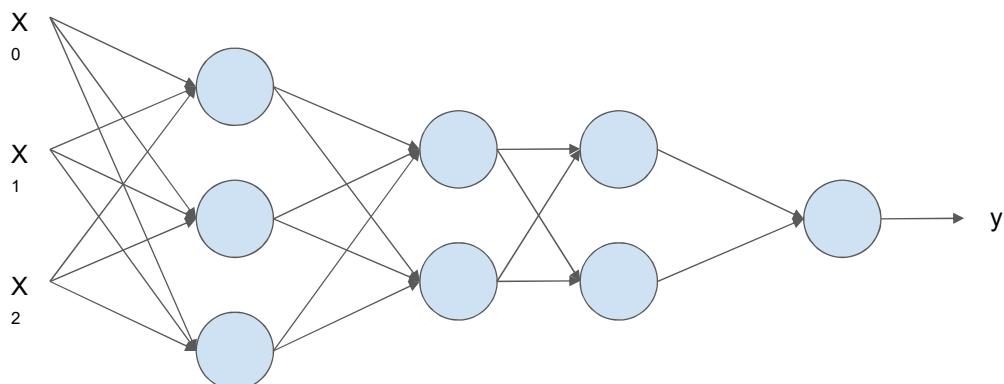


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Capas Ocultas

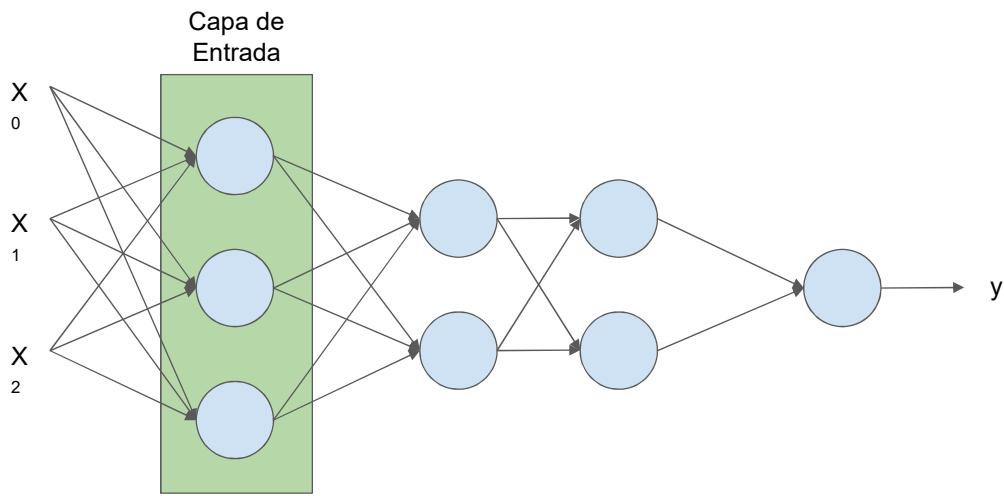


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Capas Ocultas

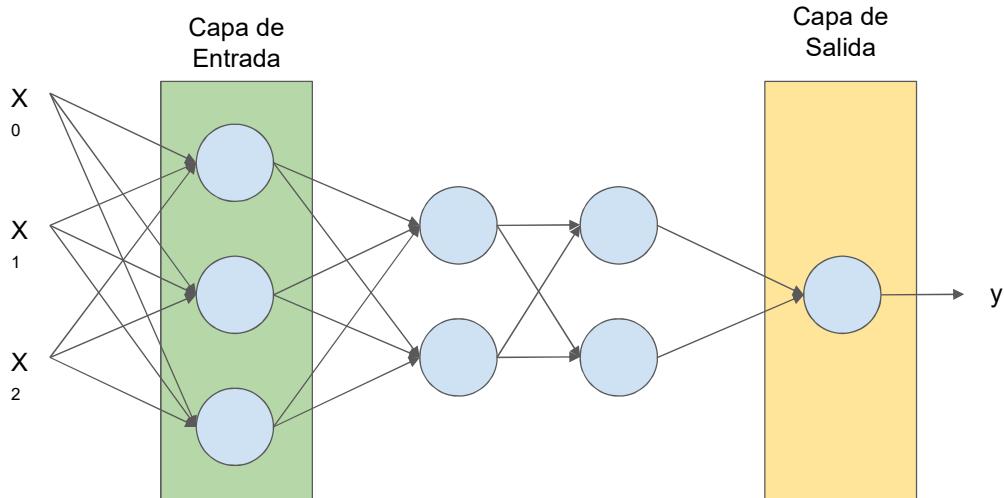


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Capas Ocultas

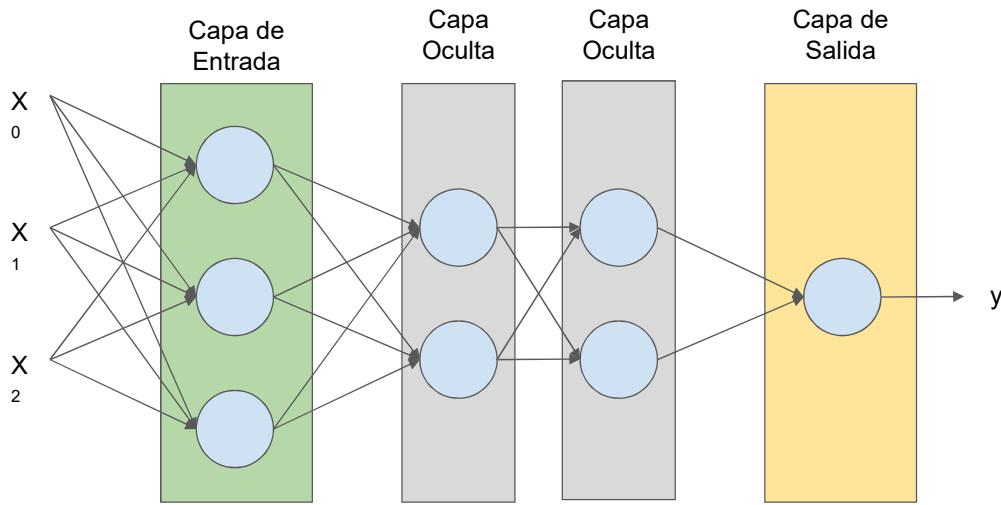


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Capas Ocultas



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



¿Cuántas capas debo usar?

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



003_regresion_lineal_2.ipynb

PRÁCTICA

CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward.
- **Loss function.**
- Back-propagation.
- Batch normalization.
- Pooling.
- Dropout.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de Pérdida

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

Es un método que te permite evaluar el desempeño de un algoritmo con respecto a una base de datos.

Regresión

Clasificación

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

Mean Square Error - Error Cuadrático Promedio

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

Mean Square Error - Error Cuadrático Promedio

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Mean Square Error - Error Cuadrático Promedio

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

Cross-Entropy Loss

$$L_i = -\log\left(\frac{e^{f_{y_i}}}{\sum_j e^{f_j}}\right)$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

No existe una función única que se ajuste a todos los problemas.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Función de pérdida

Función de Pérdida para Detección de Objetos

$$\begin{aligned}
 loss = & \lambda_{coord} \sum_{i=1}^{S^2} \sum_{j=1}^B 1_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] \\
 & + \lambda_{coord} \sum_{i=1}^{S^2} \sum_{j=1}^B 1_{ij}^{obj} [(\sqrt{w_i} - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2] \\
 & + \sum_{i=1}^{S^2} \sum_{j=1}^B 1_{ij}^{obj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \\
 & + \lambda_{noobj} \sum_{i=1}^{S^2} \sum_{j=1}^B 1_{ij}^{obj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \\
 & + \sum_{i=1}^{S^2} 1_i^{obj} \sum_{c \in Classes} (p_i(c) - \hat{p}_i)^2
 \end{aligned}$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



004_funcion_de_perdida.ipynb

```

mirror_mod.mirror_object = None
operation = "MIRROR_X";
mirror_mod.use_x = True
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = False
_operation = "MIRROR_Y";
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = True
mirror_mod.use_z = False
_operation = "MIRROR_Z";
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = True

selection at the end -add to selection
ob.select= 1
ier_ob.select=1
context.scene.objects.active = ier_ob
("Selected", "strand")
mirror_obj = ob
bpy.context.selected_objects[0].name
data.objects[one.name].select = True
int("please select exactly one object")
-- OPERATOR CLASSES --

```

PRÁCTICA

87

CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward.
- Loss function.
- Back-propagation.
- Batch normalization.
- Pooling.
- Dropout.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y) = x^2y^2$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y) = x^2y^2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = 2y$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = 2x$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y) = x^2y^2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = 2y$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = 2x$$

La razón de cambio de una función con respecto a
una variable.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$x = 1$$

$$y = 1$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$x = 1$$

$$y = 1$$

$$f(x, y) = 1$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$x = 1$$

$$y = 1$$

$$f(x, y) = 1$$

$$x = 1$$

$$y = 2$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$x = 1$$

$$y = 1$$

$$f(x, y) = 1$$

$$x = 1$$

$$y = 2$$

$$f(x, y) = ?$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$\begin{array}{ll} x = 1 & x = 1 \\ y = 1 & y = 2 \\ f(x, y) = 1 & f(x, y) = ? \\ \frac{\delta f}{\delta x} = 4 & \end{array}$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$\begin{array}{ll} x = 1 & x = 1 \\ y = 1 & y = 2 \\ f(x, y) = 1 & f(x, y) = 4 \end{array}$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = \left(\frac{\delta}{\delta x} x + \frac{\delta}{\delta x} y \right) z$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = xz$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = xz \quad \frac{\delta f}{\delta y} = (\frac{\delta}{\delta y}x + \frac{\delta}{\delta y}y)z$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = xz \quad \frac{\delta f}{\delta y} = yz$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation

$$f(x, y, z) = (x + y)z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = x + y$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



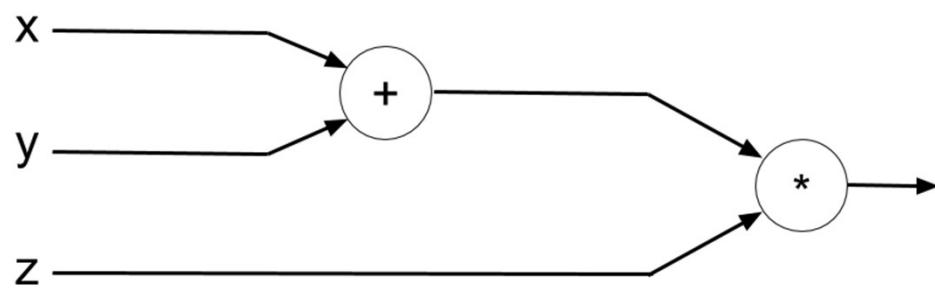
Grafos computacionales

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

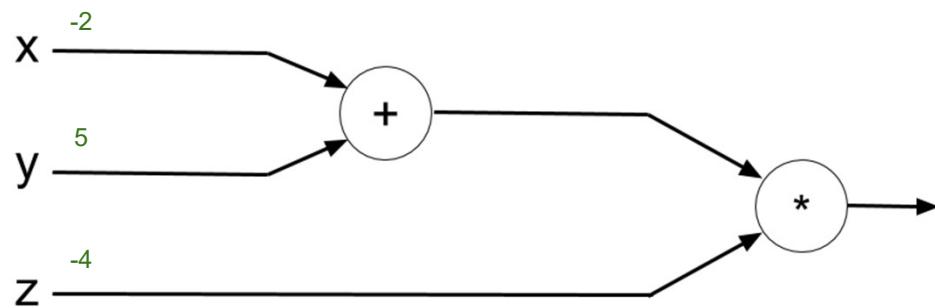


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

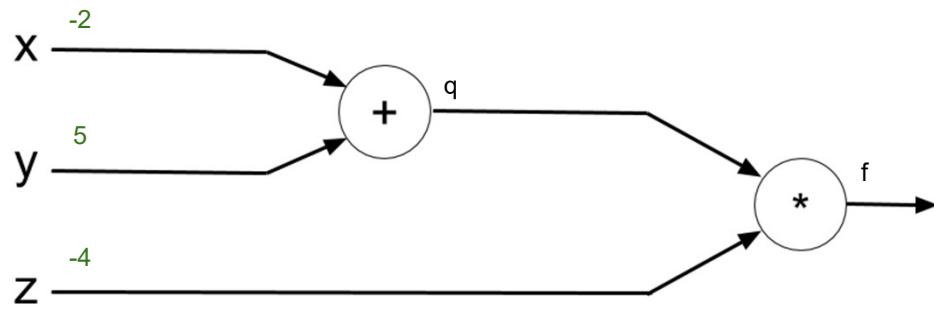


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

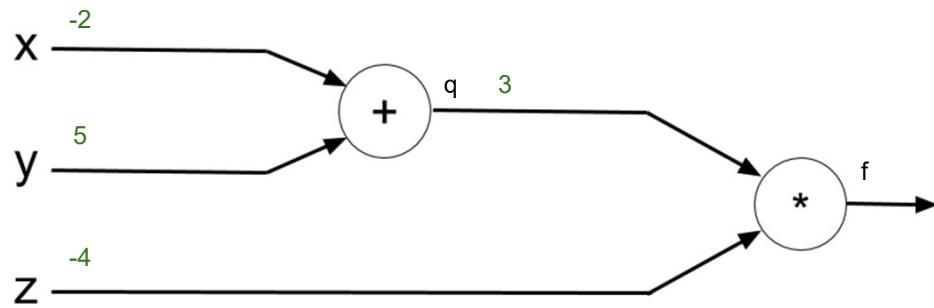


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

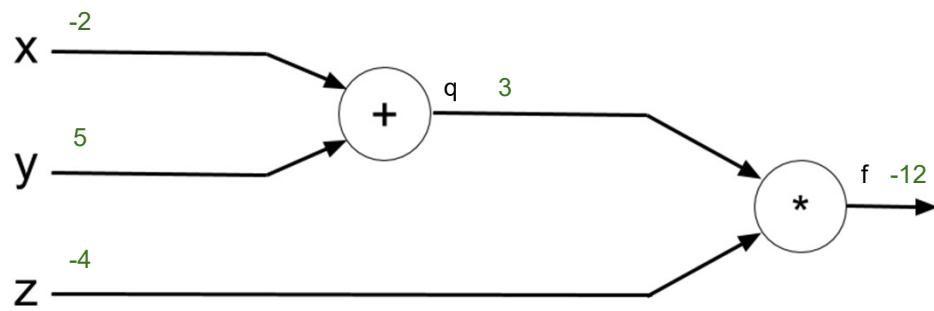


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

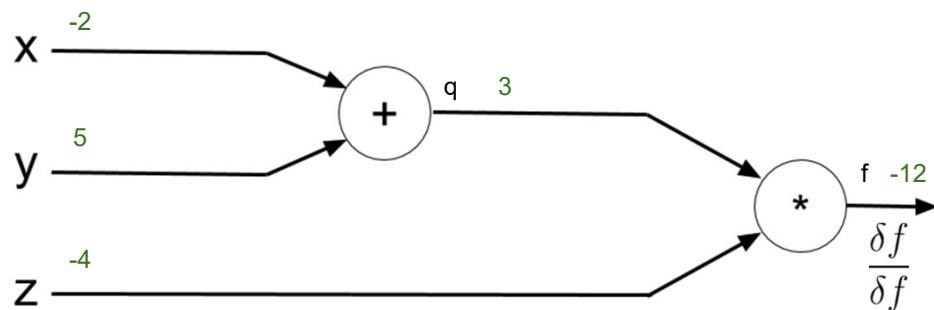


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

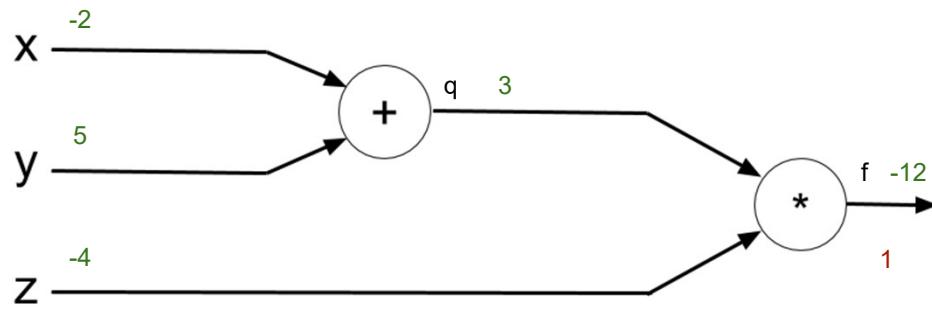


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

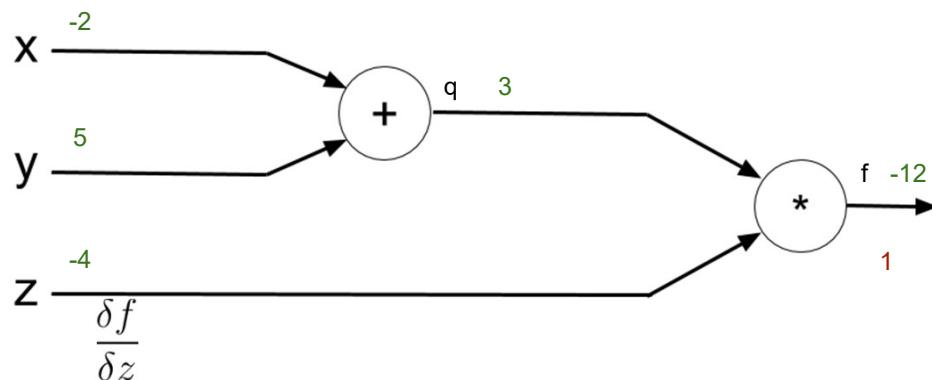


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



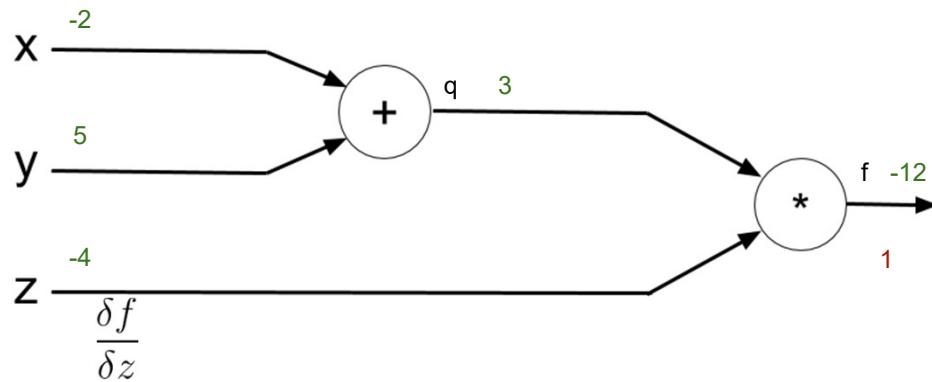
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$f = qz$$



Curso de Deep Learning

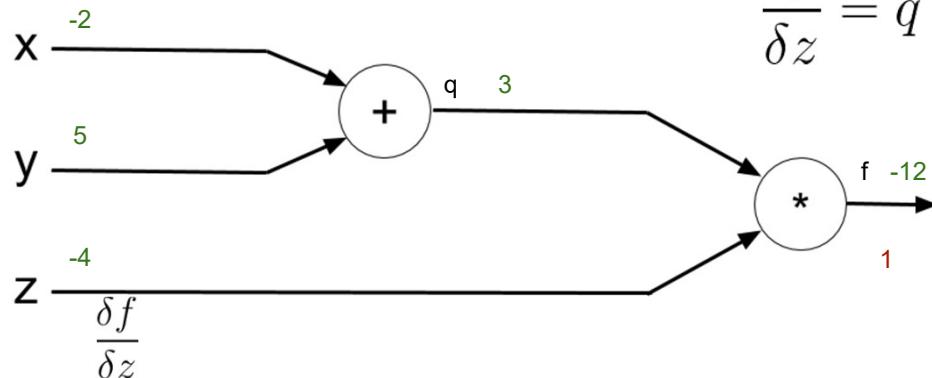
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$f = qz$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = q$$

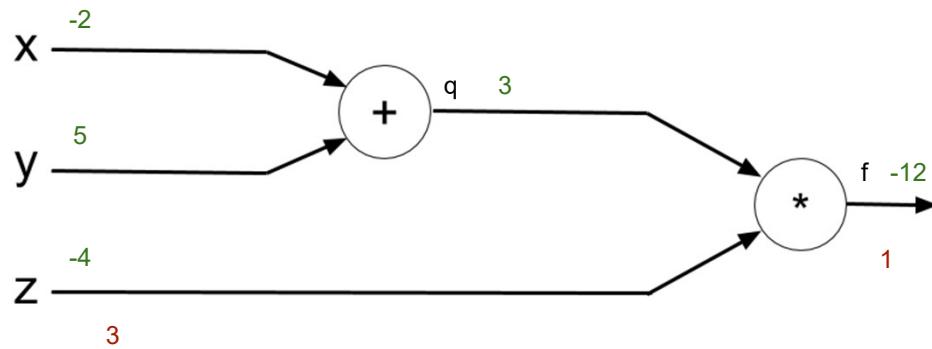


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

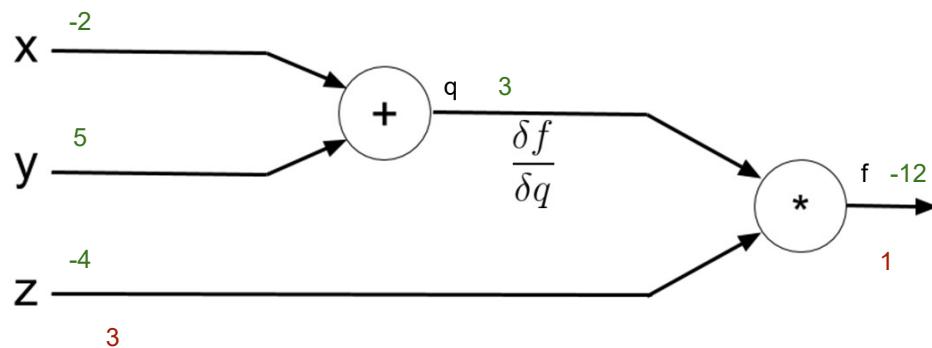


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



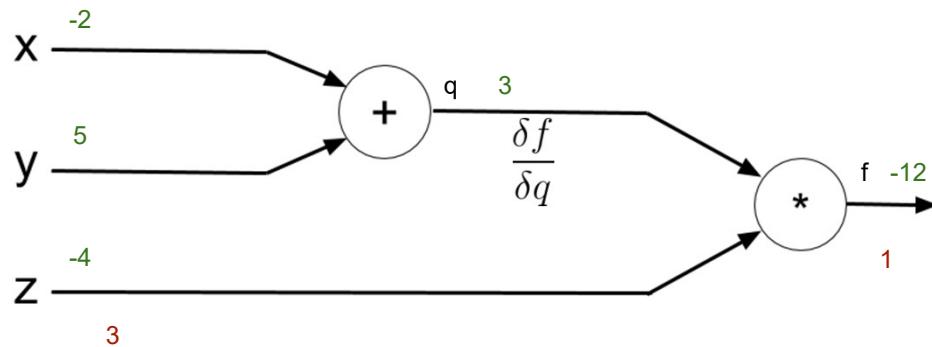
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$f = qz$$



Curso de Deep Learning

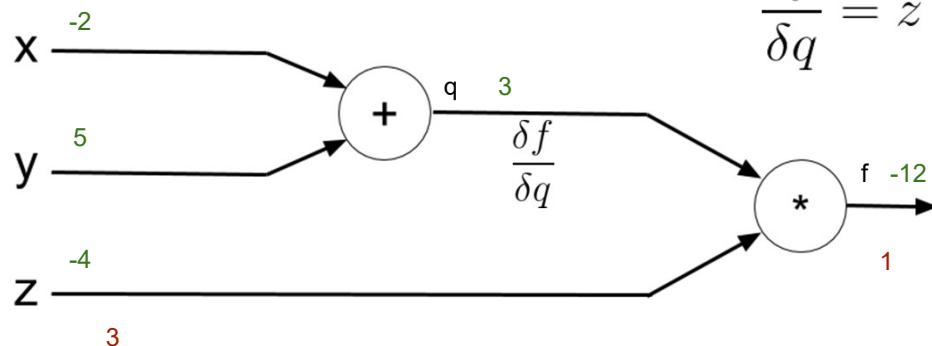
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$f = qz$$

$$\frac{\delta f}{\delta q} = z$$

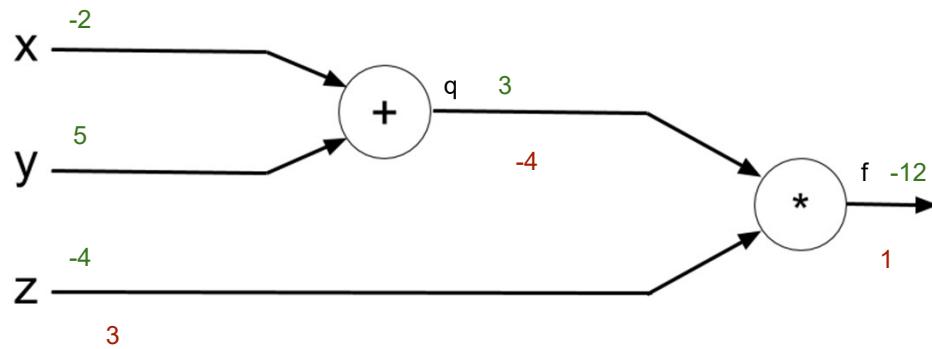


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

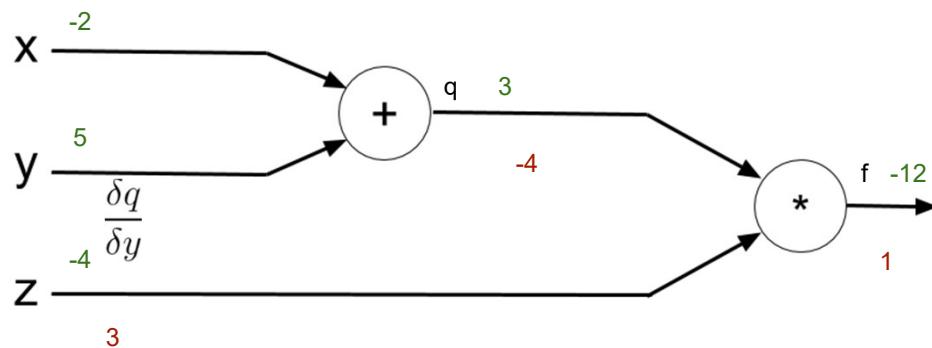


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



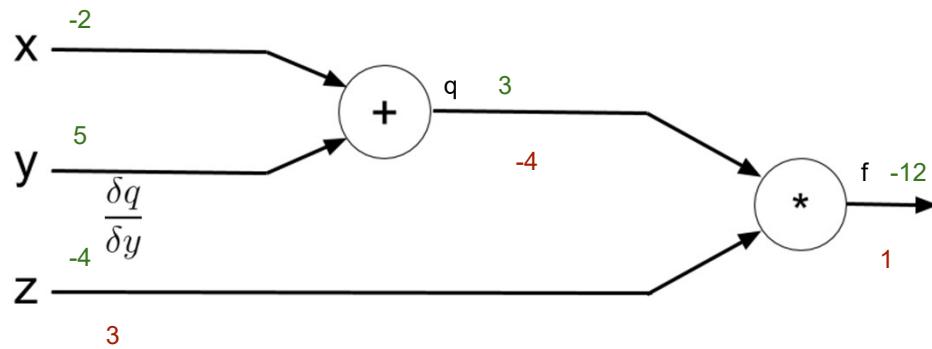
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$q = x + y$$



Curso de Deep Learning

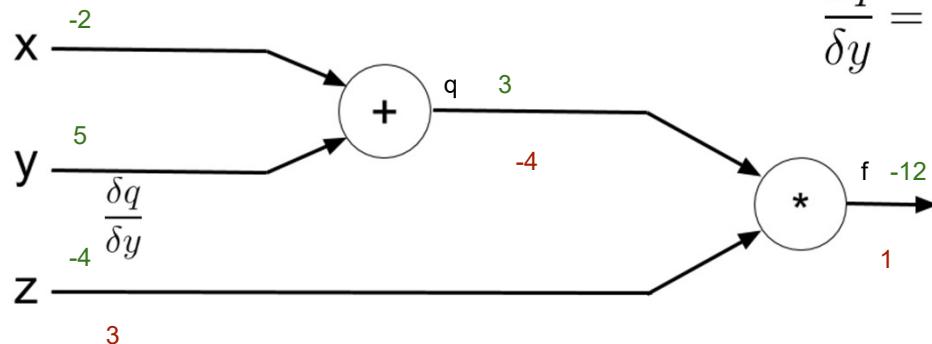
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$q = x + y$$

$$\frac{\delta q}{\delta y} = 1$$

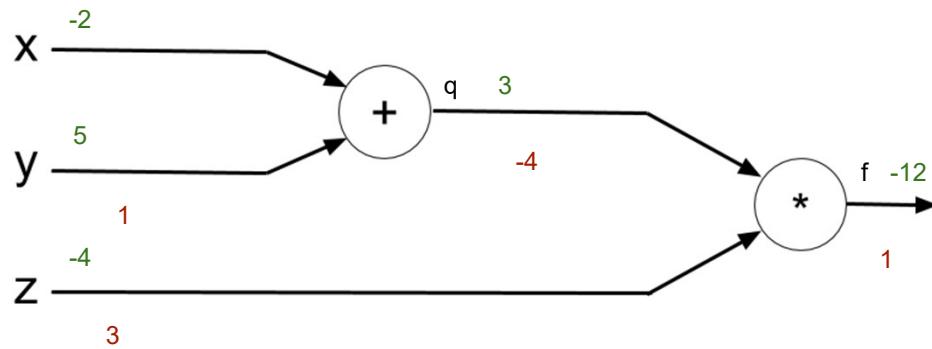


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



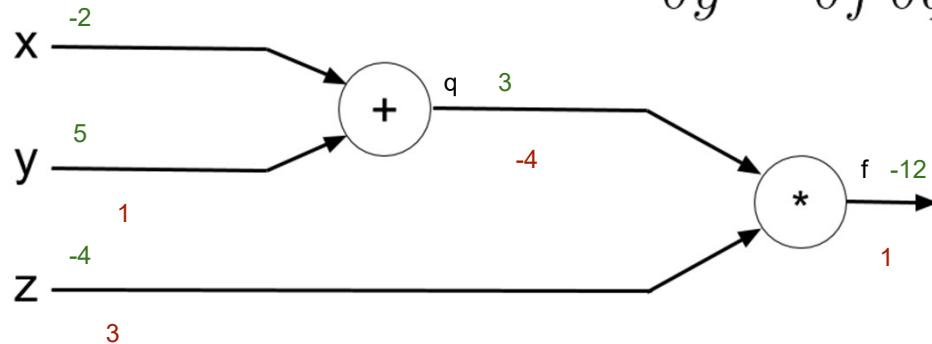
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$\frac{\delta f}{\delta y} = \frac{\delta f}{\delta f} \frac{\delta f}{\delta q} \frac{\delta q}{\delta y}$$

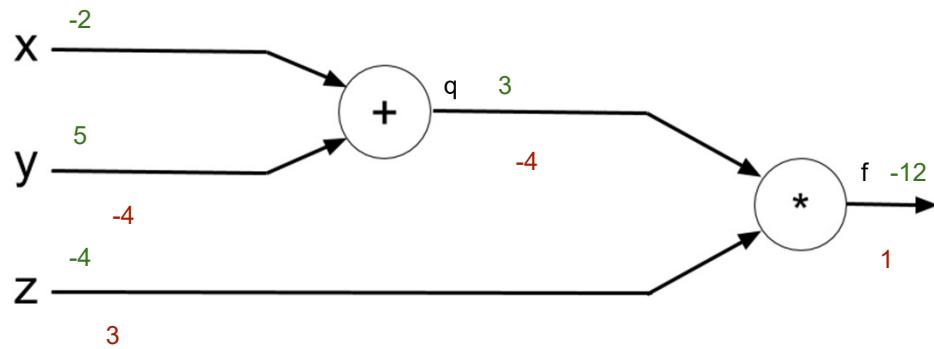


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

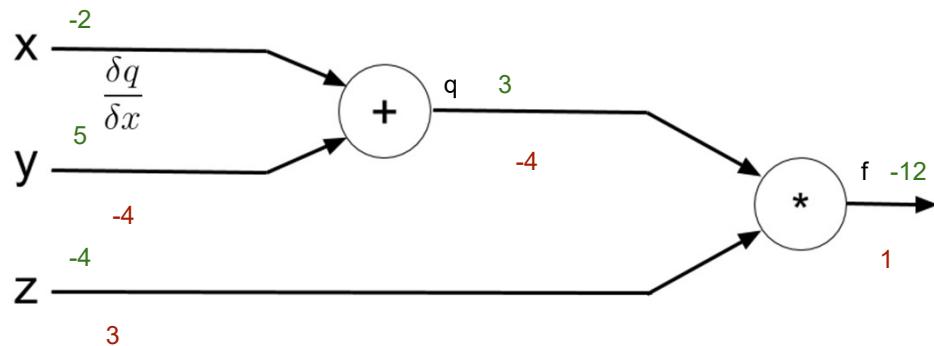


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



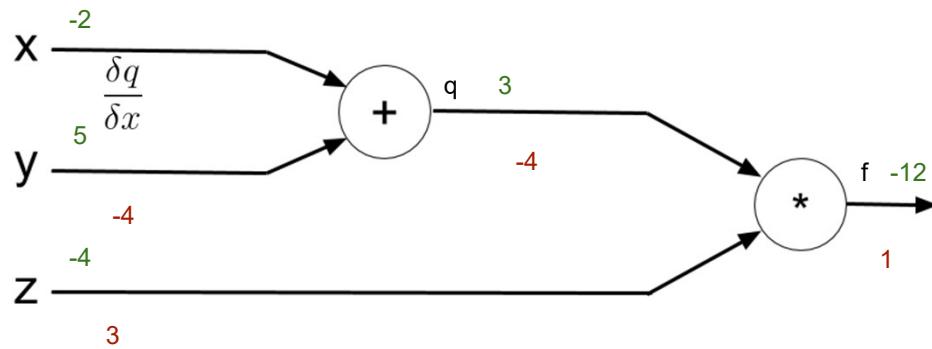
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$q = x + y$$



Curso de Deep Learning

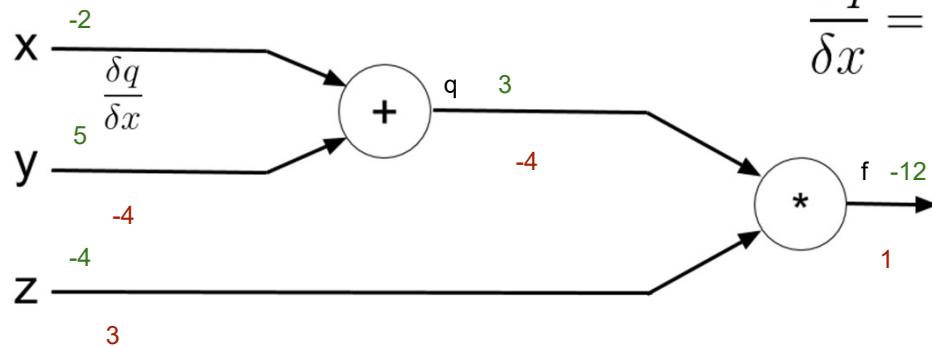
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$q = x + y$$

$$\frac{\delta q}{\delta x} = 1$$

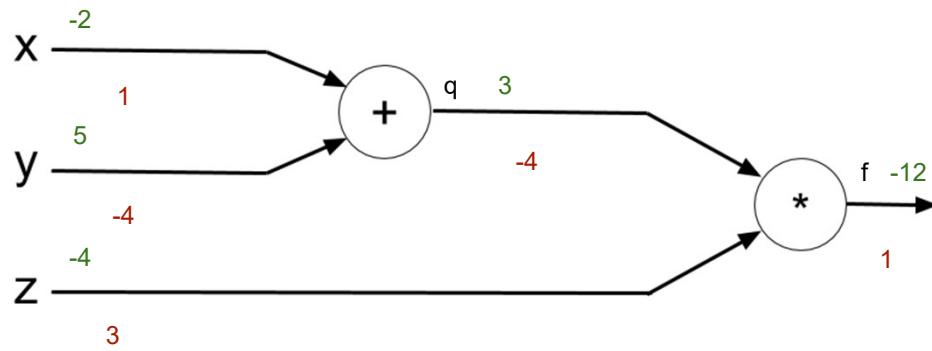


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



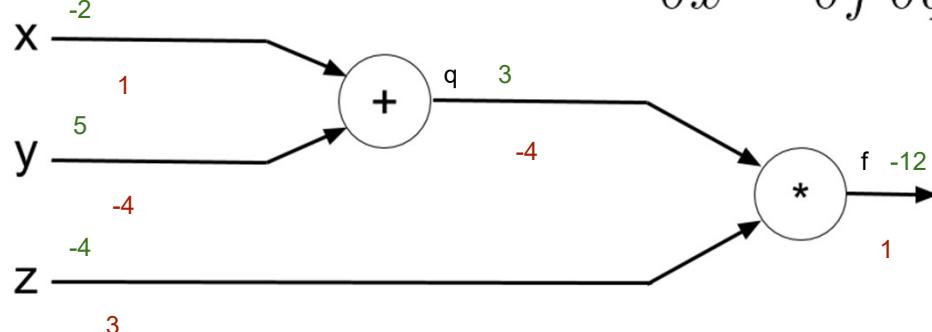
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo

$$\frac{\delta f}{\delta x} = \frac{\delta f}{\delta f} \frac{\delta f}{\delta q} \frac{\delta q}{\delta x}$$

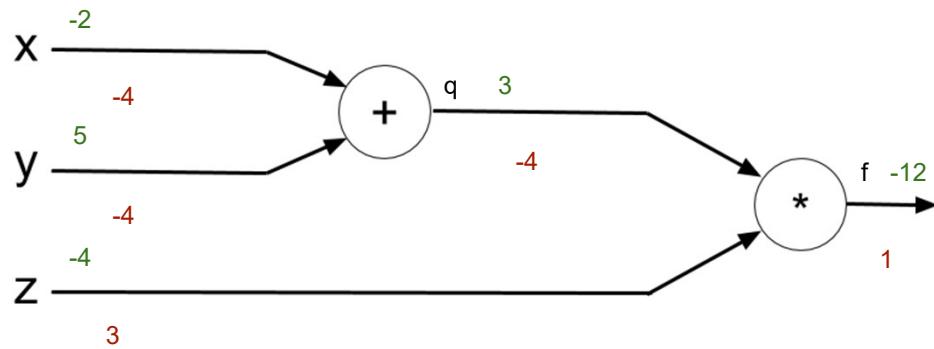


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Grafo



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Analiticamente

$$x = -2$$

$$y = 5$$

$$z = -4$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Analiticamente

$$x = -2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = z$$

$$y = 5$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = z$$

$$z = -4$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = x + y$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Analiticamente

$$x = -2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = -4$$

$$y = 5$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = z$$

$$z = -4$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = x + y$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Analiticamente

$$x = -2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = -4$$

$$y = 5$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = -4$$

$$z = -4$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = x + y$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Analiticamente

$$x = -2$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta x} = -4$$

$$y = 5$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = z$$

$$\frac{\delta f}{\delta y} = -4$$

$$z = -4$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = x + y$$

$$\frac{\delta f}{\delta z} = 3$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sísmoide

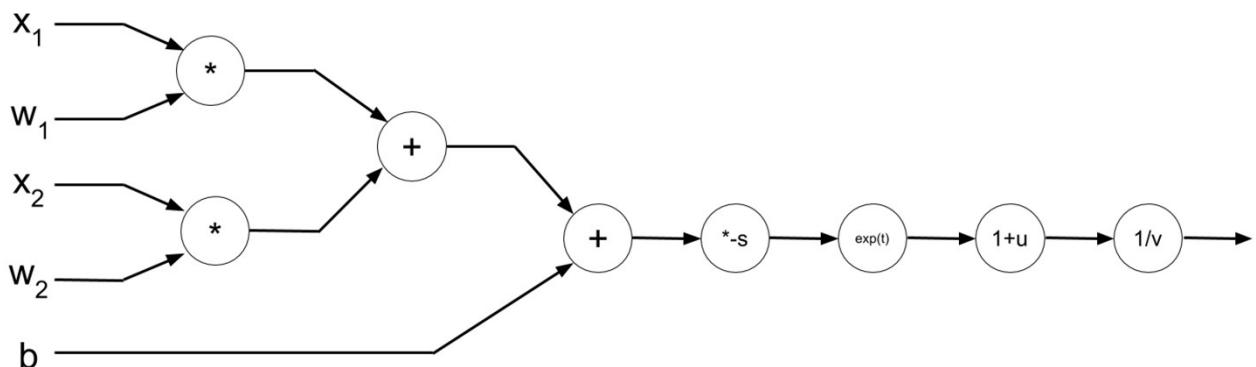
$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{w_1x_1 + w_2x_2 + b}}$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sísmoide

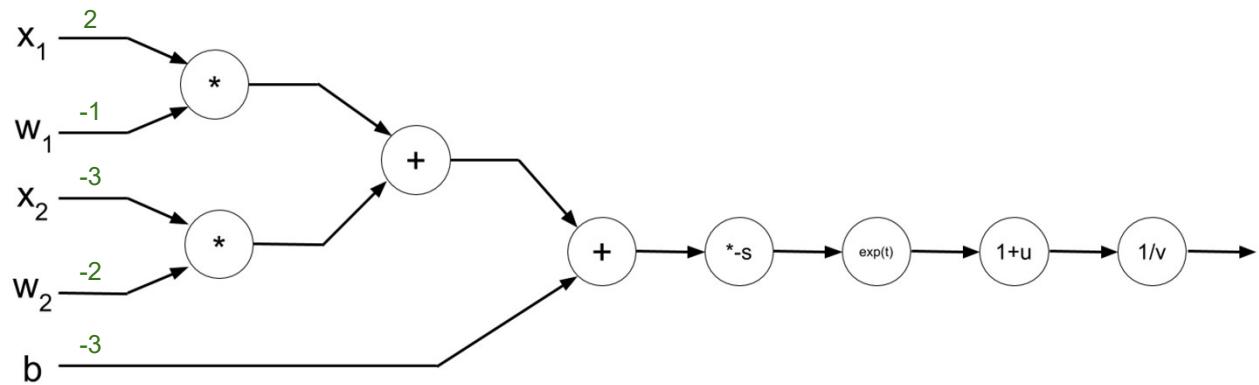


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

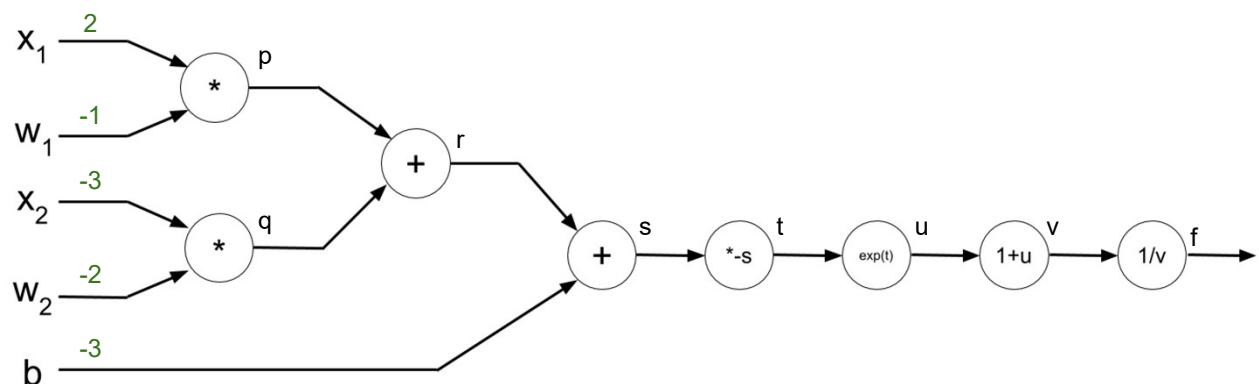


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

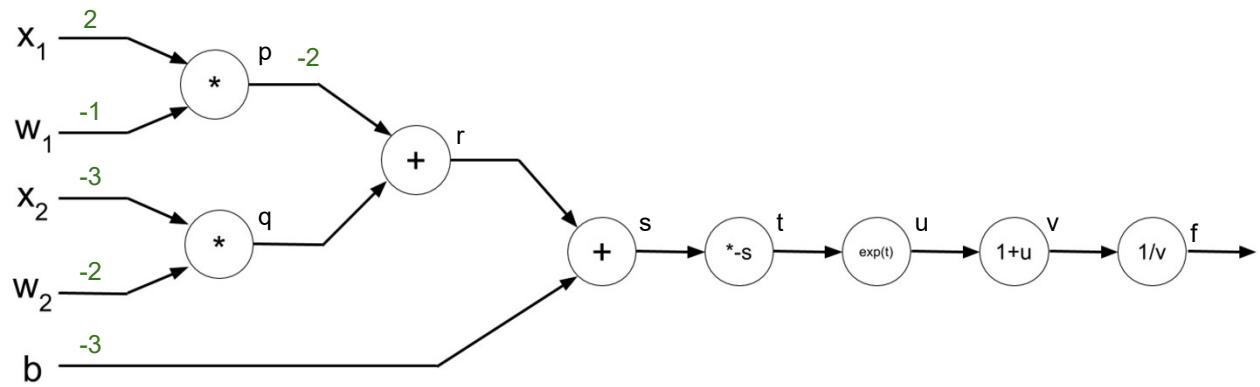


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

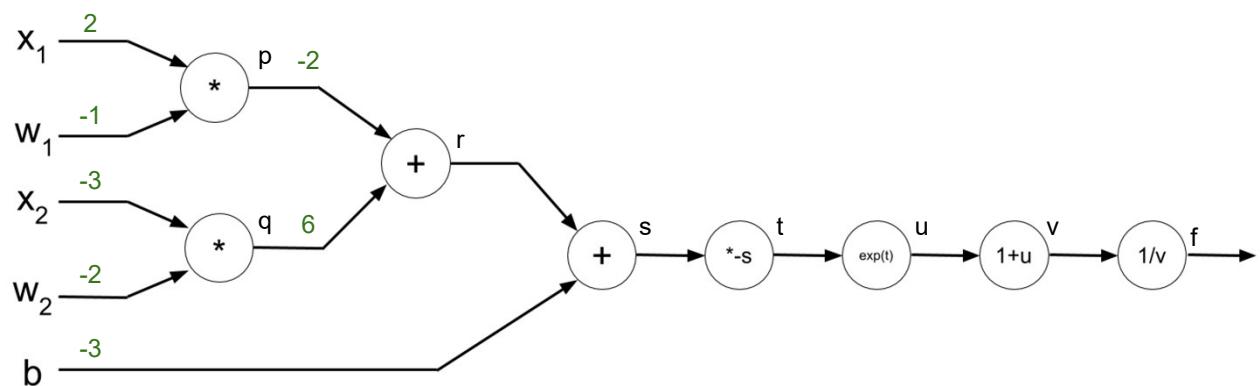


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

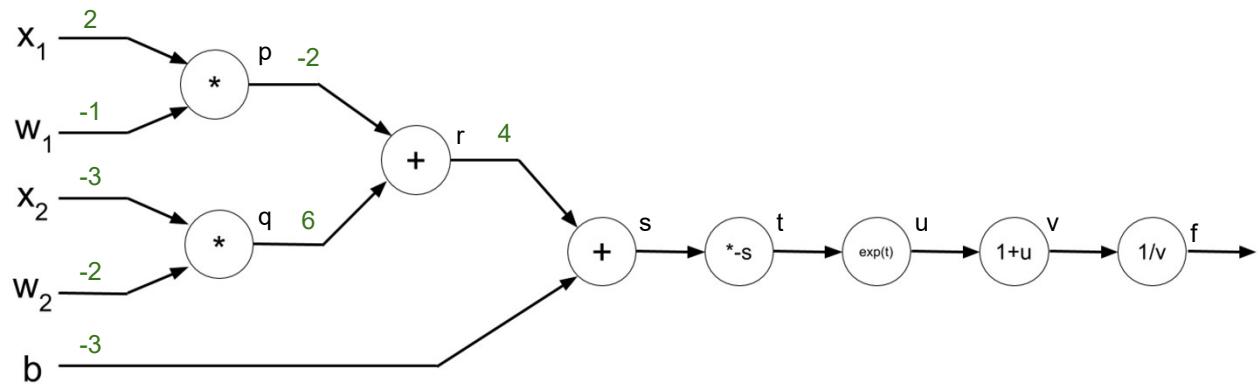


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

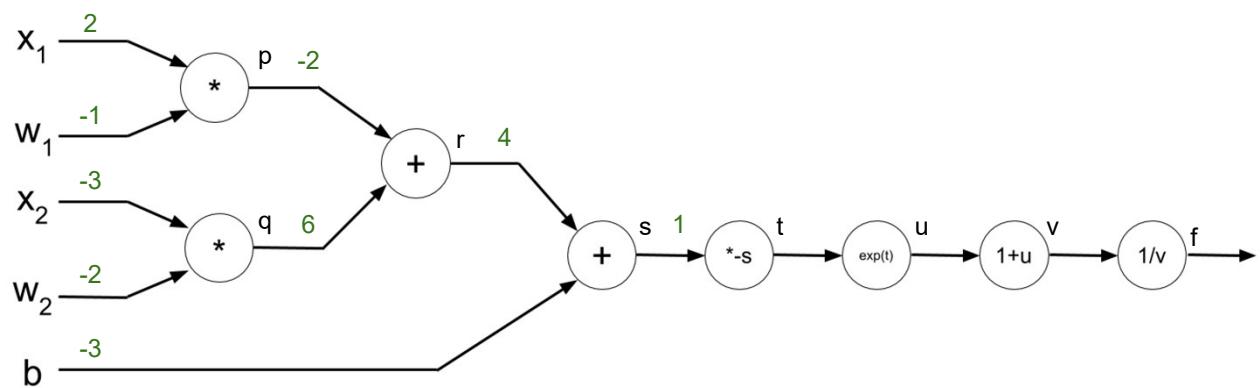


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

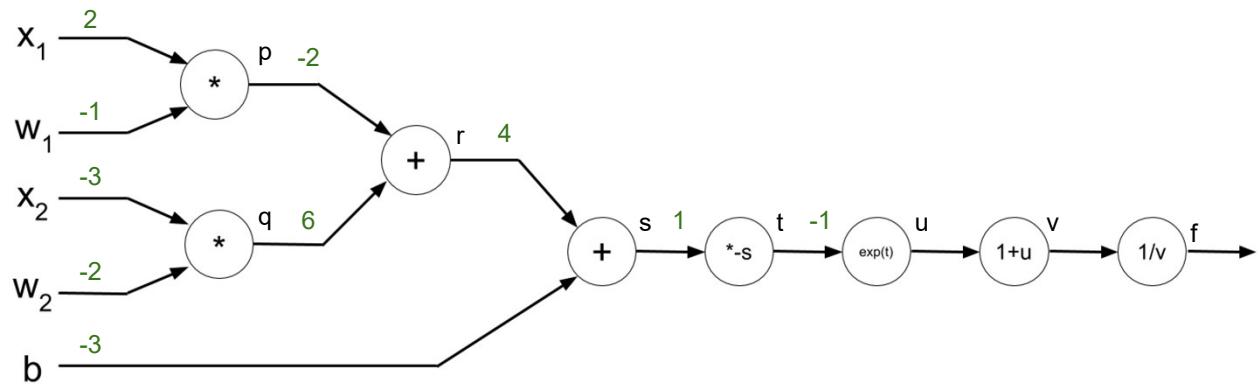


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

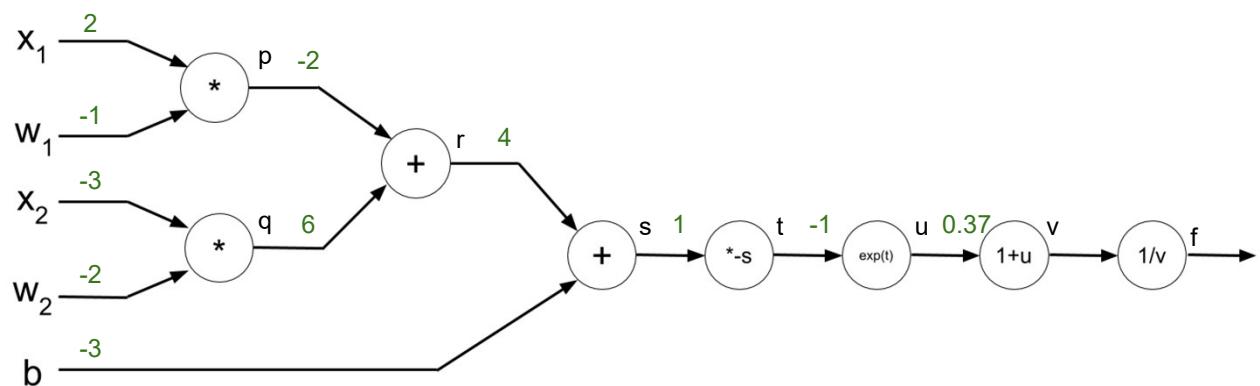


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

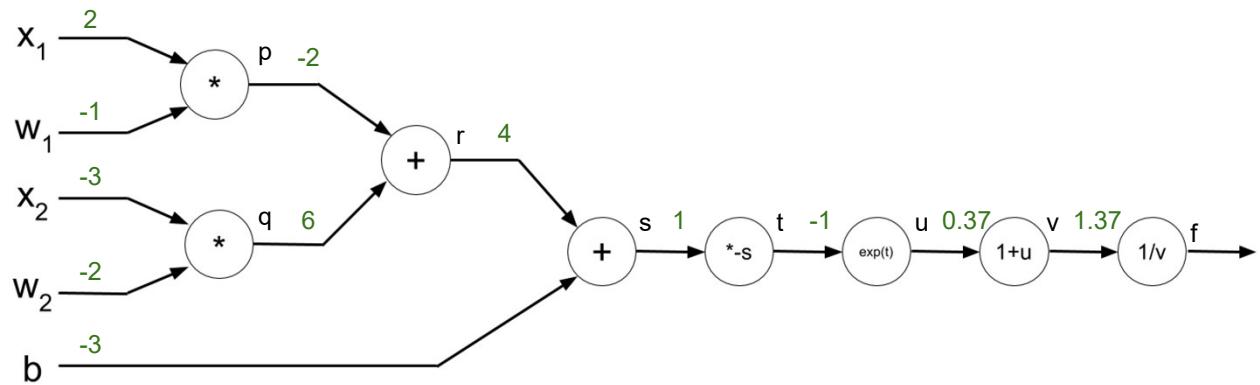


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

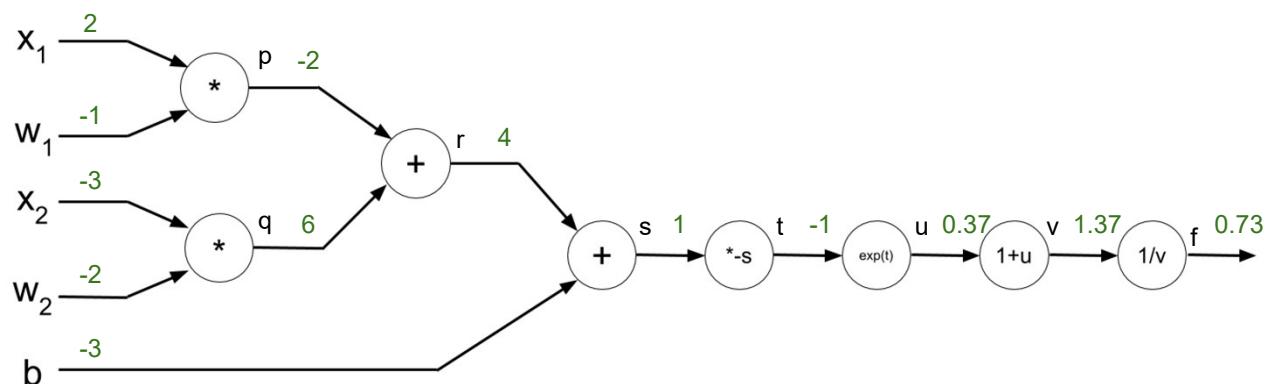


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

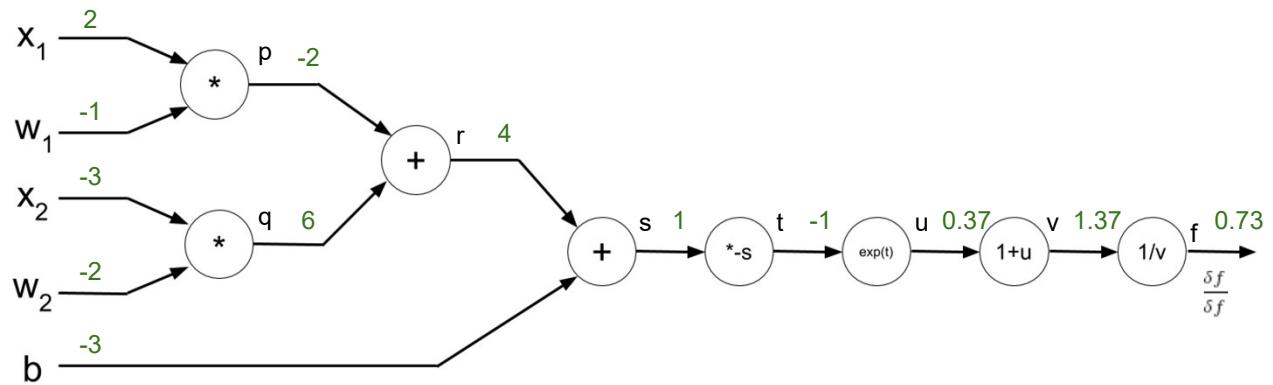


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

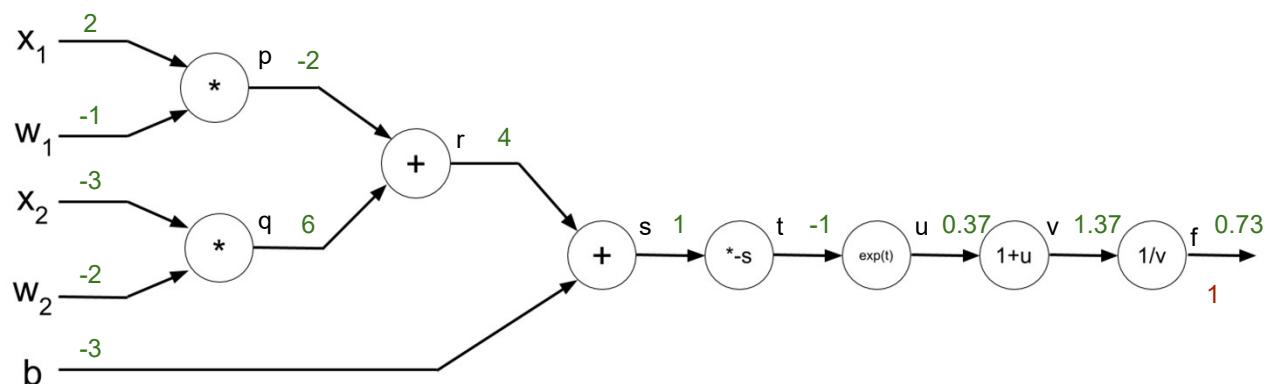


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

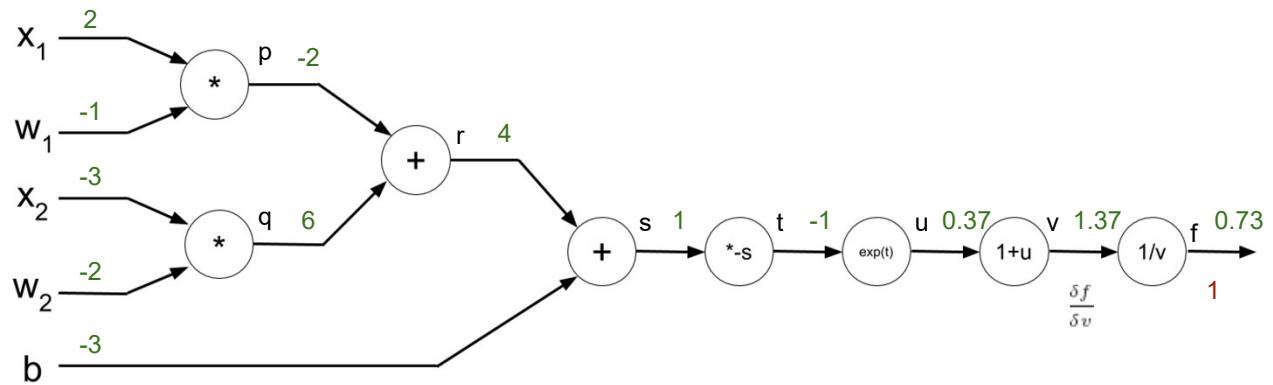


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

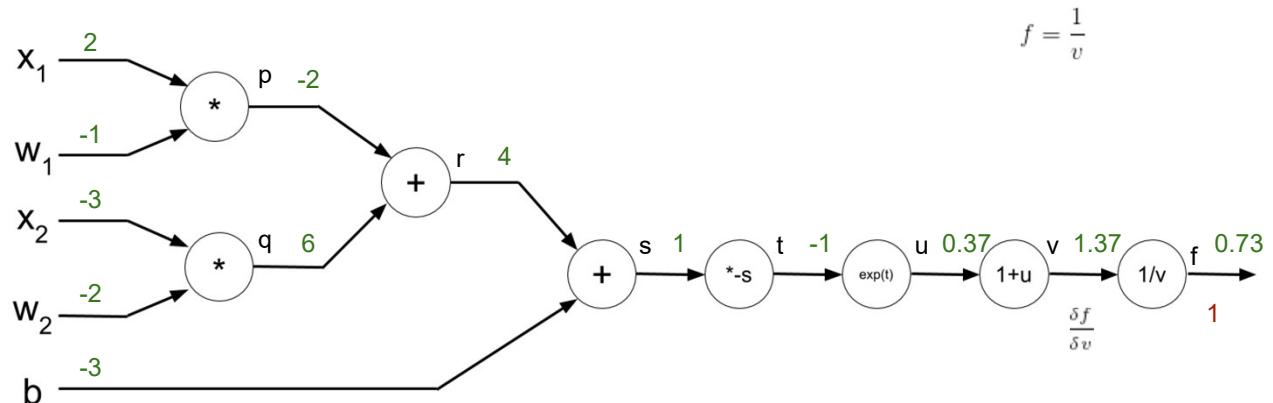


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

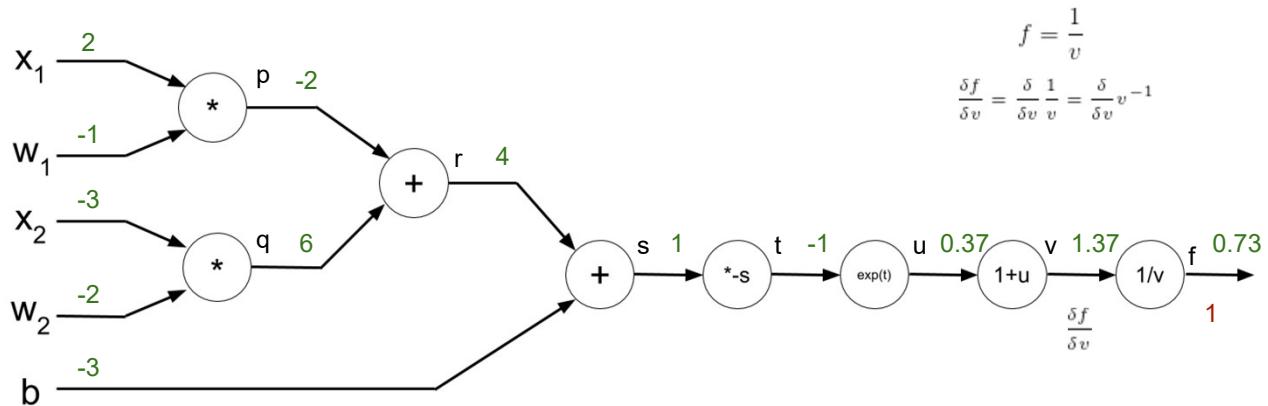


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

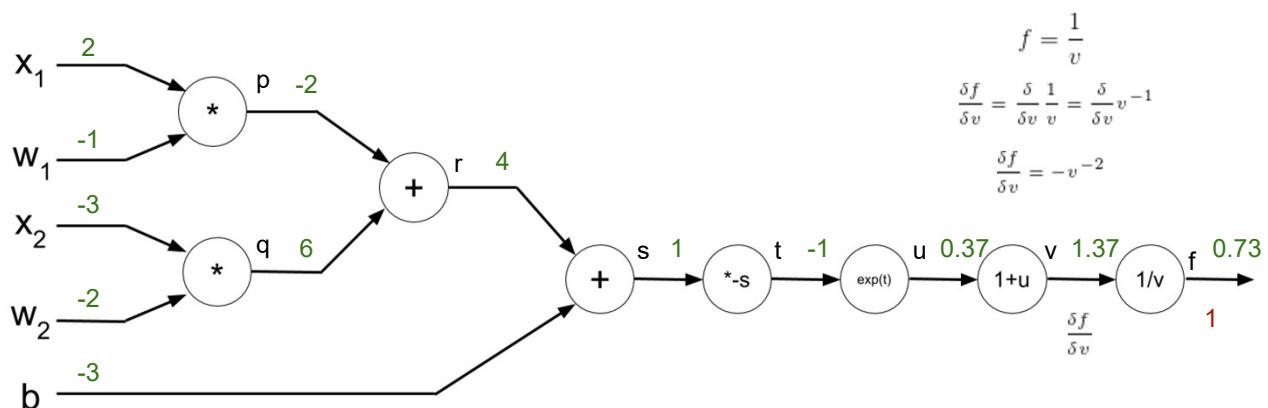


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

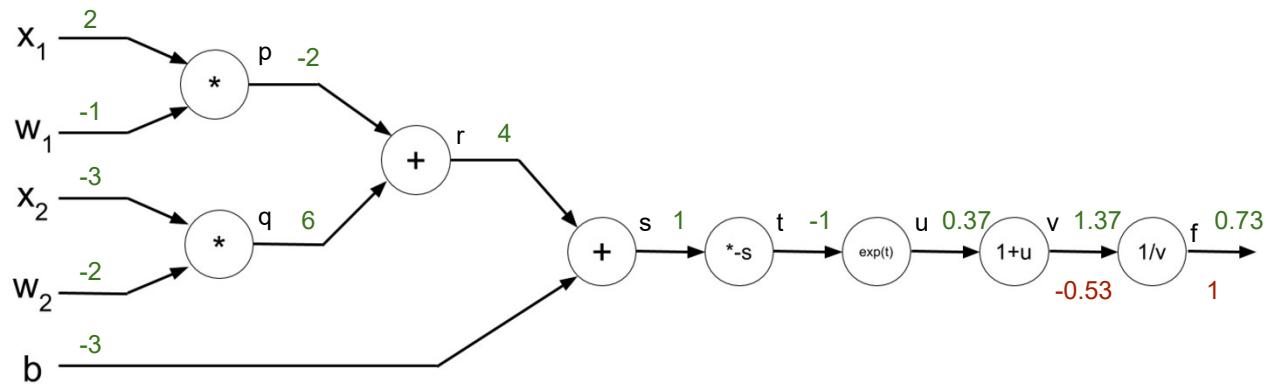


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

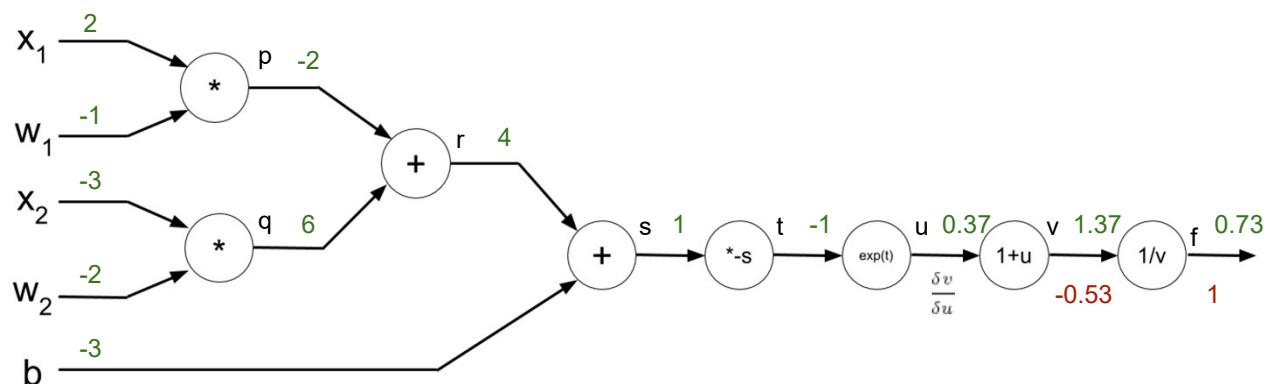


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

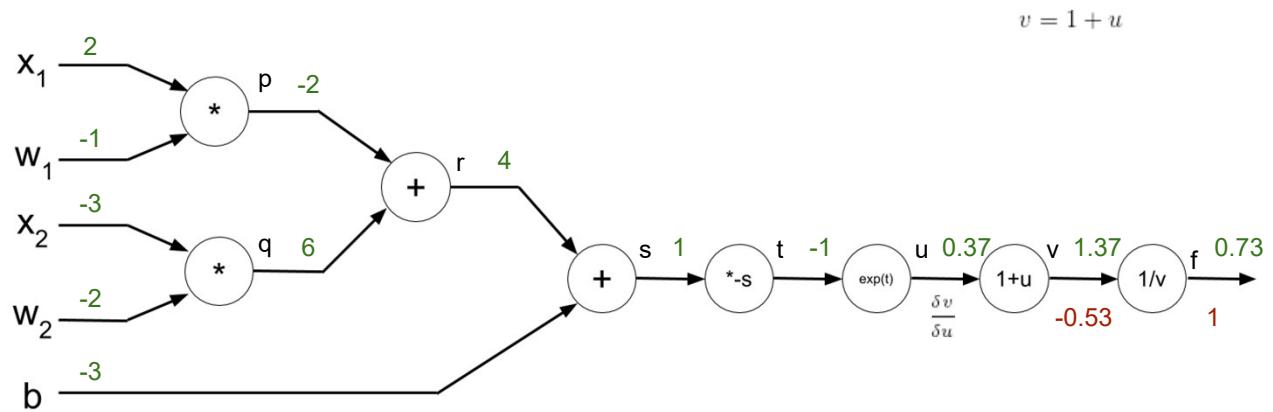


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

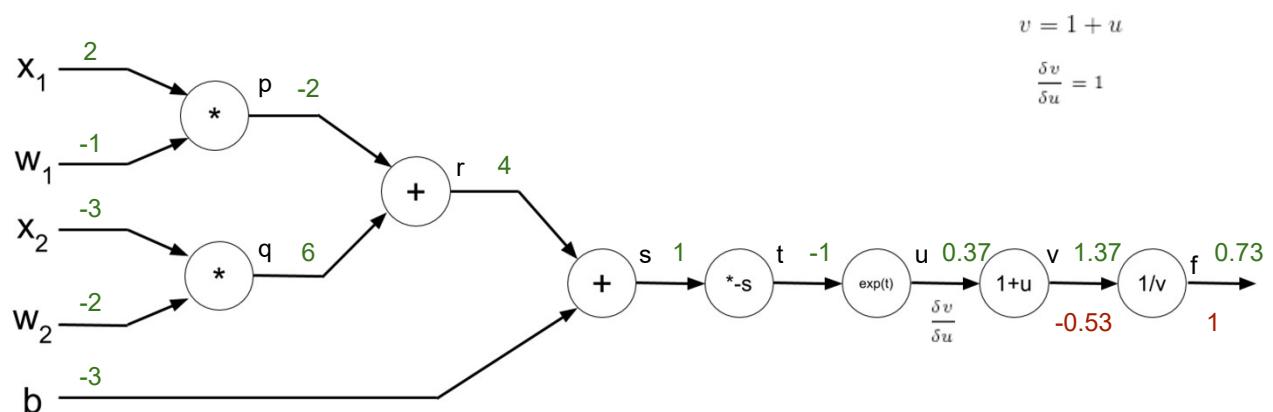


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

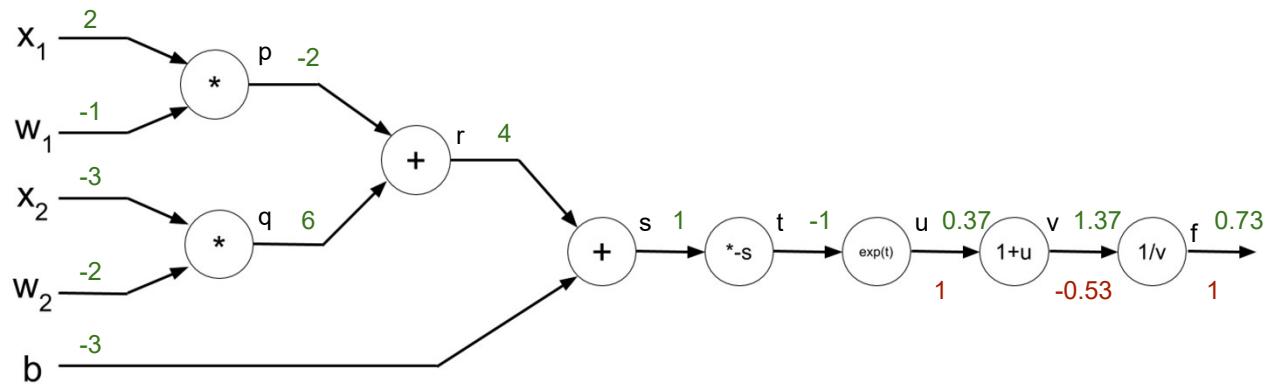


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

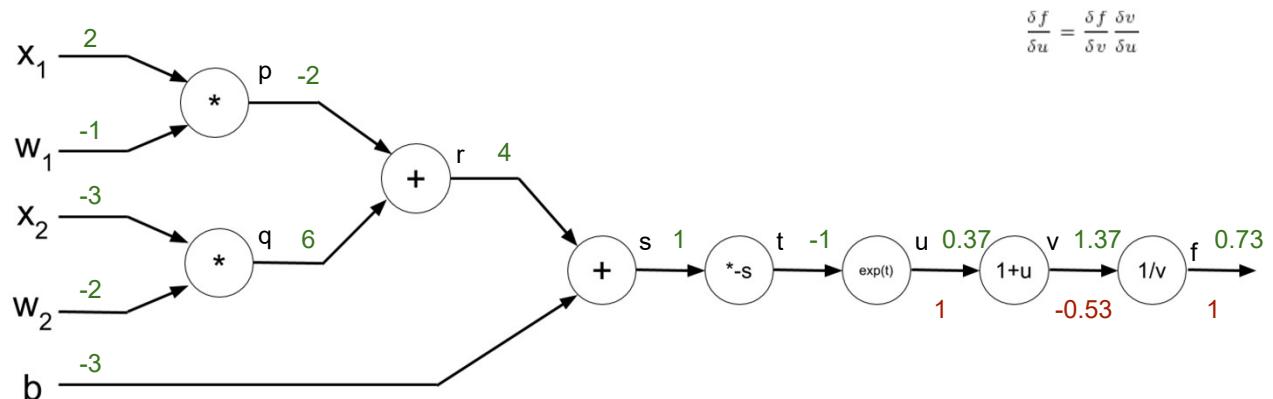


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

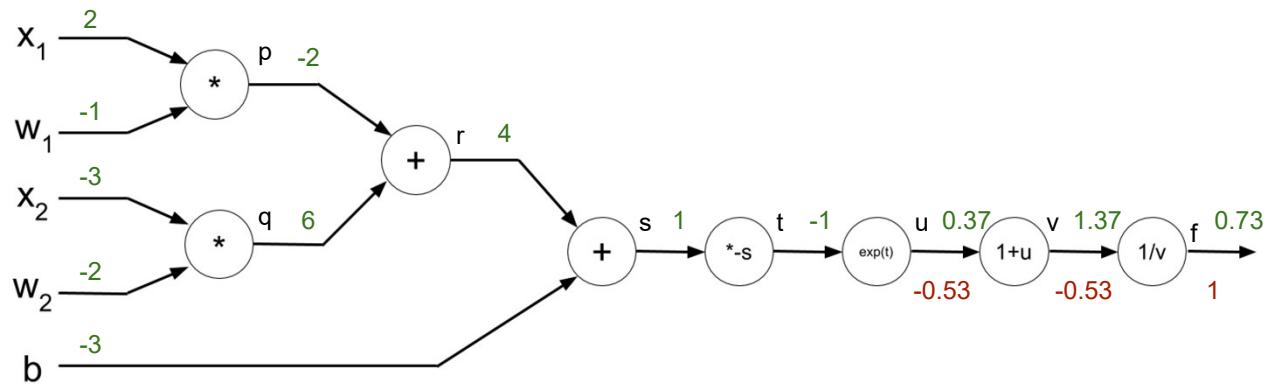


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

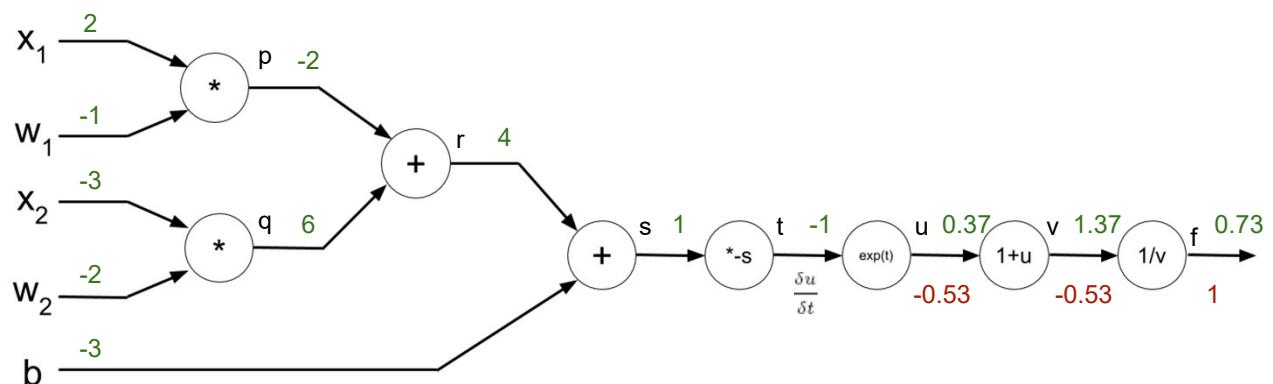


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



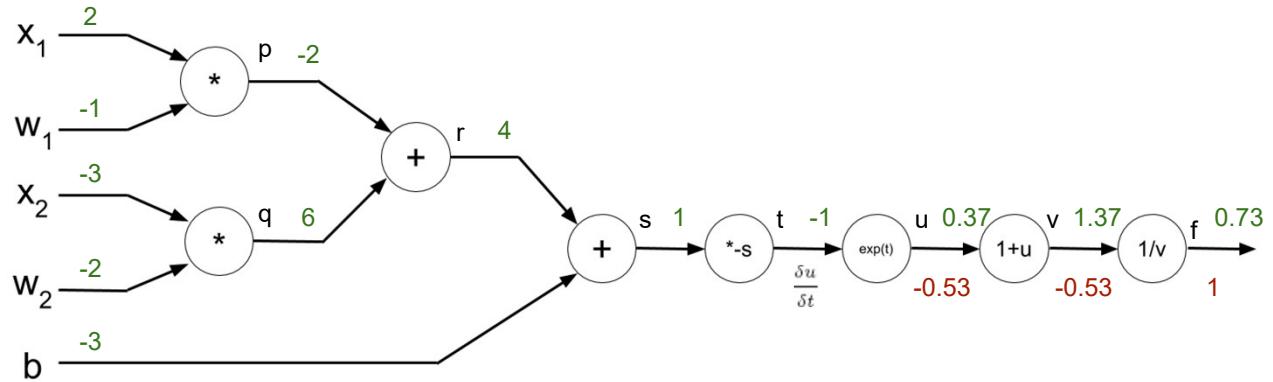
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$u = e^t$$



Curso de Deep Learning

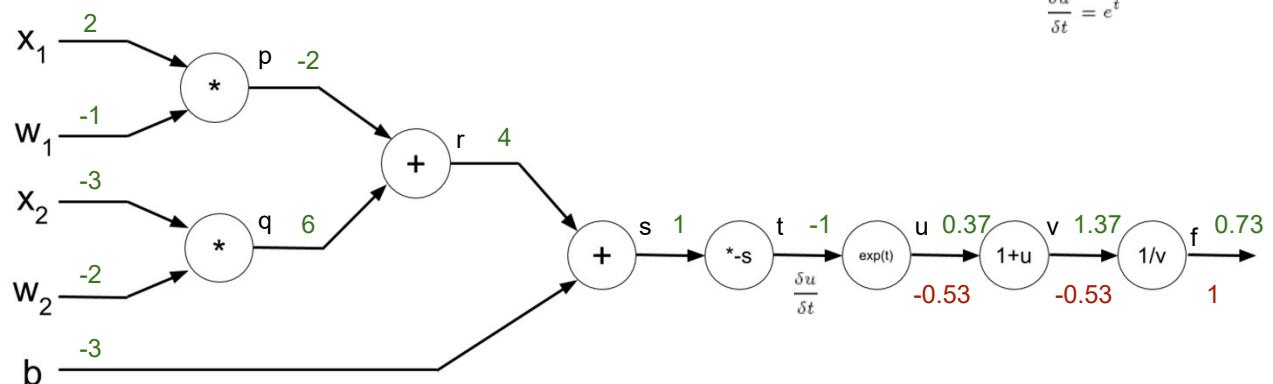
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$u = e^t$$

$$\frac{\delta u}{\delta t} = e^t$$

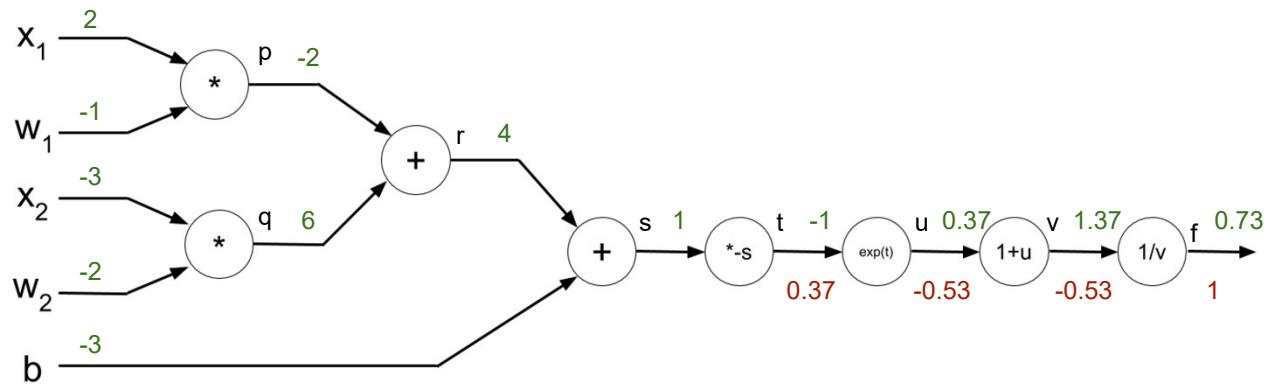


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



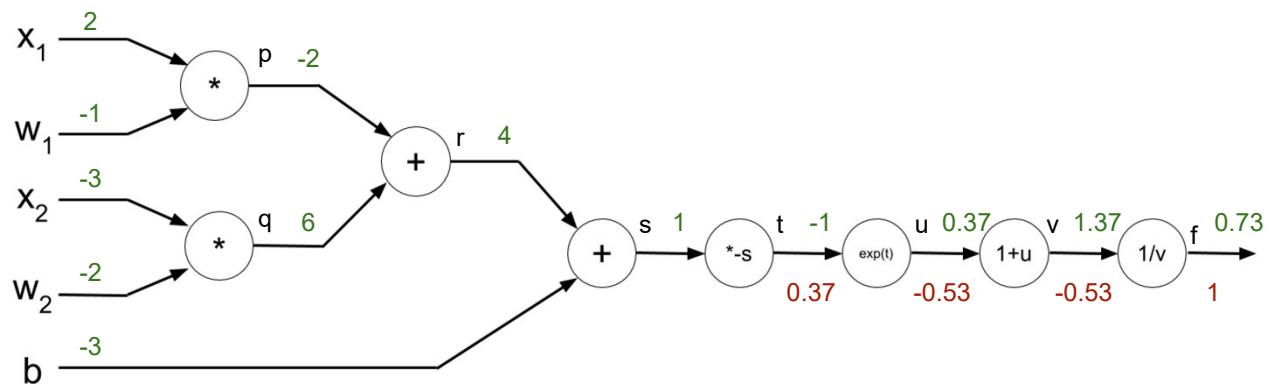
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$\frac{\delta f}{\delta t} = \frac{\delta f}{\delta v} \frac{\delta v}{\delta u} \frac{\delta u}{\delta t}$$

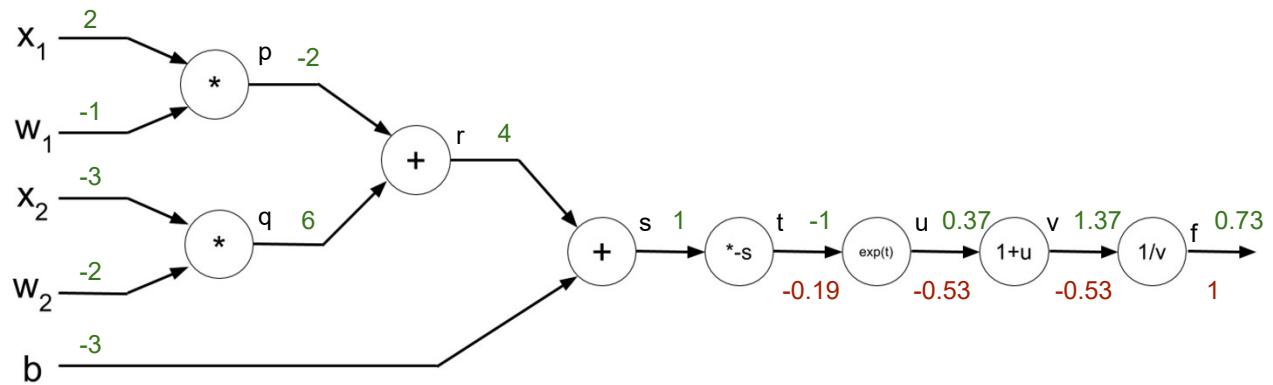


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

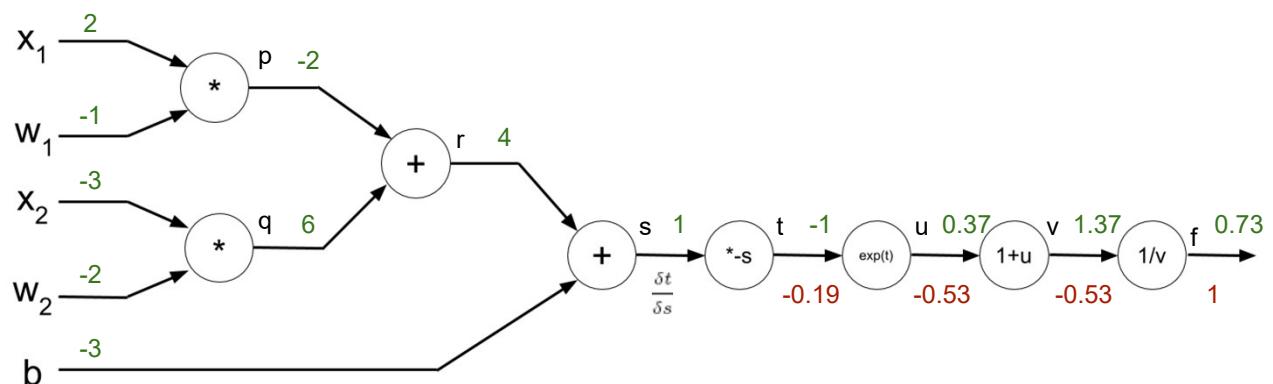


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

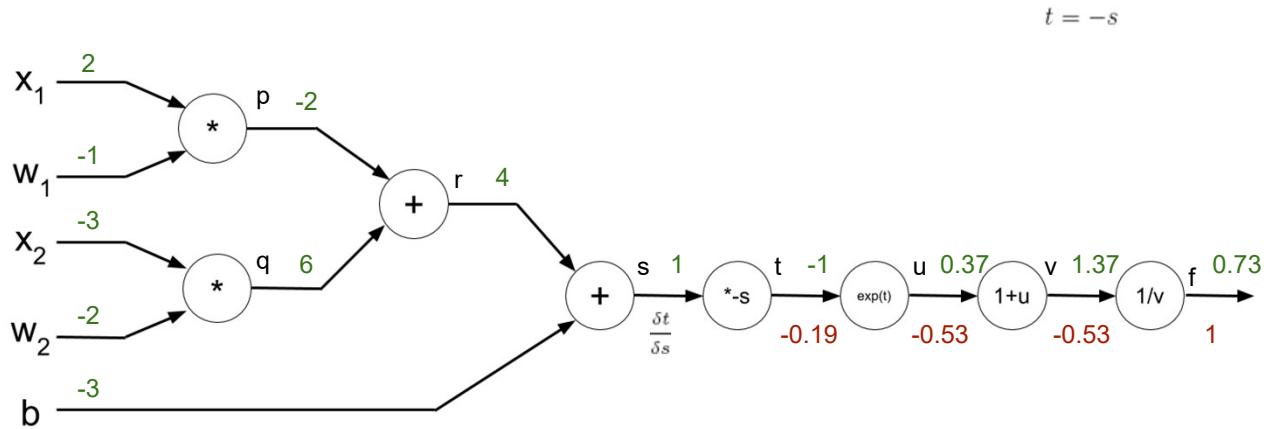


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

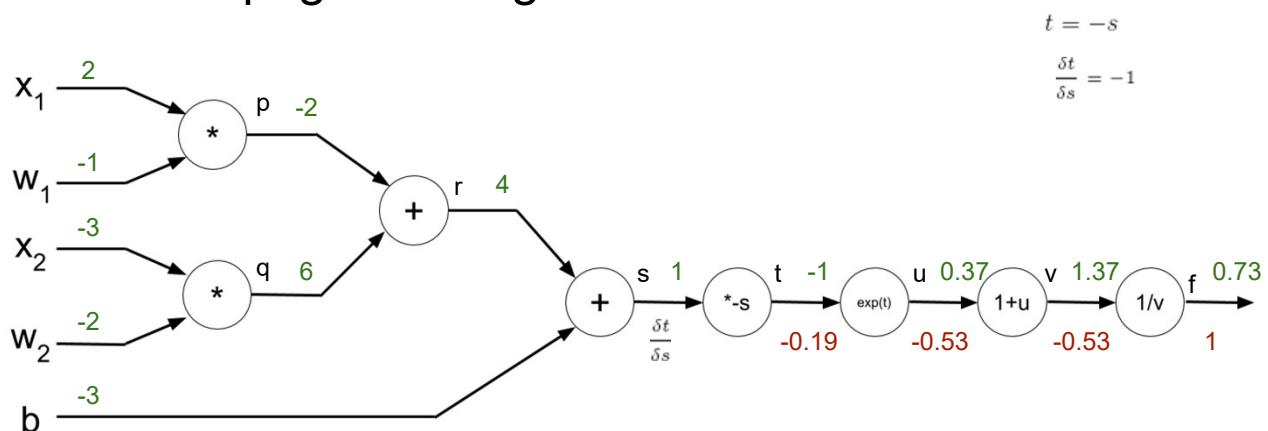


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

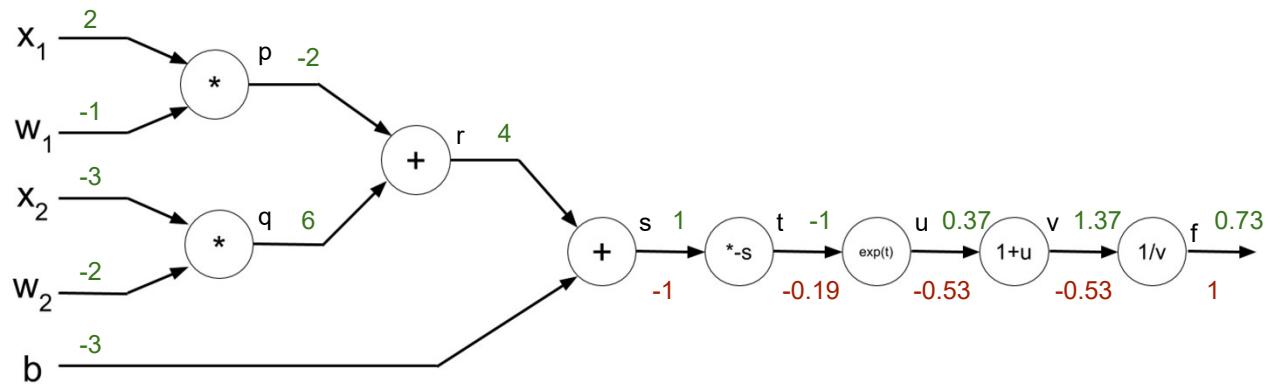


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



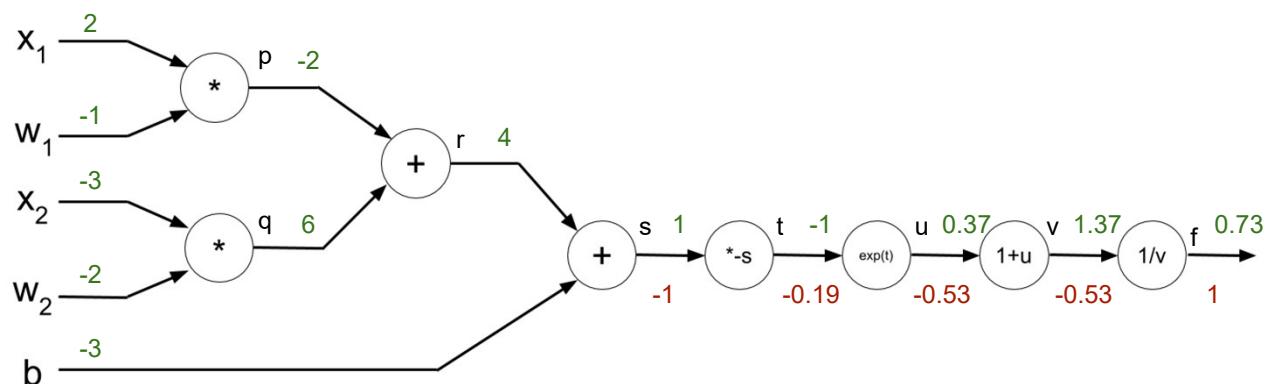
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$\frac{\delta f}{\delta s} = \frac{\delta f}{\delta t} \frac{\delta t}{\delta s}$$

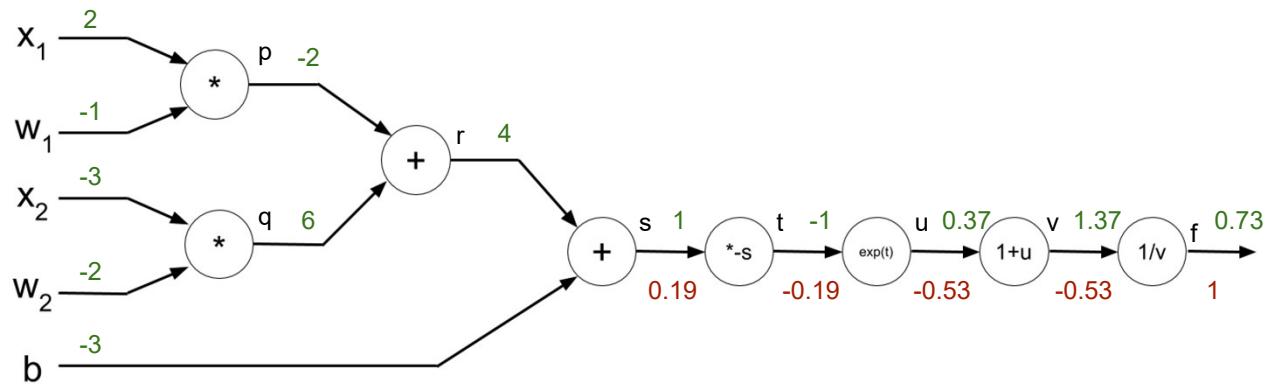


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

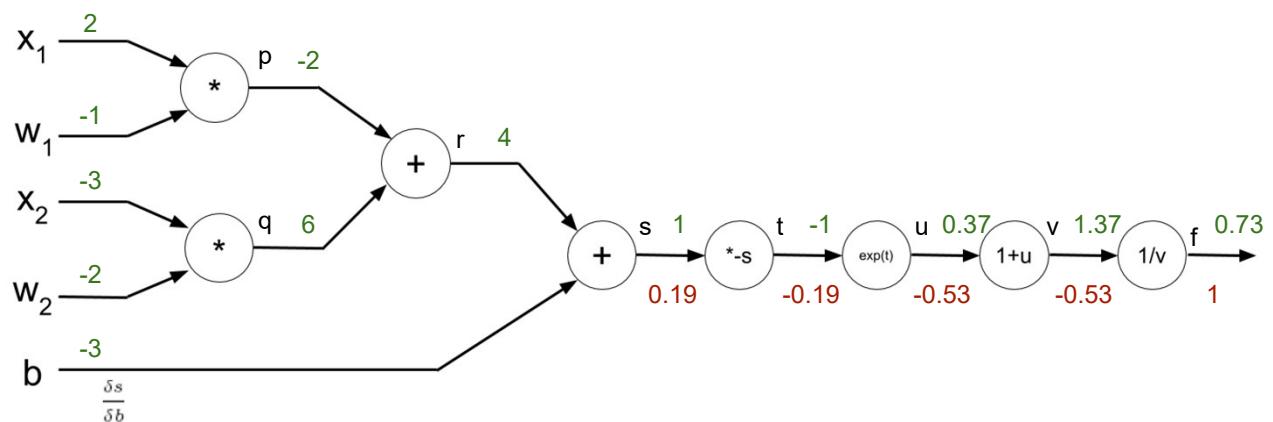


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



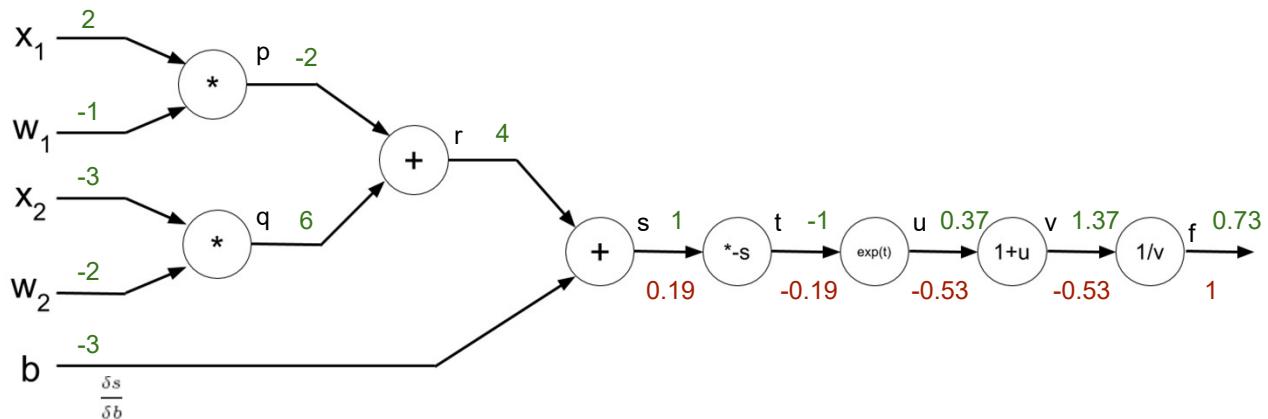
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$s = r + b$$



Curso de Deep Learning

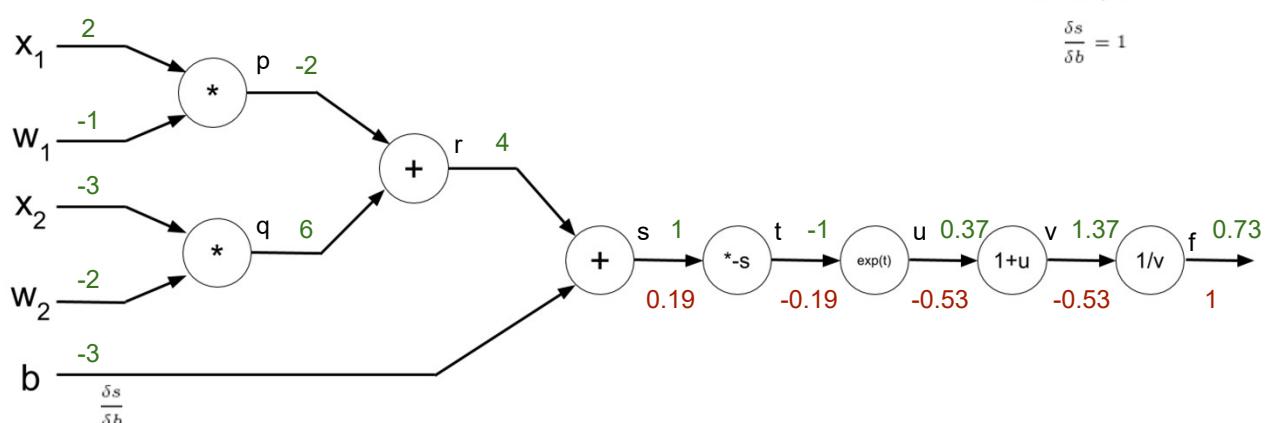
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$s = r + b$$

$$\frac{\delta s}{\delta b} = 1$$

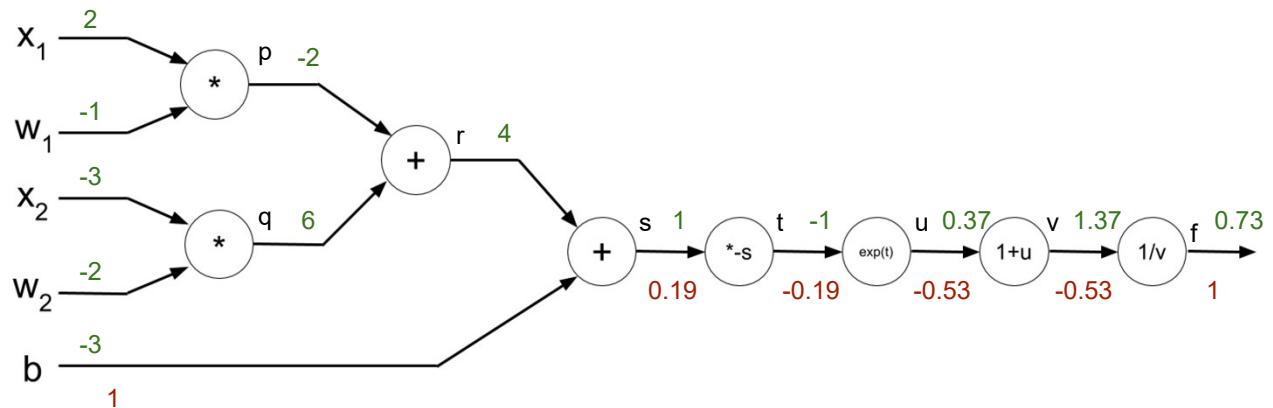


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



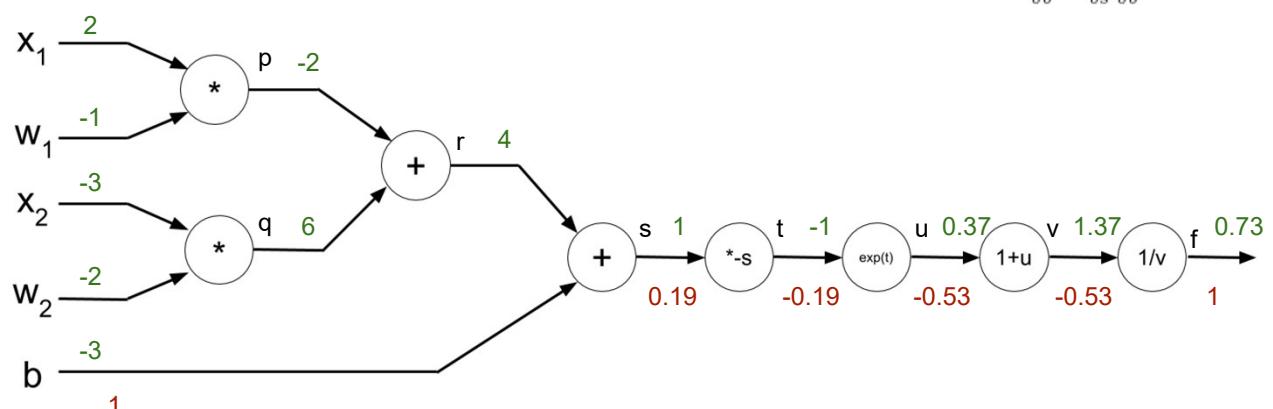
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$\frac{\delta f}{\delta b} = \frac{\delta f}{\delta s} \frac{\delta s}{\delta b}$$

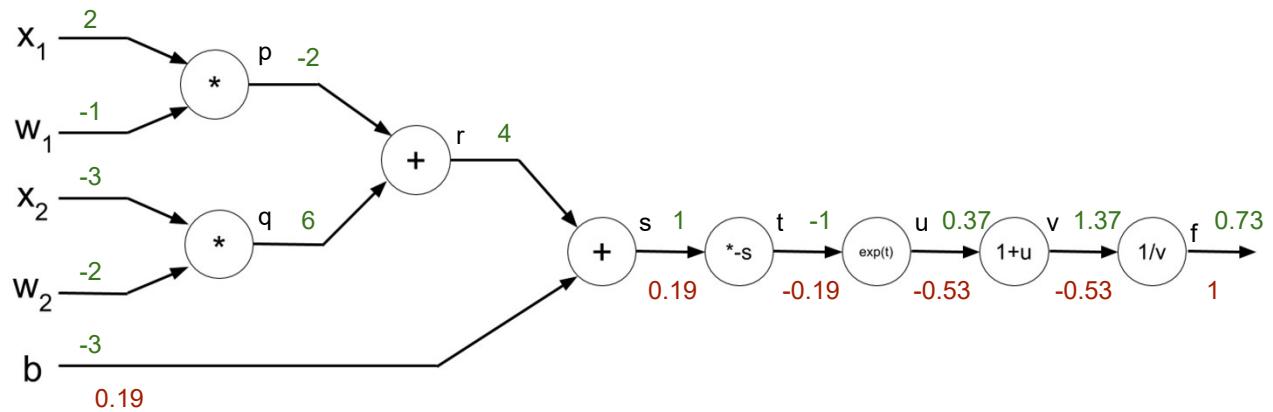


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

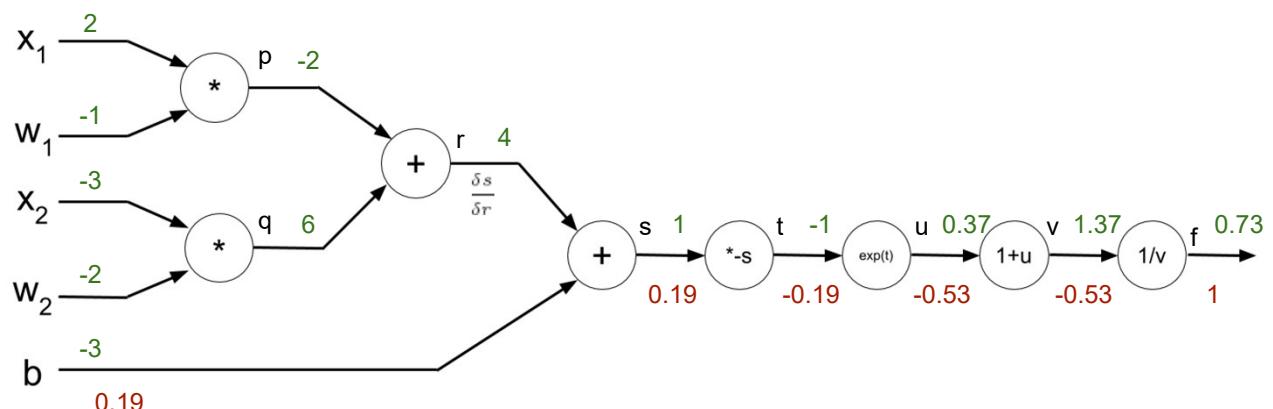


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

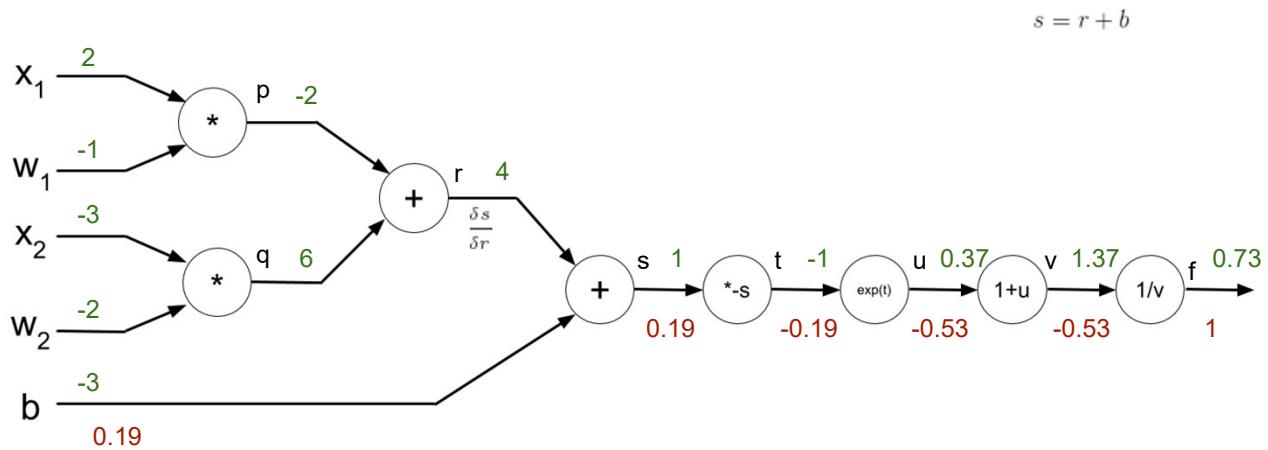


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

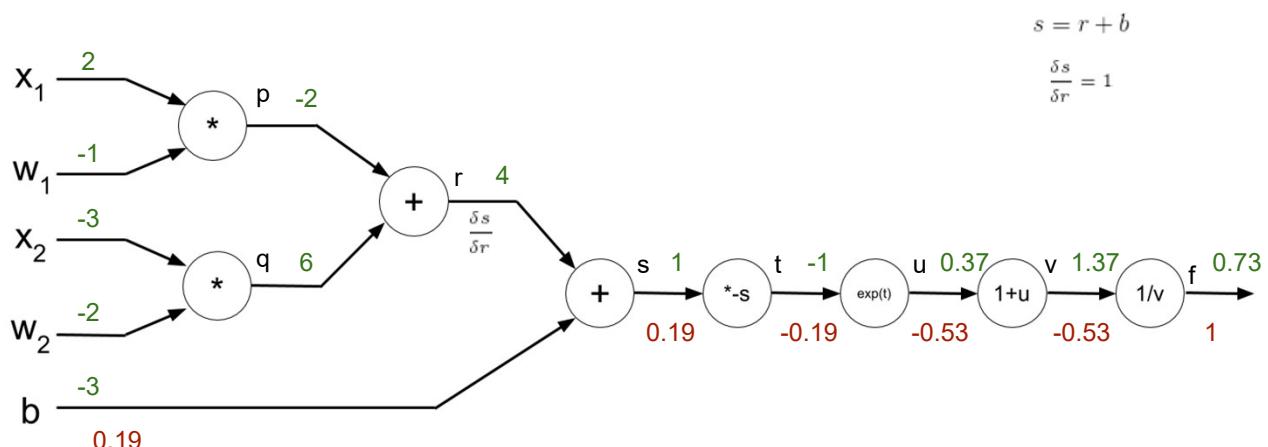


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

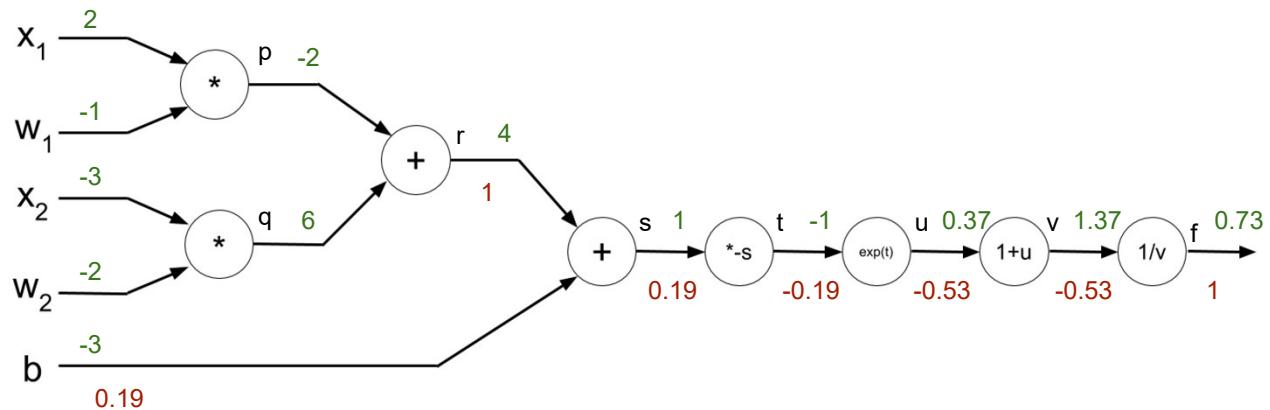


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



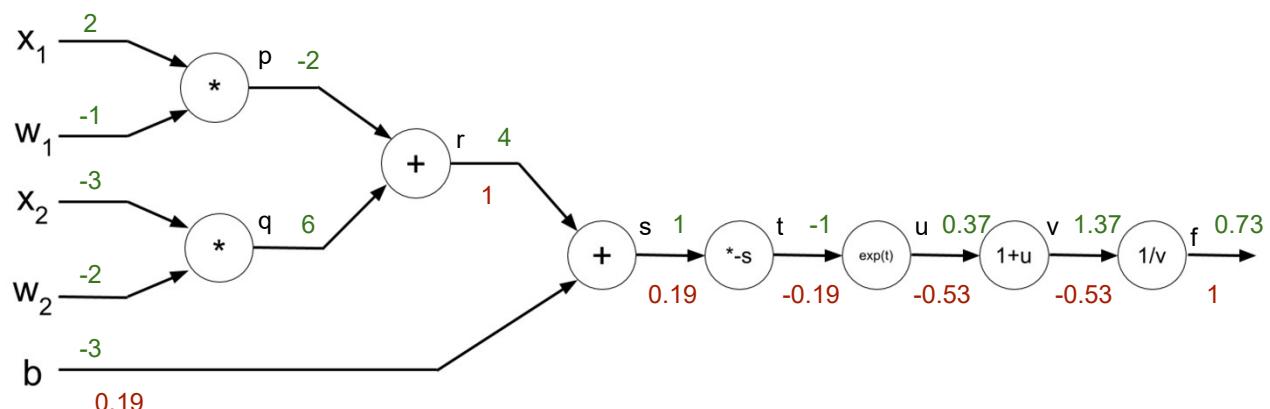
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$\frac{\delta f}{\delta r} = \frac{\delta f}{\delta s} \frac{\delta s}{\delta r}$$

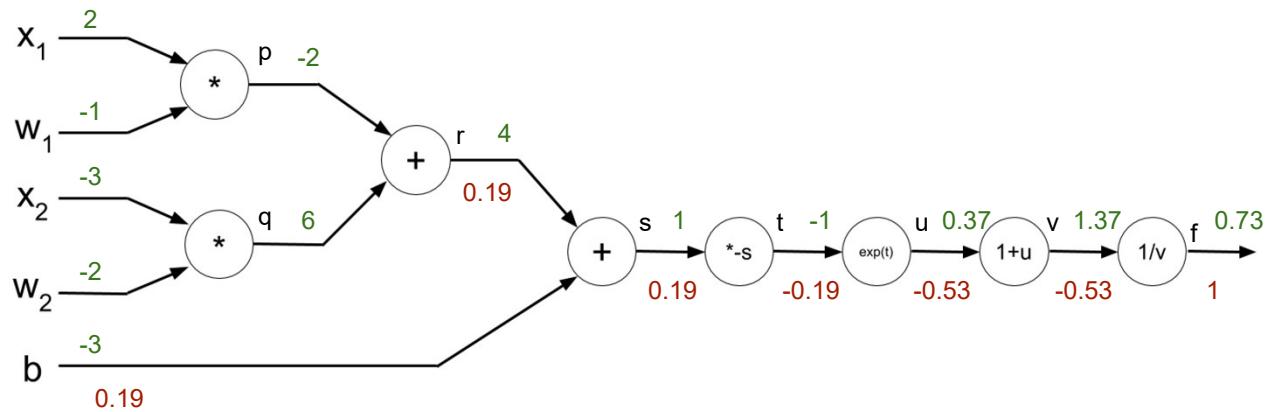


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

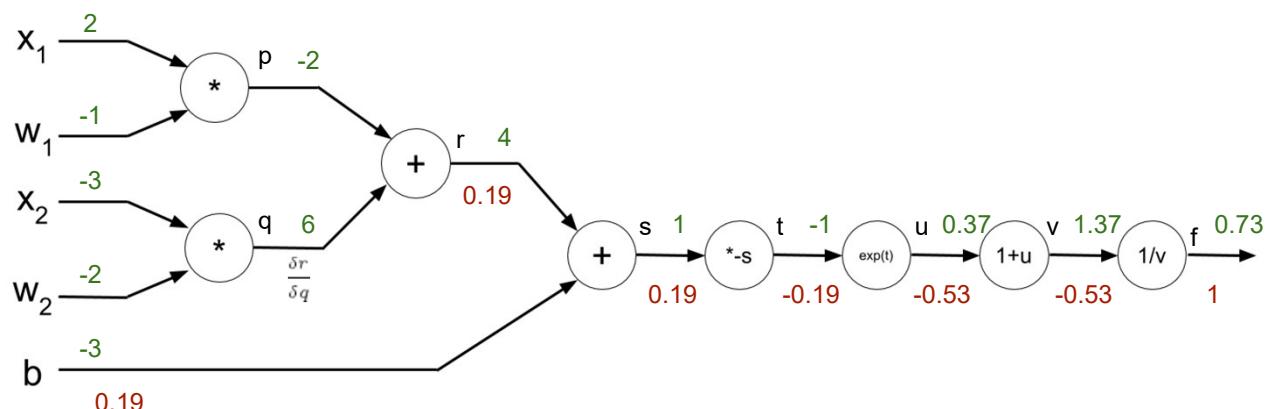


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



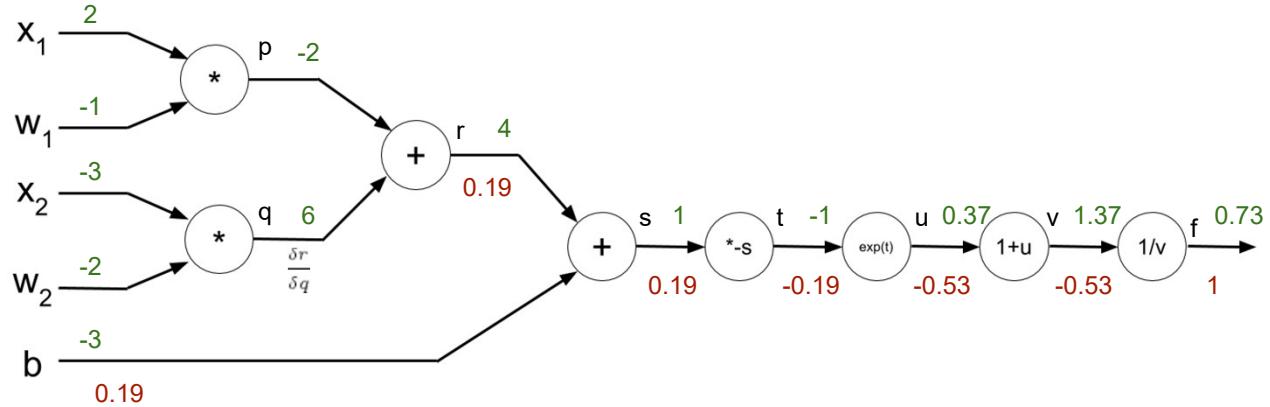
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$r = p + q$$



Curso de Deep Learning

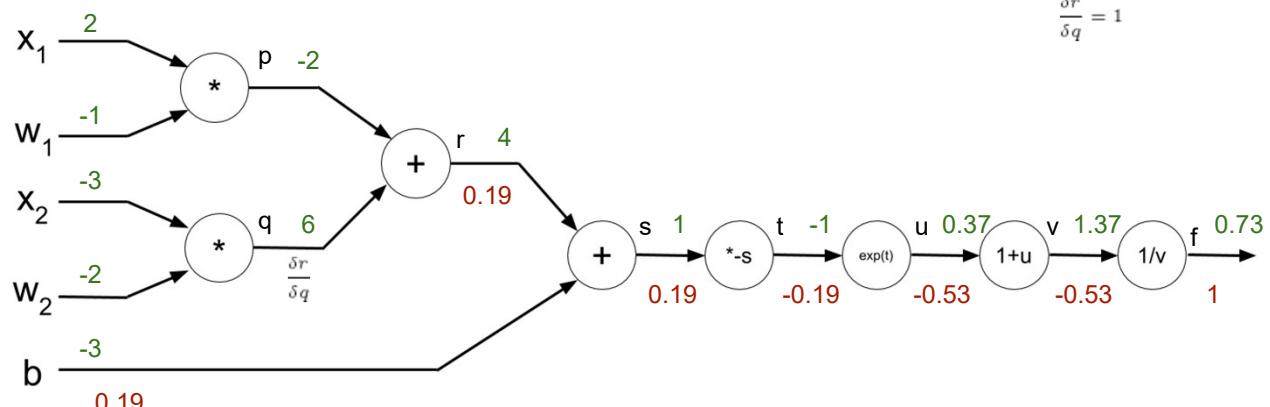
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$r = p + q$$

$$\frac{\delta r}{\delta q} = 1$$

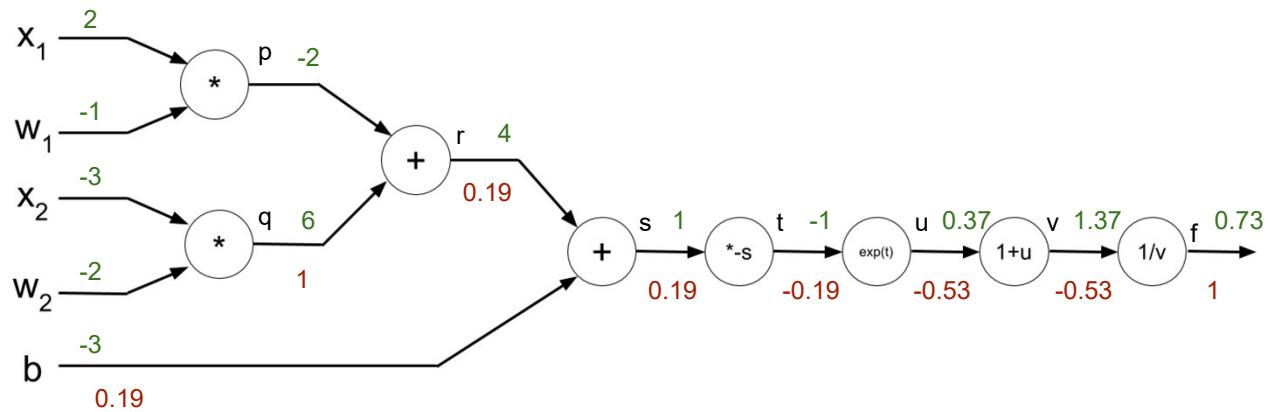


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



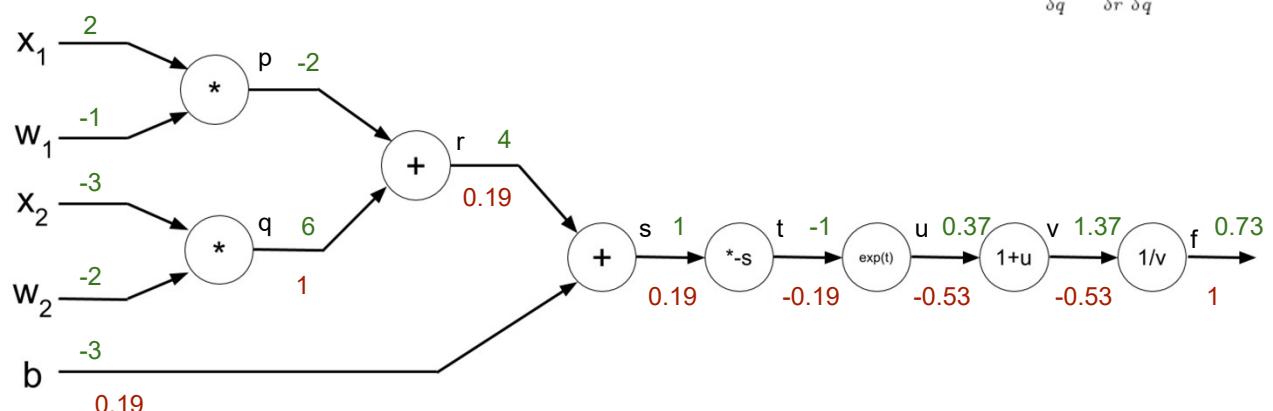
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$\frac{\delta f}{\delta q} = \frac{\delta f}{\delta r} \frac{\delta r}{\delta q}$$

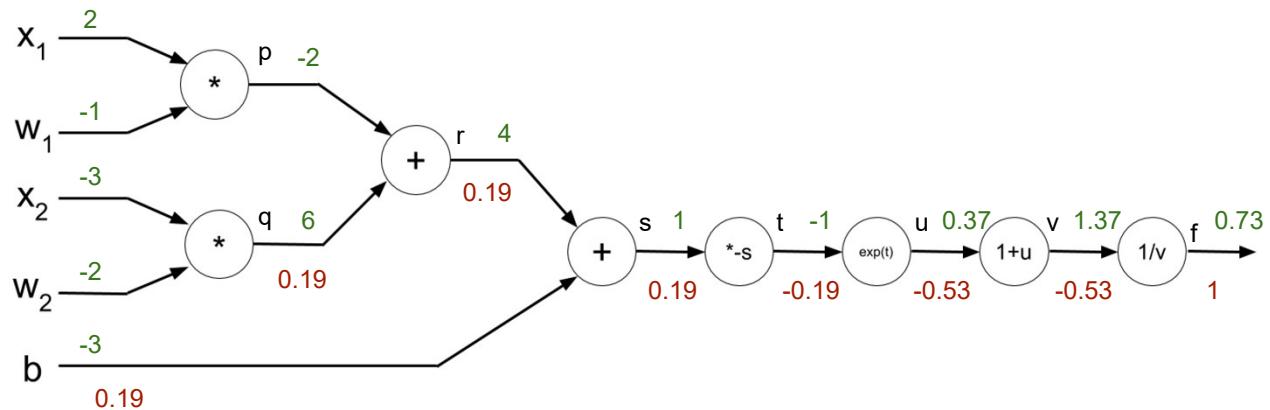


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

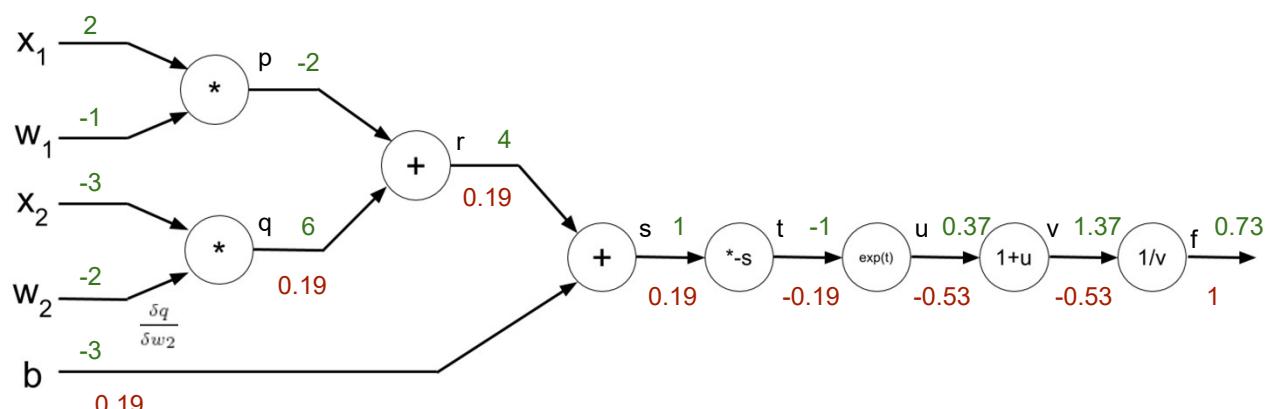


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



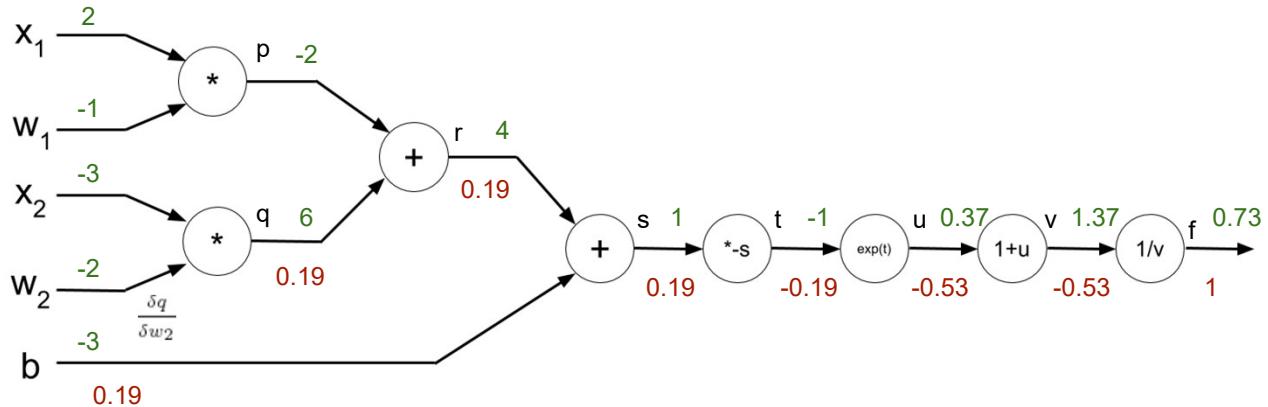
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$q = w_2 x_2$$



Curso de Deep Learning

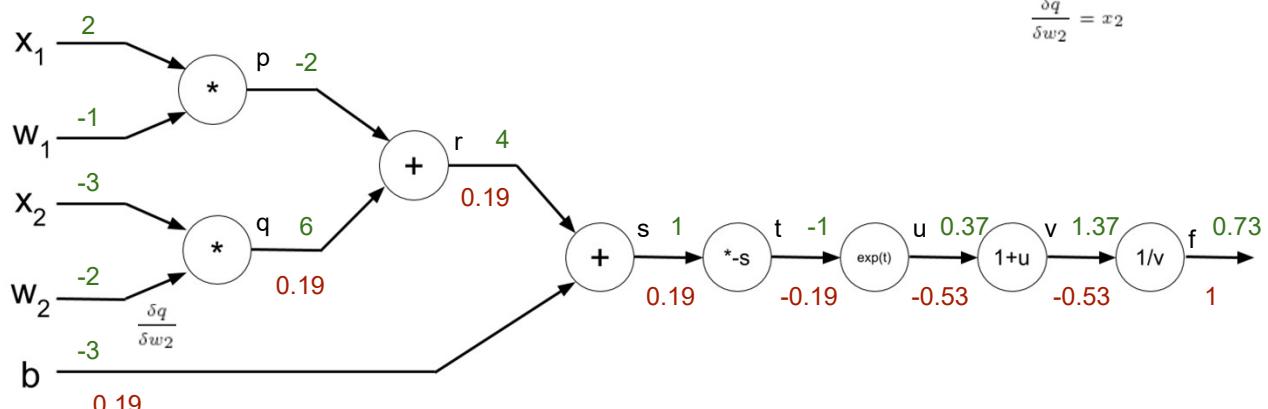
20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

$$q = w_2 x_2$$

$$\frac{\delta q}{\delta w_2} = x_2$$

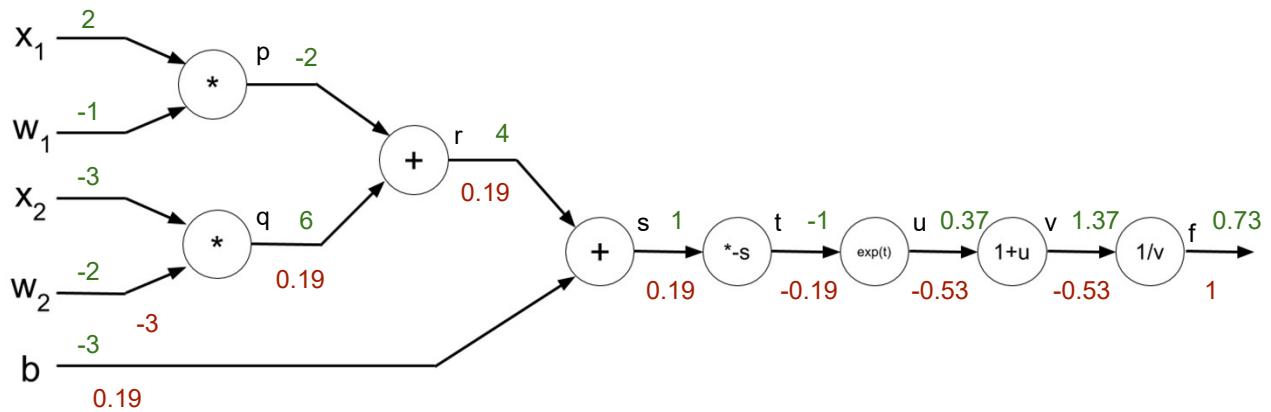


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

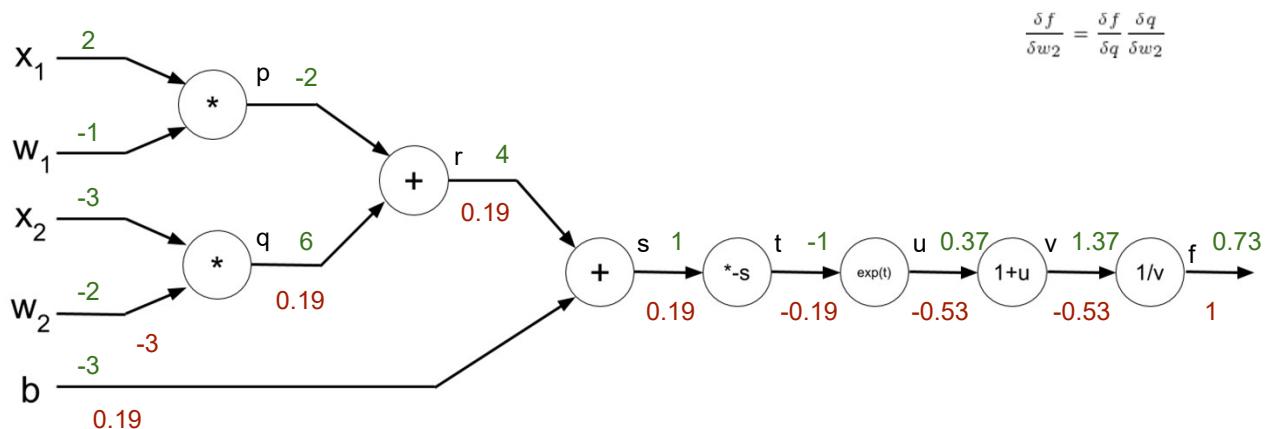


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

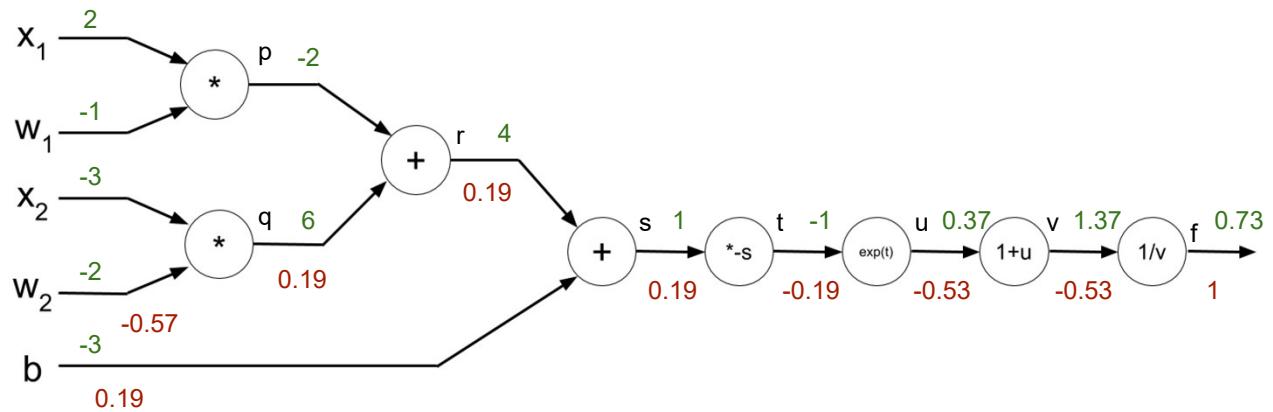


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

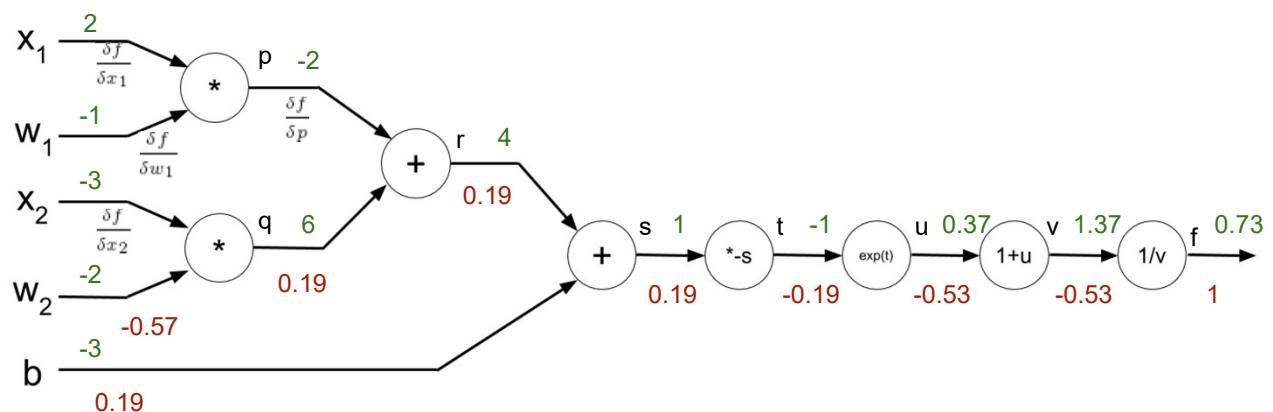


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid

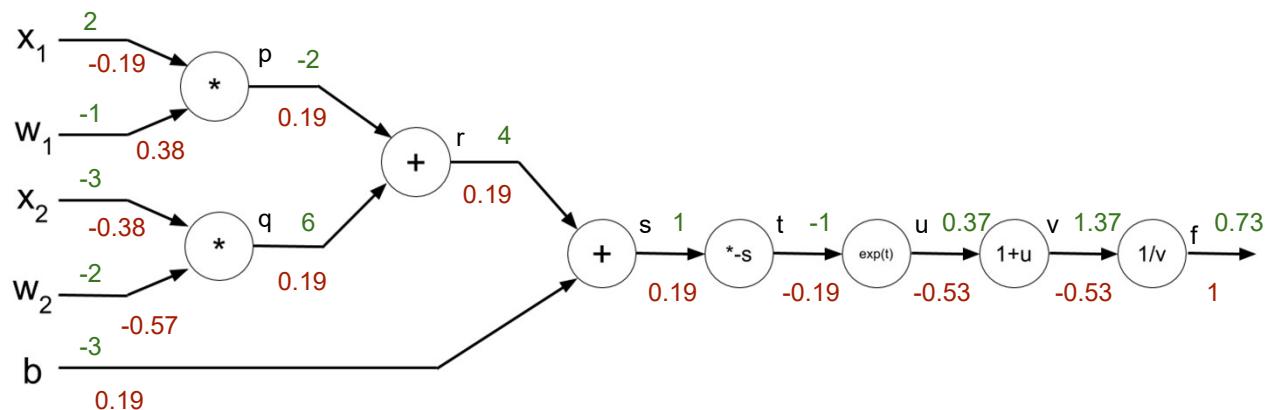


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Back Propagation: Sigmoid



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Weight Update

$$W = W - lr \nabla_w$$

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





203

Métodos de Optimización

Descenso por Gradiente

Momentum

Nesterov

Métodos de Optimización

Descenso por Gradiente

Momentum

Nesterov

<http://ruder.io/optimizing-gradient-descent/index.html#momentum>

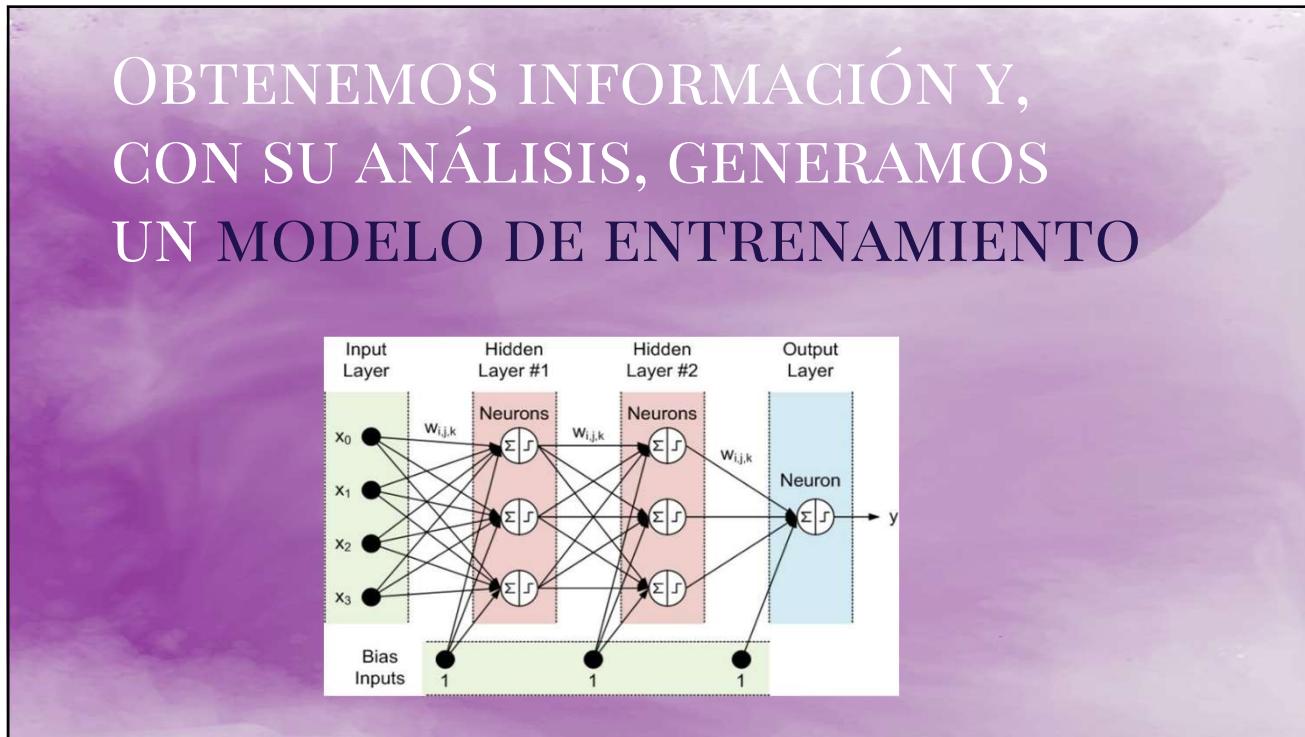
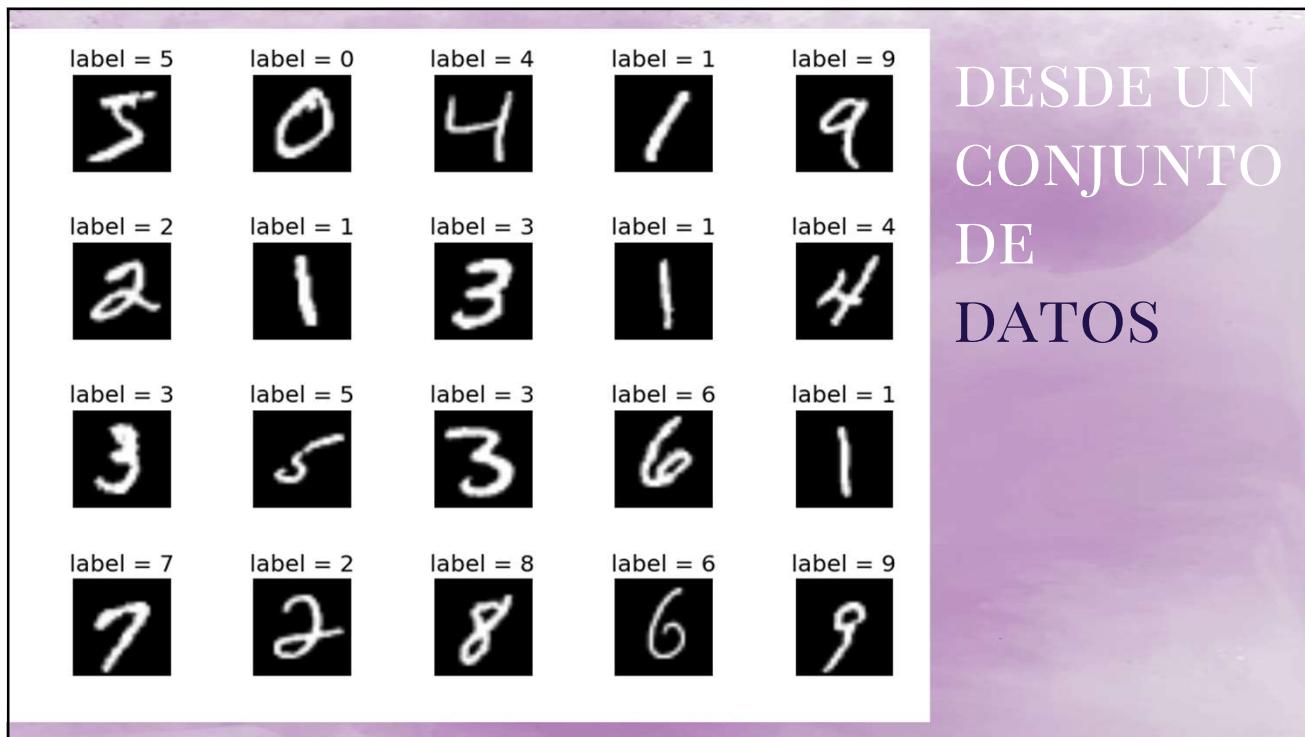
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

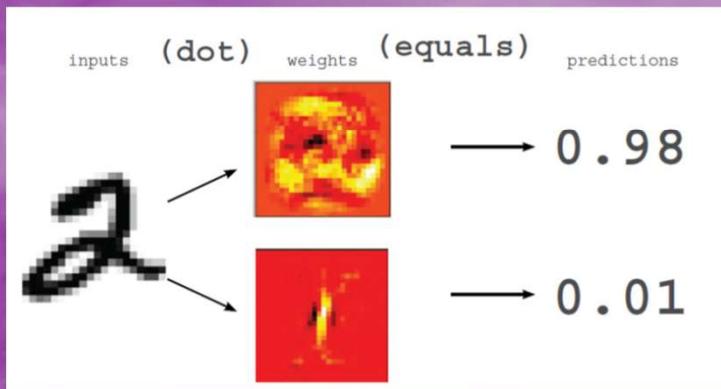


RECAPITULANDO

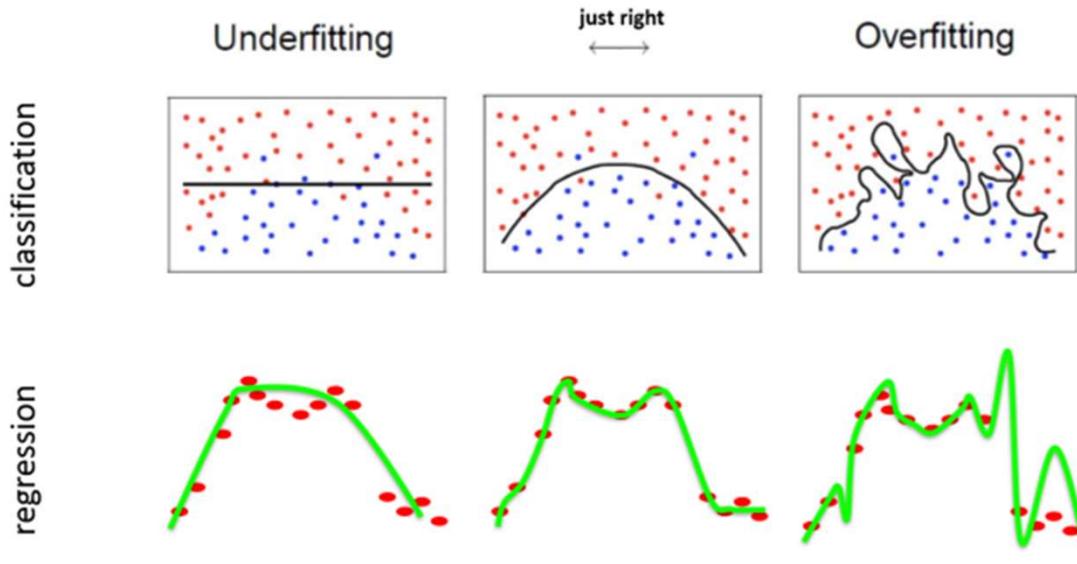
• • •



PARA PREDICIR DETERMINADO COMPORTAMIENTO.



¿Qué sucede cuando el modelo no es adecuado para nuestros datos?



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



**El modelo no
aprenderá lo
necesario para
tener un buen
desempeño.**

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Al final del día, nuestro **aprendizaje** consistirá en encontrar la **predicción** con un **error** que tiende a **cero** para decir:

¡Estamos aprendiendo!

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward, loss function y back-propagation.
- **Weight initialization.**
- Dropout.
- Batch normalization.
- Pooling.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

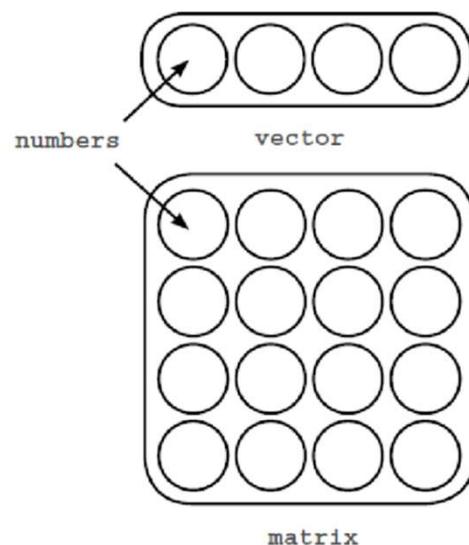
20 de Octubre de 2018



Weight Initialization

Curso de Deep Learning

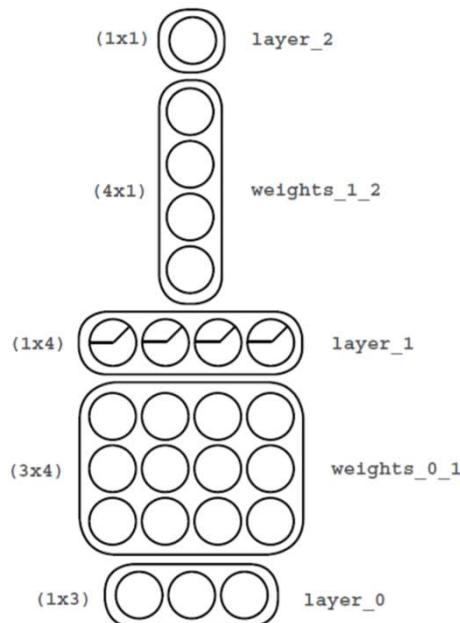
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

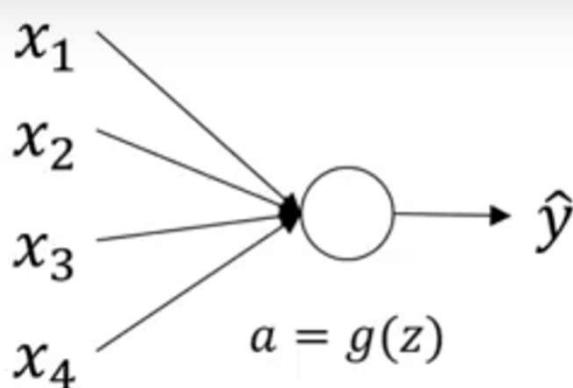
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



$$z = w_1x_1 + \dots + w_nx_n$$

Donde $g(z)$ es la función de activación.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



$$z = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n$$

Por lo tanto, a mayor **n**, debemos tener menor **w**.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



```
    # mirror object to mirror
    mirror_mod.mirror_object =
        operation == "MIRROR_X";
    mirror_mod.use_x = True
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = False
    # operation == "MIRROR_Y";
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = True
    mirror_mod.use_z = False
    # operation == "MIRROR_Z";
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = True

    # selection at the end - add
    ob.select= 1
    ier_ob.select=1
    context.scene.objects.active =
        ("Selected" + str(modifier))
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects[one.name].select = 1
    int("please select one")
    -- OPERATOR CLASSES --
```

Practica-Weight_Initialization.ipynb

PRÁCTICA

CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward, Loss function.
- Back-propagation.
- Dropout.
- Batch normalization.
- Pooling.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

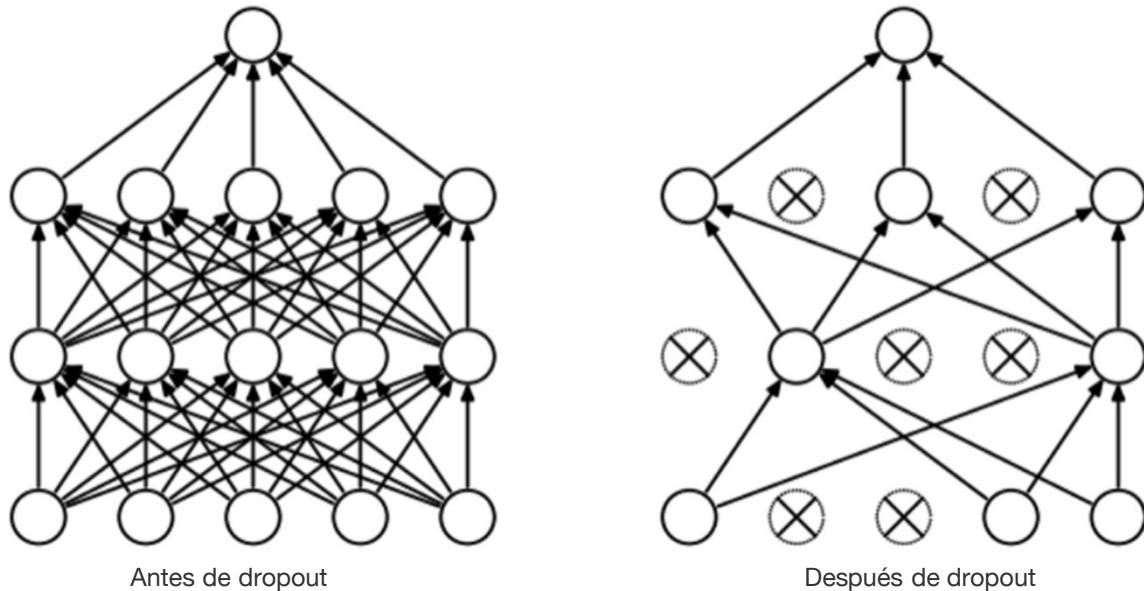


Dropout

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



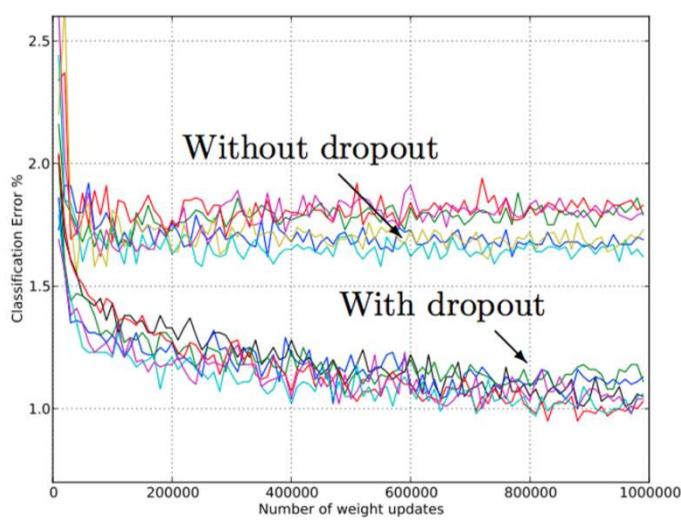


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Desempeño de dropout



Comparación de desempeño para diferentes arquitecturas con/sin dropout. Las redes evaluadas tienen de 2 a 4 capas con 1024 a 2048 neuronas.

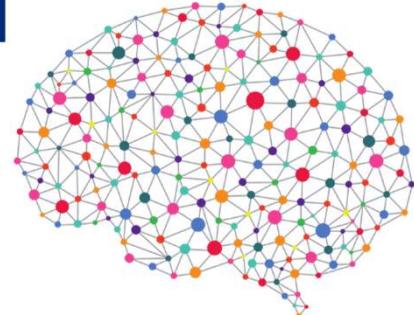
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward, Loss function.
- Back-propagation.
- Dropout.
- **Batch normalization.**
- Pooling.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

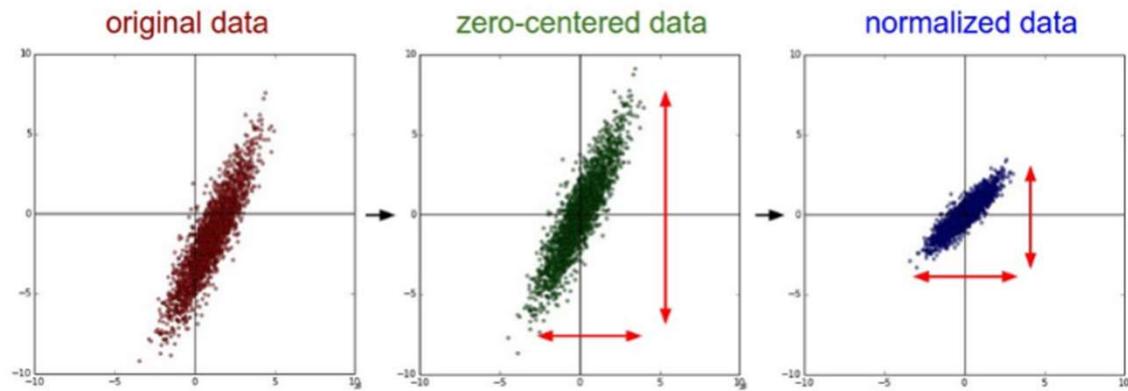


Batch Normalization

Curso de Deep Learning

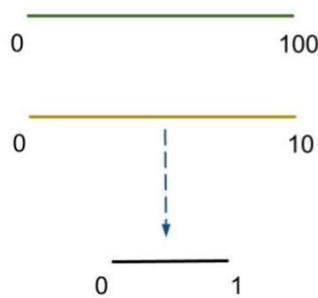
20 de Octubre de 2018





Se muestra gráficamente una base de datos (a) original, (b) centrada a cero y (c) escalada por su desviación estándar.

NORMALIZATION

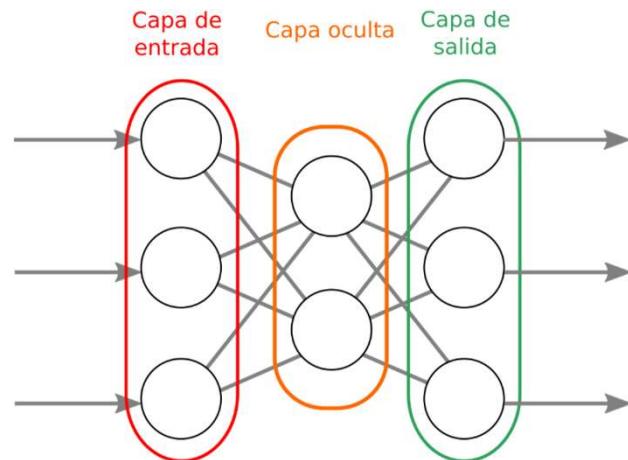
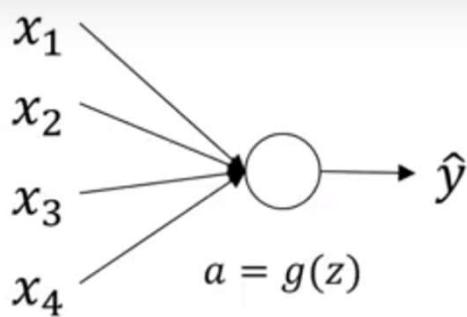


STANDARDIZATION

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

El término **batch normalization** fue nombrado por primera vez por Sergey Ioffe y Christian Szegedy en 2015.

La idea principal es que en vez de únicamente normalizar las entradas a la red neuronal, se **normalicen las entradas a las capas ocultas en la red** (hidden layers).



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Input: Values of x over a mini-batch: $\mathcal{B} = \{x_1 \dots m\}$;
 Parameters to be learned: γ, β
Output: $\{y_i = \text{BN}_{\gamma, \beta}(x_i)\}$

```

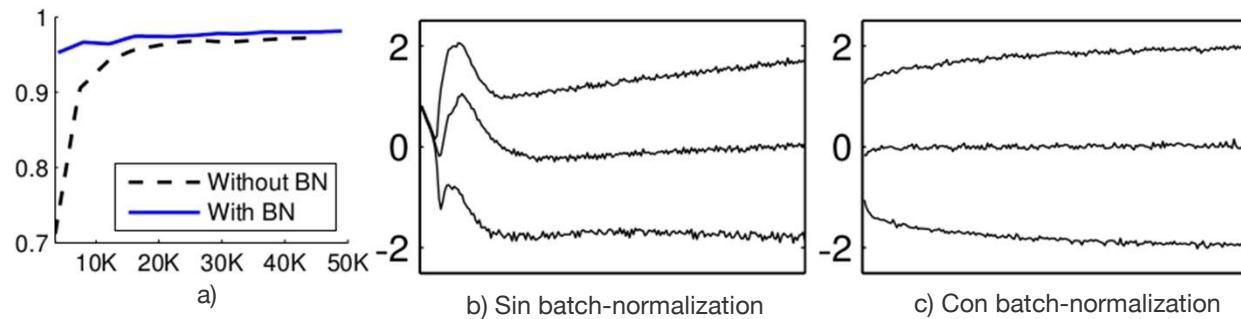
 $\mu_{\mathcal{B}} \leftarrow \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i$  // mini-batch mean
 $\sigma_{\mathcal{B}}^2 \leftarrow \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - \mu_{\mathcal{B}})^2$  // mini-batch variance
 $\hat{x}_i \leftarrow \frac{x_i - \mu_{\mathcal{B}}}{\sqrt{\sigma_{\mathcal{B}}^2 + \epsilon}}$  // normalize
 $y_i \leftarrow \gamma \hat{x}_i + \beta \equiv \text{BN}_{\gamma, \beta}(x_i)$  // scale and shift
  
```

Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift S Ioffe and C Szegedy (2015).

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Batch-normalization (BN) aplicado a MNIST (a), y activaciones de una neurona seleccionada al azar en el tiempo (b, c), donde la línea de en medio es la media de la activación, la línea superior es el percentil 15 y la inferior el percentil 85.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



```

    mirror_object_to_mirror
    mirror_mod.mirror_object =
    operation = "MIRROR_X";
    mirror_mod.use_x = True;
    mirror_mod.use_y = False;
    mirror_mod.use_z = False;
    operation = "MIRROR_Y";
    mirror_mod.use_x = False;
    mirror_mod.use_y = True;
    mirror_mod.use_z = False;
    operation = "MIRROR_Z";
    mirror_mod.use_x = False;
    mirror_mod.use_y = False;
    mirror_mod.use_z = True;

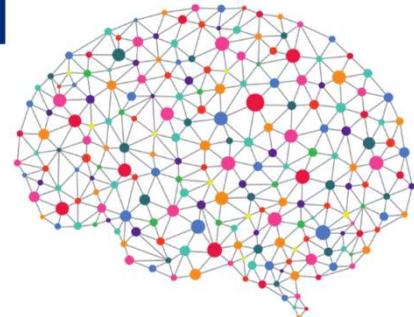
    selection at the end -add
    ob.select= 1
    ob.select=1
    context.scene.objects.active =
    ("Selected" + str(modifier));
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects =
    data.objects[one.name].select
    int("please select exactly
    -- OPERATOR CLASSES ...
  
```

Leccion_Batch_Normalization.ipynb

PRÁCTICA

CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward, Loss function.
- Back-propagation.
- Dropout.
- Batch normalization.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.
- Pooling.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Regularization

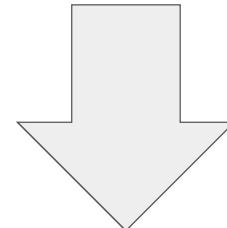
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





overfitting



complejidad

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



loss + X

$$x = \left(\sum_{j=1}^n \|w^{[j]}\|^2 \right) \frac{\lambda}{2m}$$

n = the number of layers
 $w^{[j]}$ = the weight matrix for the j^{th} layer
 m = the number of inputs
 λ = the regularization parameter

Imagen cortesía de deeplizard. Consultado desde <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=iuJgyiS7BKM>. Octubre, 2018.

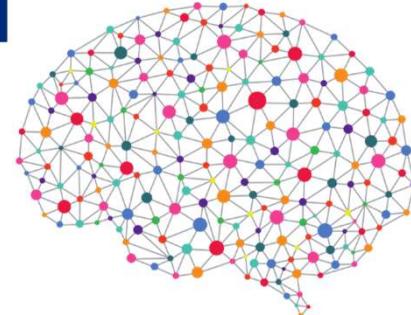
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



CONTENIDO

- Introducción
- Feed-forward, Loss function.
- Back-propagation.
- Dropout.
- Batch normalization.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.
- Pooling.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

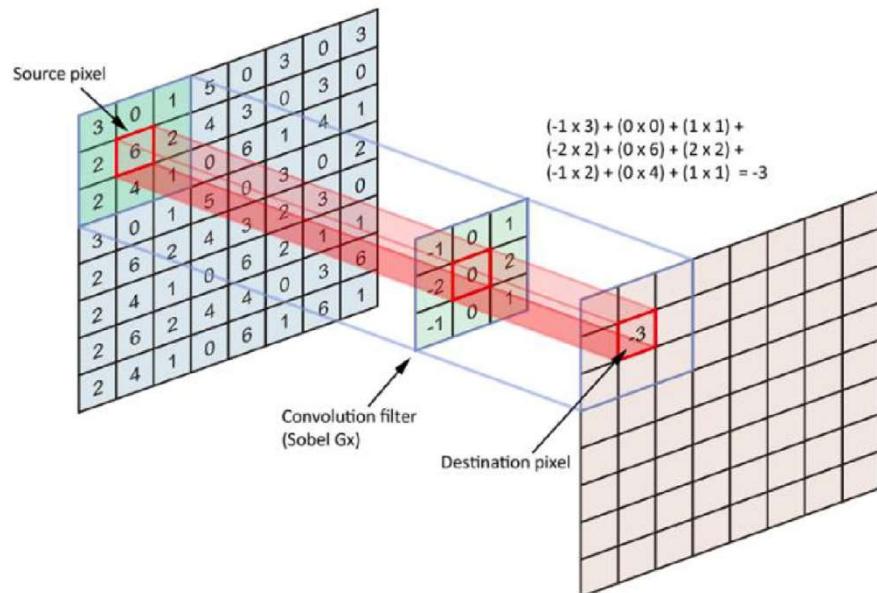


Redes Neuronales Convolucionales (CNNs)

Curso de Deep Learning

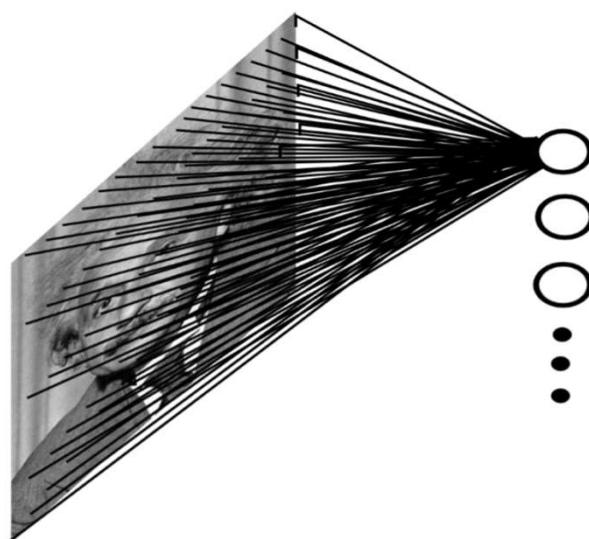
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

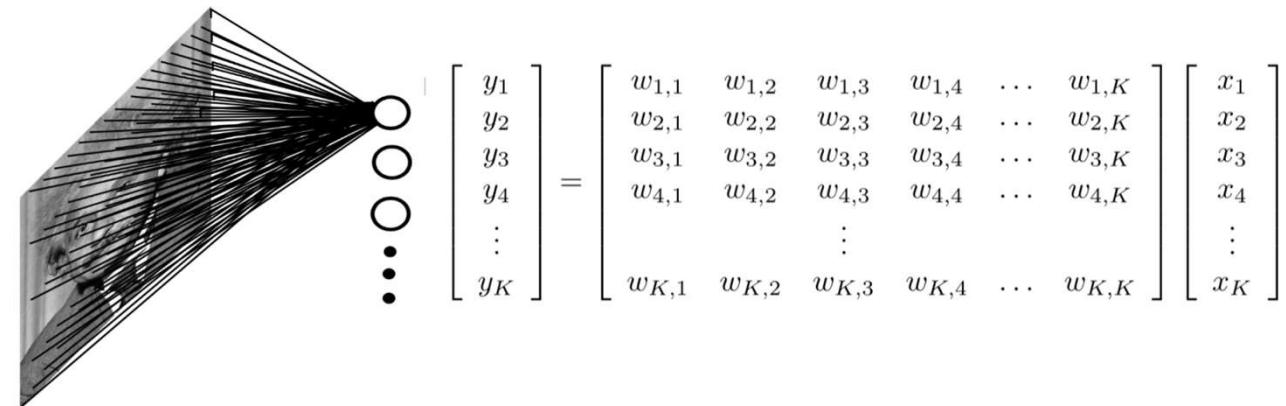
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

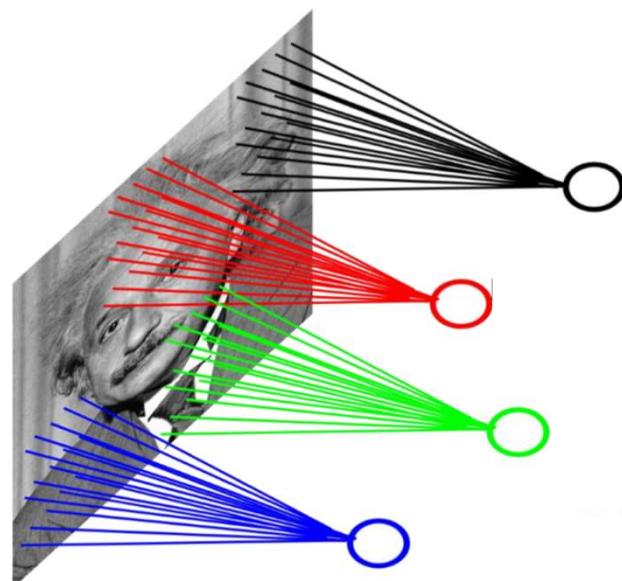
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

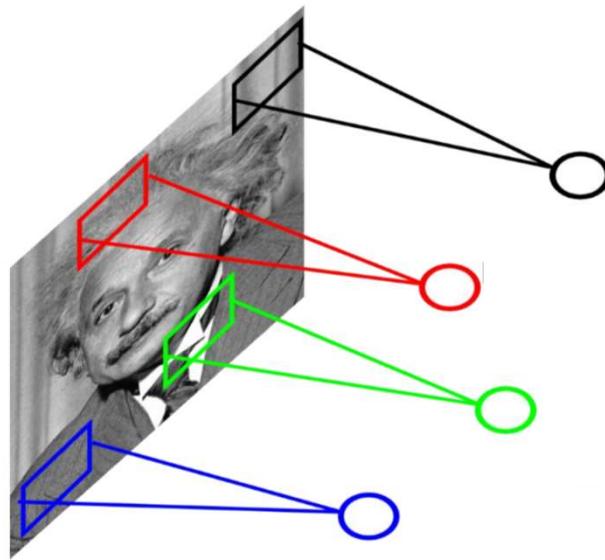
20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

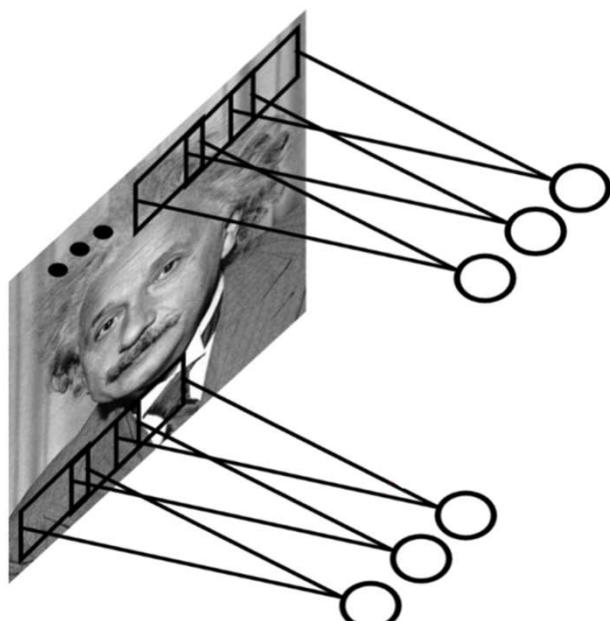
20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

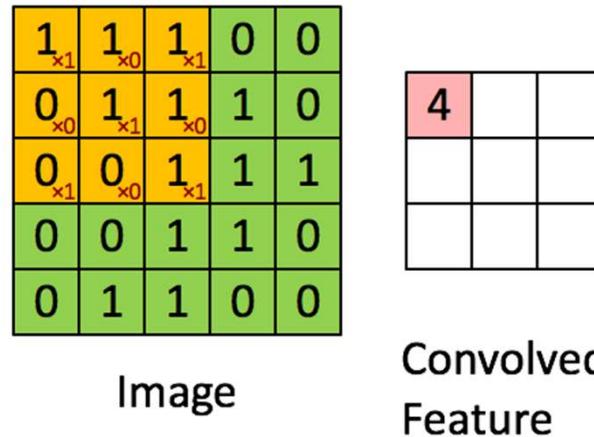


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

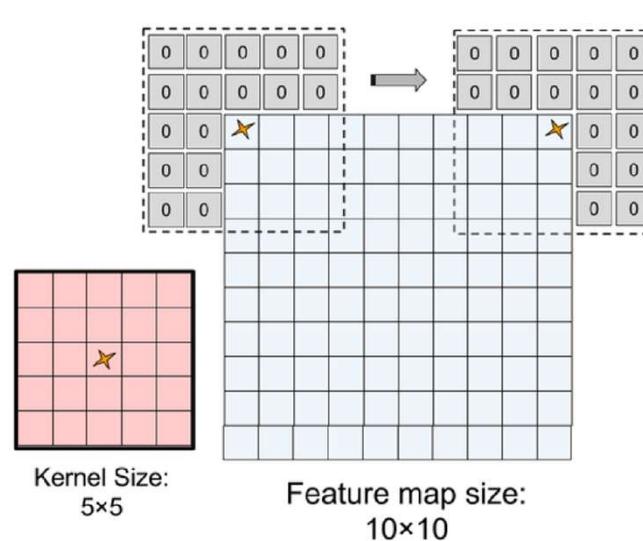


Esquema de convolución



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

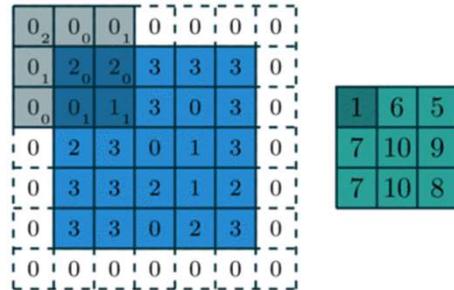


Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

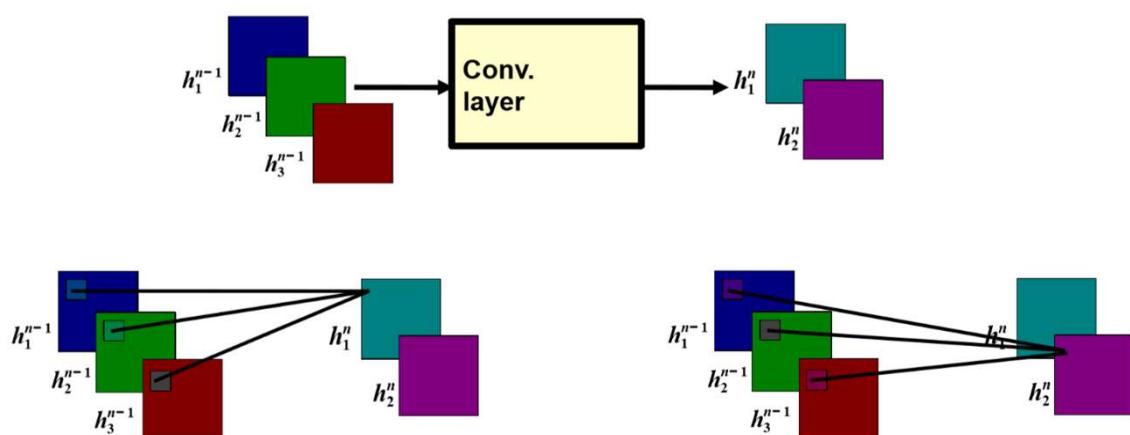


Padding



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





PRÁCTICA

CONTENIDO

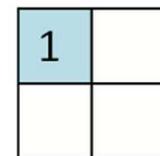
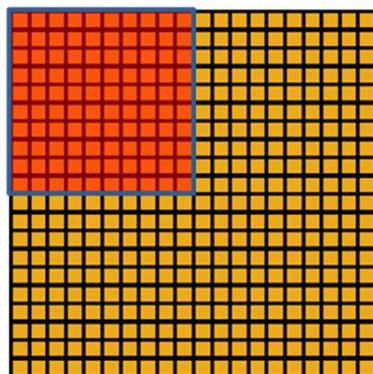
- Introducción
- Feed-forward, Loss function.
- Back-propagation.
- Dropout.
- Batch normalization.
- Regularización.
- Redes neuronales convolucionales.
- Pooling.



Pooling

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



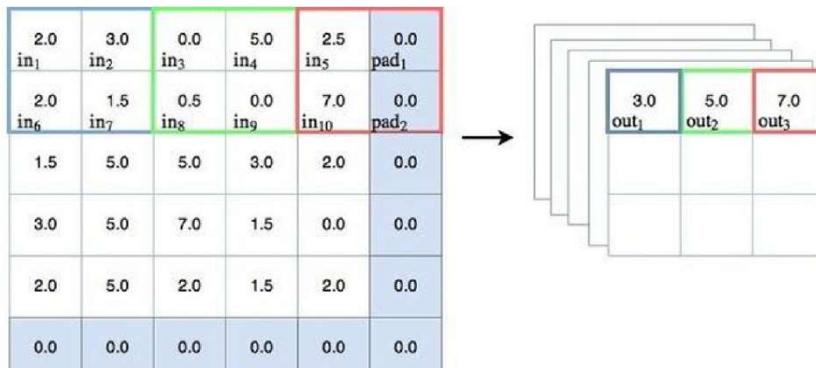
Convolved Pooled
feature feature

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Pooling realiza un submuestreo sistemático en las capas de la red.



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



```

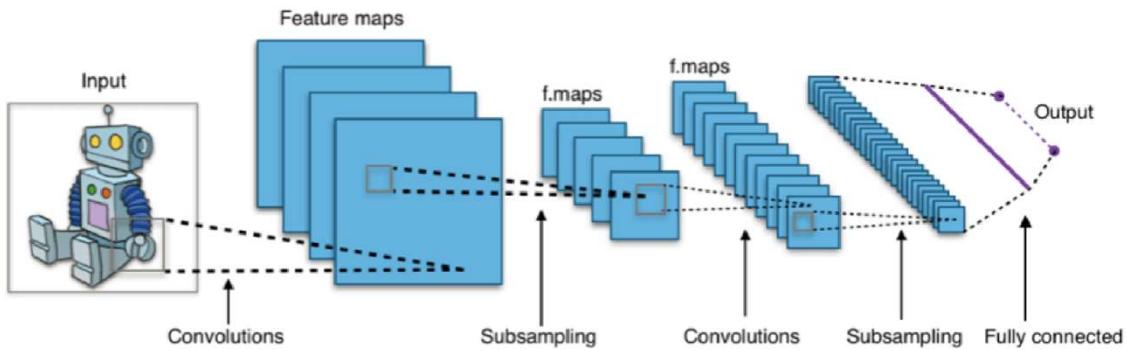
# mirror object to mirror
mirror_mod.mirror_object()
operation = "MIRROR_X"
mirror_mod.use_x = True
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = False
operation = "MIRROR_Y"
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = True
mirror_mod.use_z = False
operation = "MIRROR_Z"
mirror_mod.use_x = False
mirror_mod.use_y = False
mirror_mod.use_z = True

# selection at the end - add
ob.select= 1
ier.ob.select=1
context.scene.objects.active = ("Selected" + str(modifier))
mirror_ob.select = 0
bpy.context.selected_objects = data.objects[one.name].select
int("please select exactly one object")
-- OPERATOR CLASSES --

```

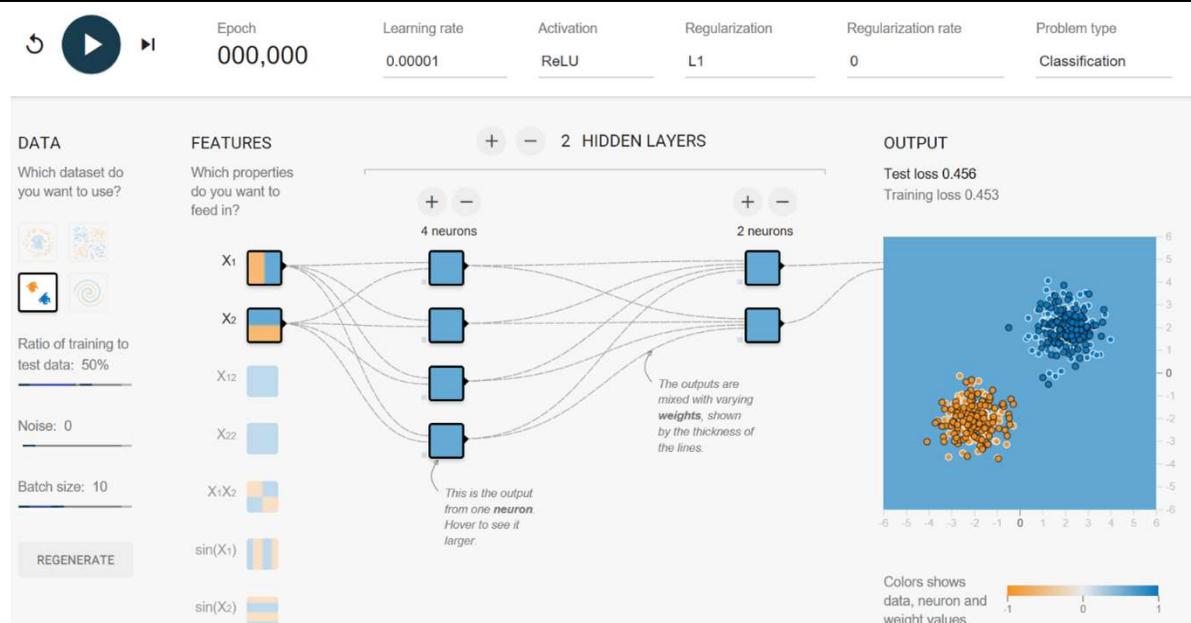
_max_pooling.ipynb

PRÁCTICA



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

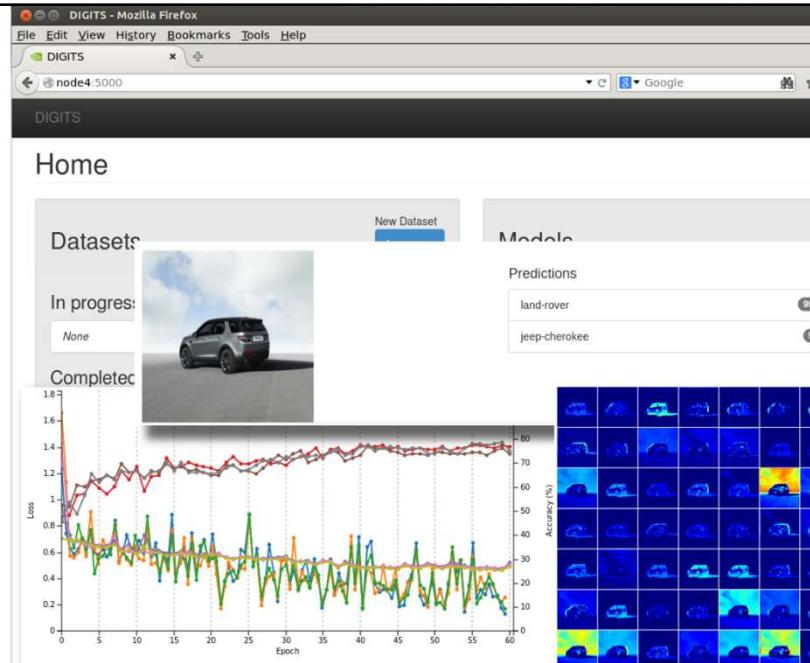
20 de Octubre de 2018



playground.tensorflow.org

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Entorno de desarrollo de Deep Learning para sistemas con GPU Nvidia

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

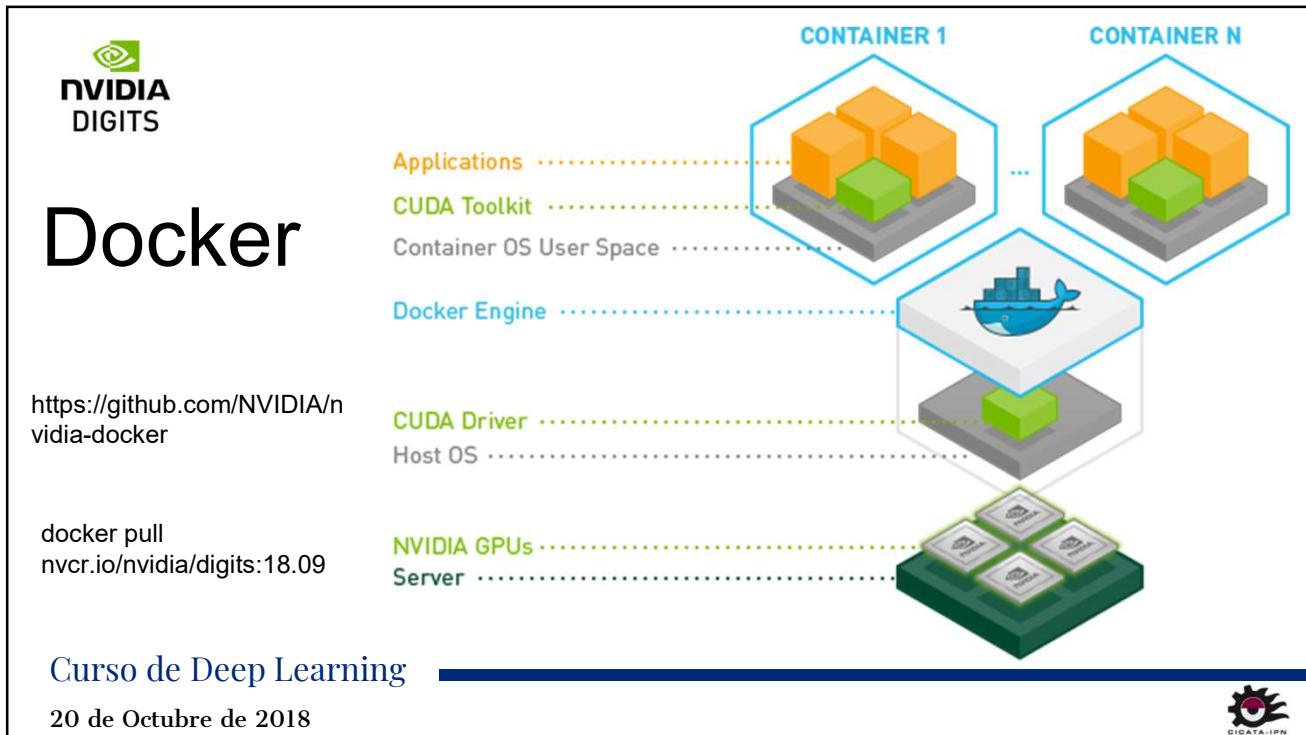


Usos predefinidos:
-Segmentación
-Detección
-Generación
-Clasificación

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018





Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



NVIDIA DIGITS

Main Console

The Main Console interface includes:

- Home** section with **Datasets** and **Models** tabs.
- Create your Dataset** button pointing to the **New Image Classification Dataset** dialog.
- Configure your Network** button pointing to the **New Image Classification Model** dialog.
- Choose your dataset** button pointing to the **New Image Classification Dataset** dialog.
- Start Training** button pointing to the **New Image Classification Model** dialog.
- Choose a default network, modify one, or create your own** button pointing to the **New Image Classification Model** dialog.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

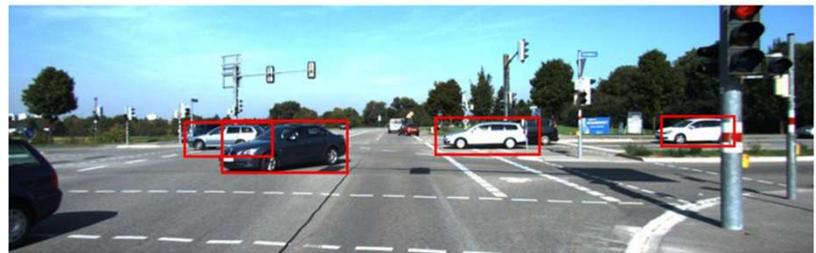


Ejemplo: Detección de objetos

Source image



Inference visualization



Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Etiquetas

```

train/
└── images/
    └── 00001.png
└── labels/
    └── 00001.txt
val/
└── images/
    └── 00002.png
└── labels/
    └── 00002.txt

```

```

Car 0.0 0 0.0 836.5 0 961.25 72.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
Car 0.0 0 0.0 478.375 63.75 609.625 172.25 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
Car 0.0 0 0.0 704.875 157.375 834.125 274.625 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

```

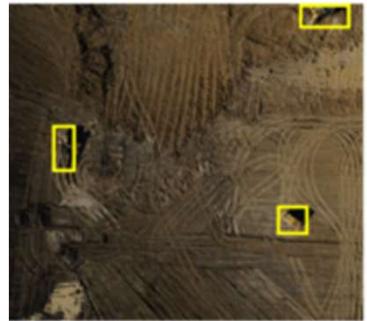
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

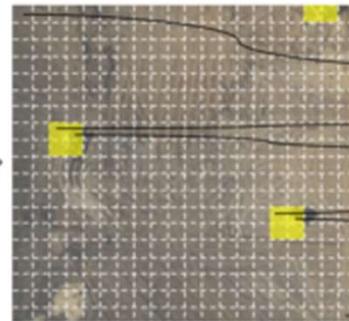




DetectNET



Training image with bounding box annotations



Bounding boxes mapped to grid squares

Bounding box coordinates in pixels relative to center of grid square

class	x ₁	y ₁	x ₂	y ₂	coverage
dontcare	0	0	0	0	0
--	--	--	--	--	--
digger	-2	-8	18	24	1
digger	-18	-8	2	24	1
--	--	--	--	--	--
digger	-6	-8	22	24	1
digger	-24	-8	8	24	1
--	--	--	--	--	--
dontcare	0	0	0	0	0

DetectNet input data representation

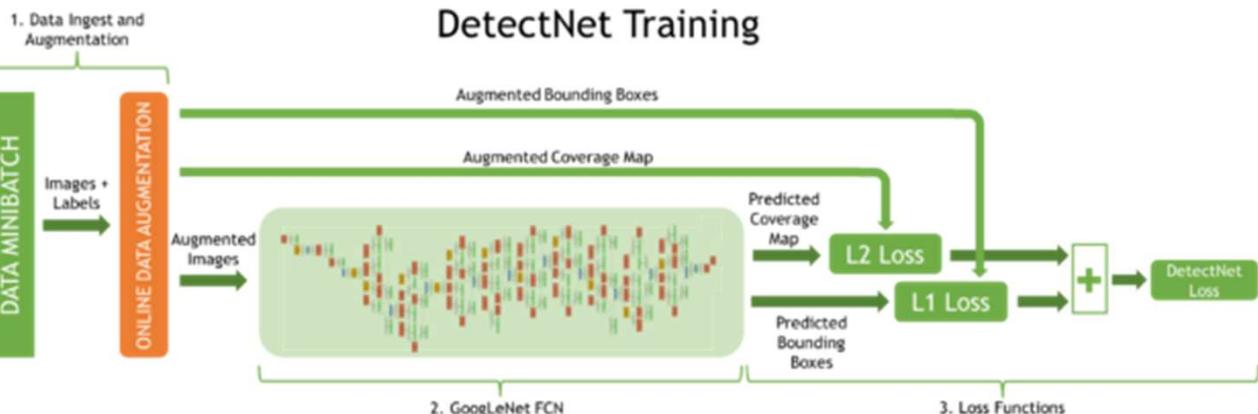
Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Entrenamiento

DetectNet Training



Curso de Deep Learning

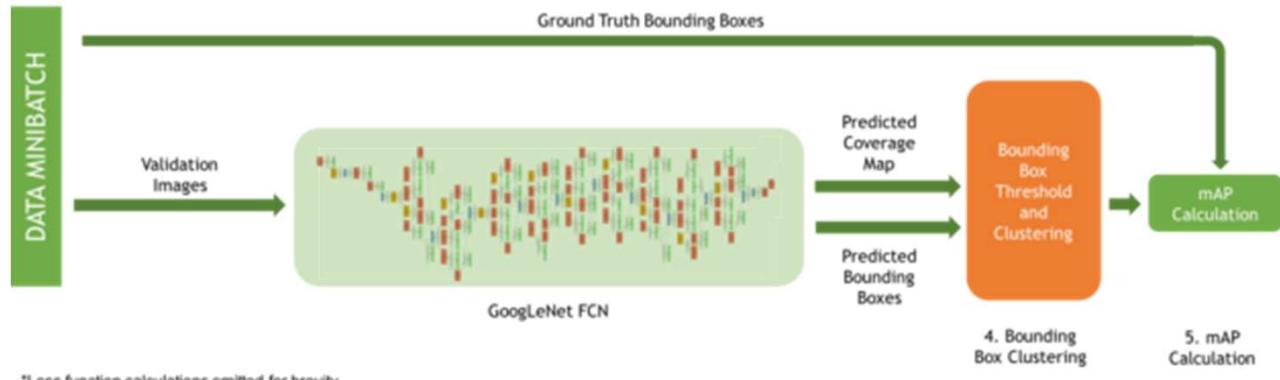
20 de Octubre de 2018





Validación

DetectNet Validation*



*Loss function calculations omitted for brevity

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



REFERENCIAS

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). Digital image processing second edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 455. Nvidia corporation, 2017

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville A. (2016). Deep Learning.

Trask, A. (2016). Grokking deep learning.

Salas J. (2018). Reconocimiento de patrones. CICATA Qro. IPN.

Publicaciones diversas.

Apuntes personales.

Referencias diversas de Tensorflow, Python, OpenCV, Nvidia Digits, Udacity.

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018



Thank you!

Héctor, hsanchezb1600*
Dagoberto, dpulidoa1600*
Sandra, sdelafuenteb1400*
Ángel, ahernandezp1800*
*@alumno.ipn.mx

Curso de Deep Learning

20 de Octubre de 2018

