بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان

آموزش شبکه های عصبی

ایمان ذباح

دکتری هوش مصنوعی

دی ماه 1402

فصل اول

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مثال AND و OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

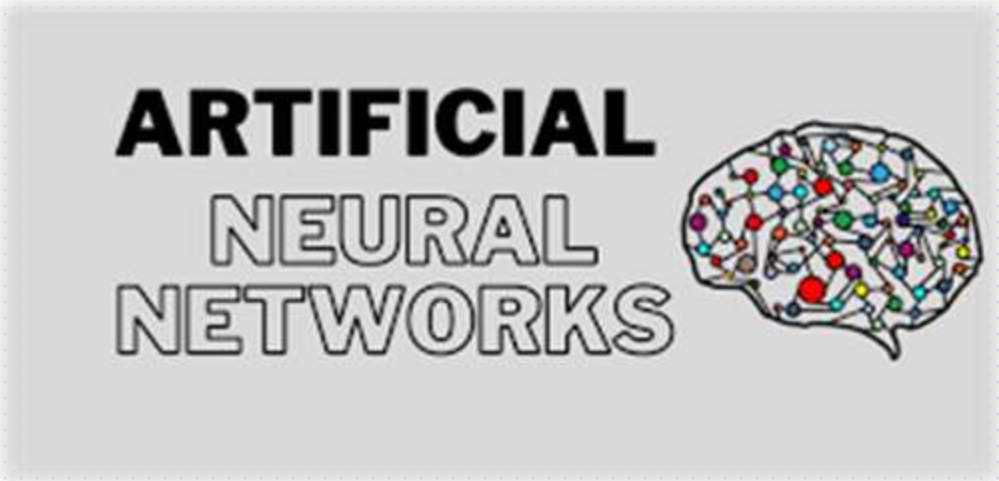
بخش اول

مقدمه

شبکه های عصبی

مقدمه

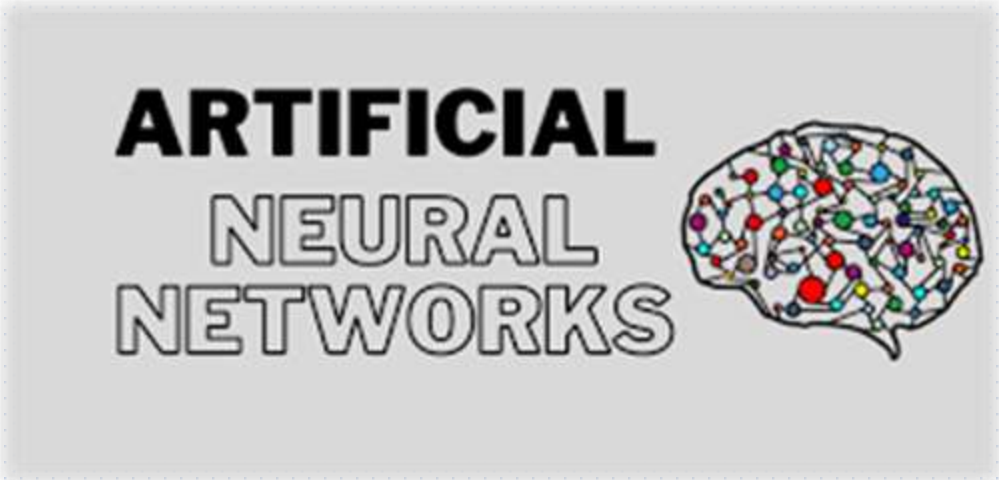
هدف نوشتن برنامه هایی که توانایی یادگیری داشته باشند



مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مقدمه

شبکه های عصبی که با نام‌های شبکه های عصبی مصنوعی (ANNنیز شناخته می‌شوند، زیرمجموعه‌ای از یادگیری ماشین هستند. نام و ساختار آنها از مغز انسان الهام گرفته شده است و از روشی که نورون‌های بیولوژیکی به یکدیگر سیگنال می دهند تقلید می کند. شبکه عصبی مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها است که تلاش می‌کنند تا روابط زیربنایی را در مجموعه‌ای از داده‌ها از طریق فرآیندی که نحوه عملکرد مغز انسان را تقلید می‌کند، تشخیص دهد.

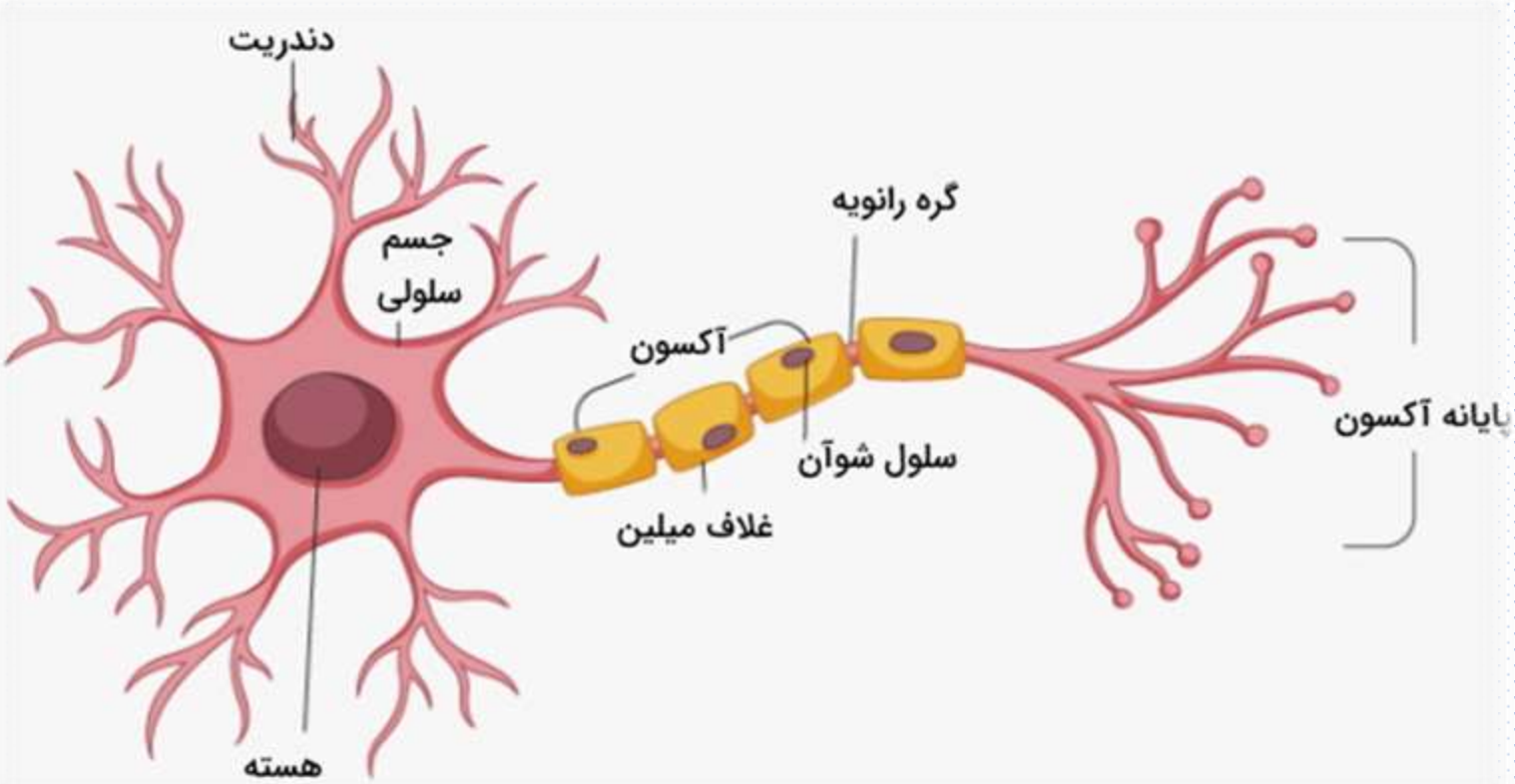


مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

ساختار نرون واقعی

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

ساختار یک نرون در مغز

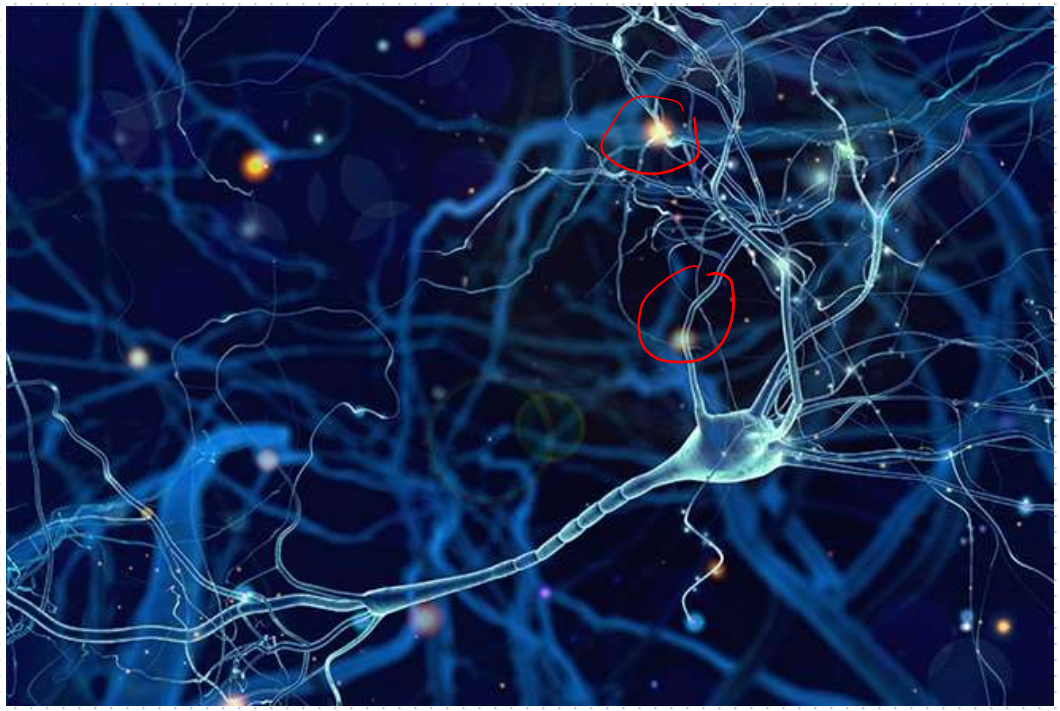


حدود ۱۰۰میلیارد نرون تشکیل شده هست

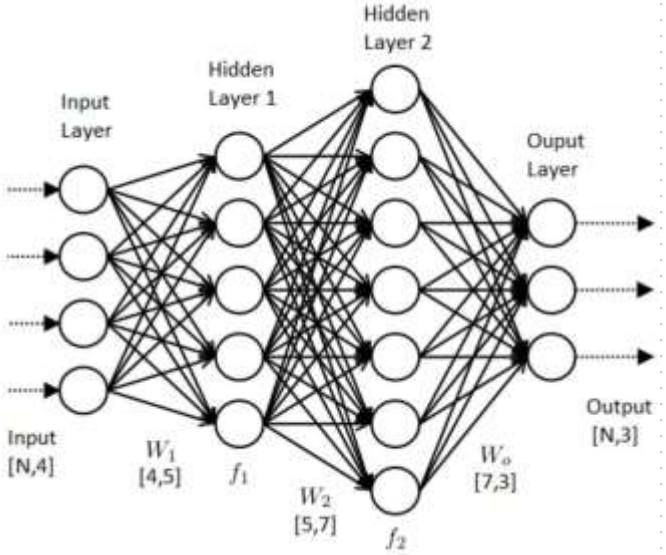
واقعیت مغز!

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

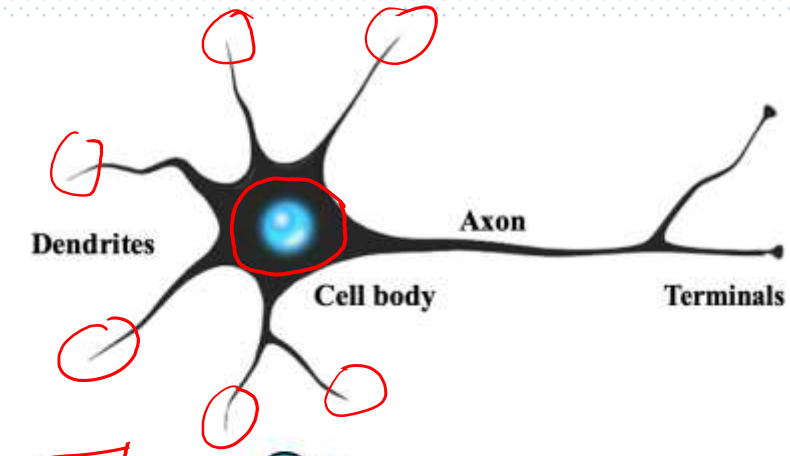
ساختار واقعی نرون ها در مغز

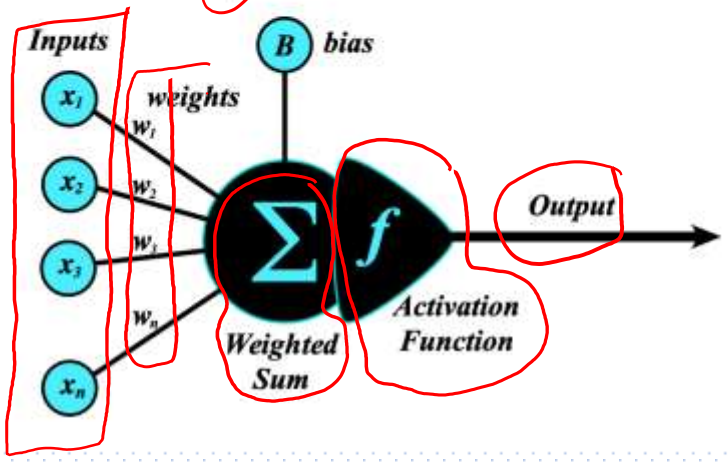


ساختار واقعی نرون های مصنوعی



نرون مصنوعی





ورودی : x_i

وزن : w_i

Σ جمع کننده

f تابع فعال ساز

نرون مصنوعی الگو برداری شده از نرون واقعی

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

ساخت نرون ساده

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

طراحی یک نرون ساده با دو ورودی

طراحی یک نرون ساده با سه ورودی

گره‌ها، یال‌ها/وزن‌ها و تابع جمع/.

مدرس: ایمان ذباح

مفهوم وزن

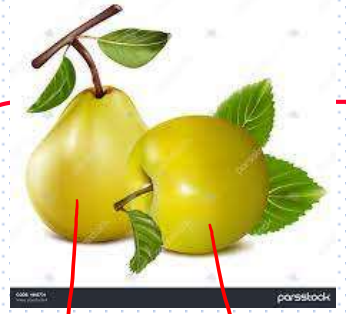
مثال سیب و پرتقال

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مدرس: ایمان ذباح

مفهوم وزن

مثال سیب و گلابی



ویژگی های میوه

۱) رنگ
۲) اندازه
۳) صافی سطح

نام

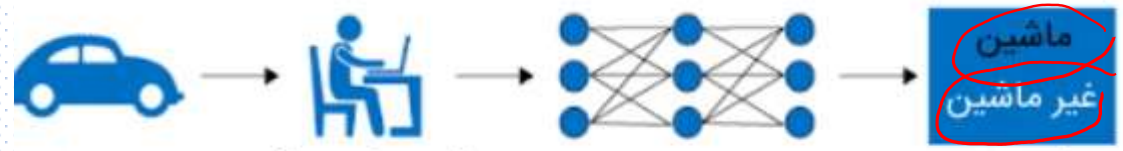
	گلابی	سیب
رنگ	۰/۱	۰/۸۵
اندازه	۰/۹۵	۰/۹
صافی سطح	۰/۲	

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مفهوم وزن

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

اتومبیل و موتور سیکلت



وزنی
تعداد چرخ

موتورسیکلت
اتومبیل

وزنی
۱ تعداد چرخ ۰
۲ وضعیت چراغ عقب ۰/۹

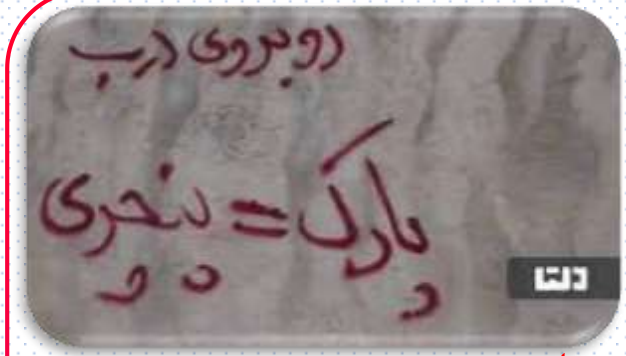
؟ چراغ
؟ چرخ

مفهوم بایوس

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

آستانه تحمل

۲

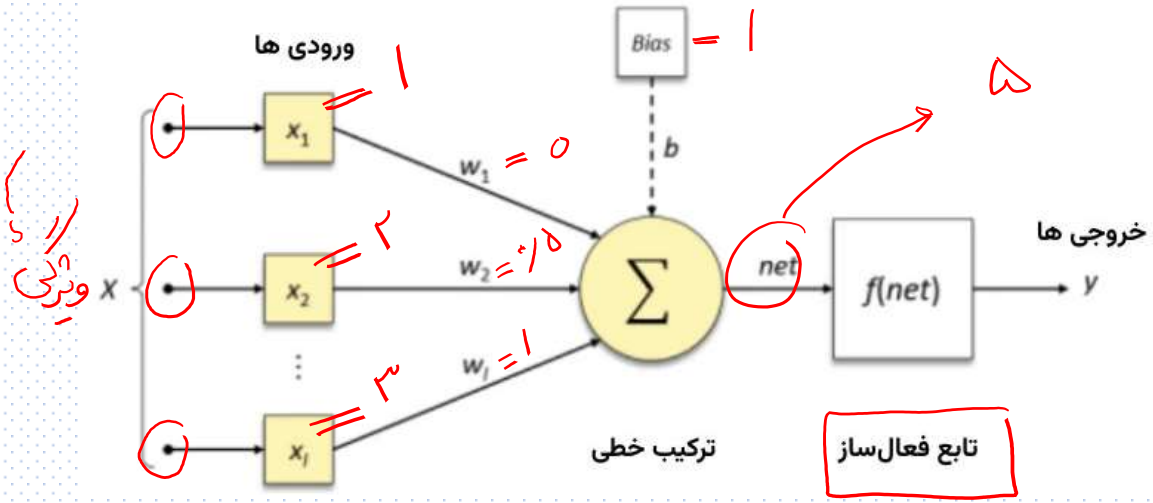


۱

۴

۳

تابع فعال ساز



نقش تابع فعال ساز

$$net = \sum_{i=1}^{3} x_i w_i = (1 \times 0) + (2 \times 0.5) + (3 \times 1) + 1 = 0 + 1 + 3 + 1 = 5$$

$$f(net) \longrightarrow y$$

تابع فعال‌ساز

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

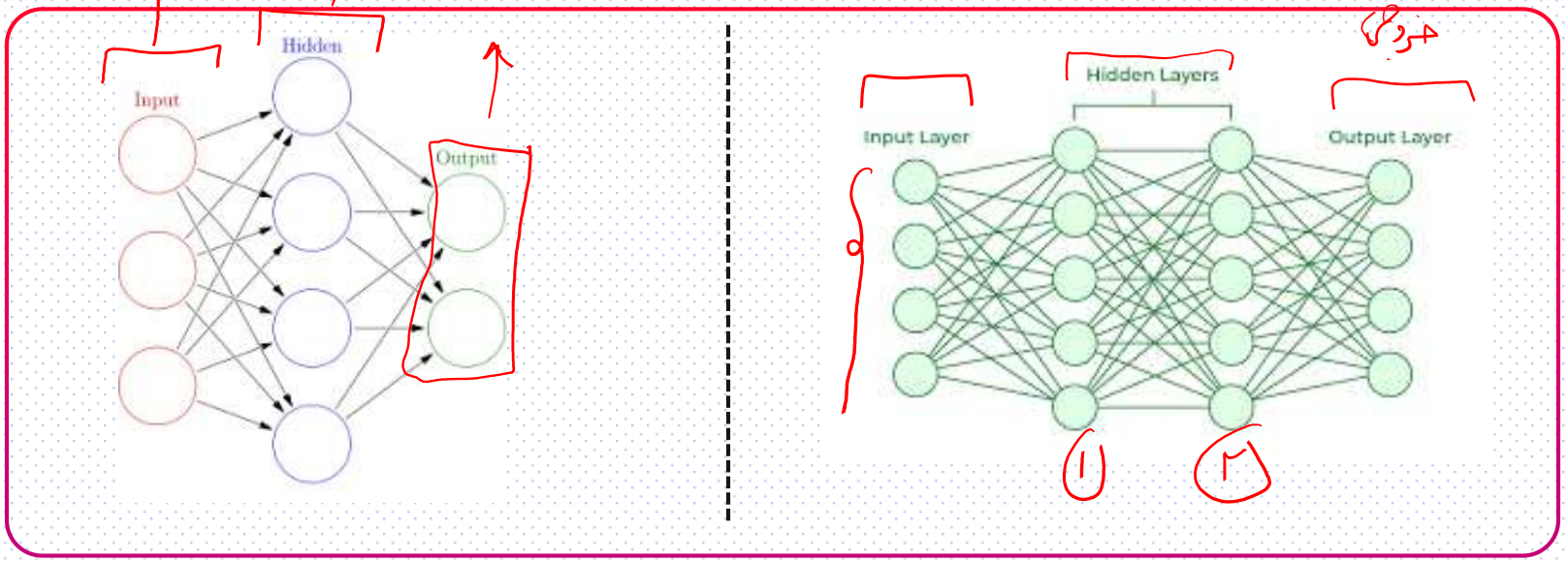
تعریف شبکه های عصبی مصنوعی

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

تعریف شبکه عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی از لایه‌هایی از گره‌ها تشکیل شده‌اند که شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. هر گره یا نورون مصنوعی به دیگری متصل می شود و دارای وزن و آستانه مرتبط است. اگر خروجی هر گره فردی بالاتر از مقدار آستانه مشخص شده باشد، آن گره فعال می شود و داده‌ها را به لایه بعدی شبکه ارسال می‌کند. در غیر این صورت، هیچ داده‌ای به لایه بعدی شبکه منتقل نمی‌شود.

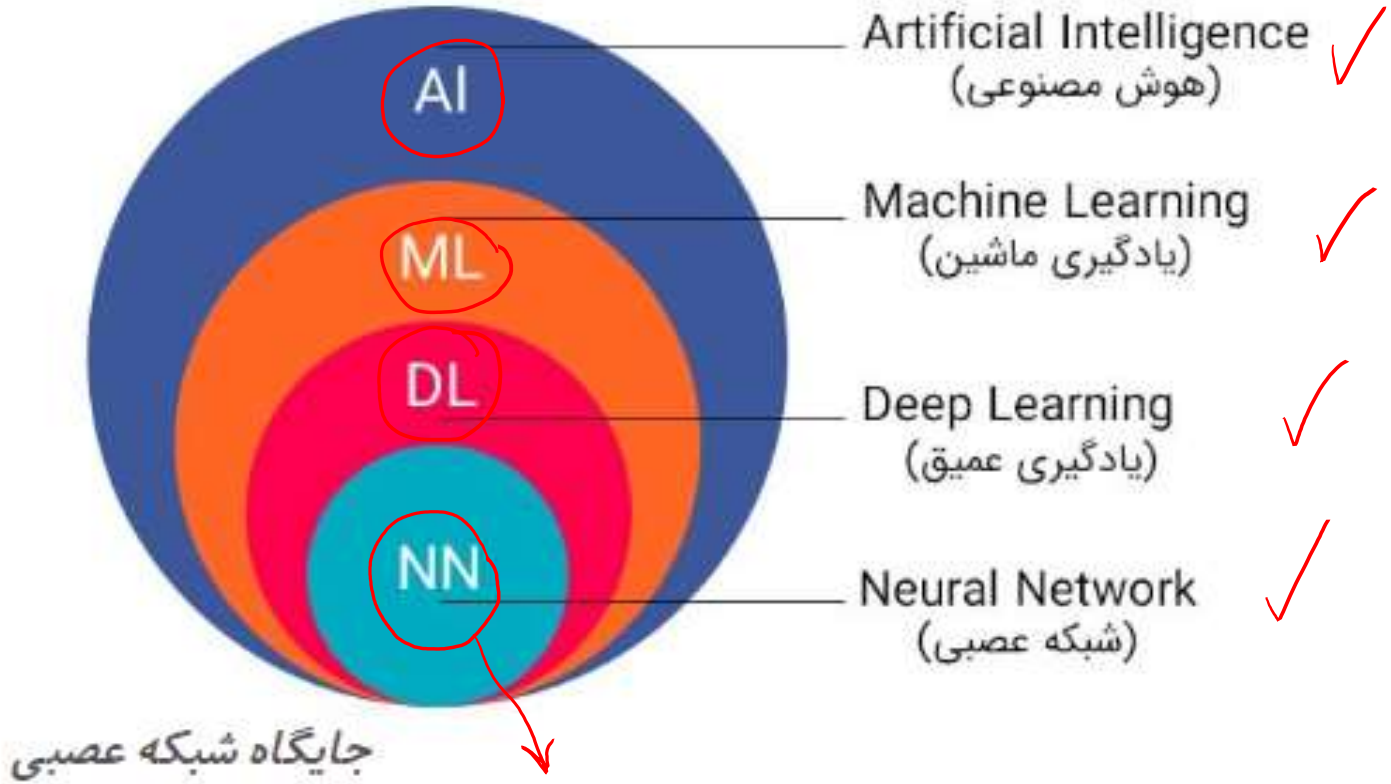
لایه ورودی، لایه پنهان و یک لایه خروجی



جایگاه شبکه های عصبی

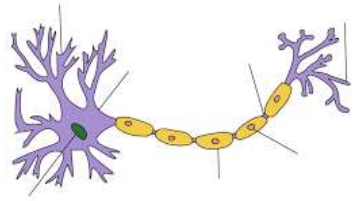
مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

دیتاست های غیر تصویری

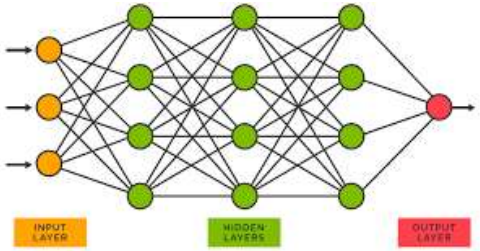


مفاهیم پایه

مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی



نرون واقعی- مصنوعی



شبکه عصبی مصنوعی

مفاهیم ورودی/لایه پنهان/ لایه خروجی / وزن تابع انتقال

مدرس: ایمان ذباح

بخش دوم

توابع فعال ساز

نحوه عملکرد توابع فعال ساز در شبکه های عصبی

توابع فعال ساز

هدف نوشتن برنامه هایی است که قابلیت یادگیری داشته باشند

اگر از توابع فعالساز (Activation Functions) استفاده نکنیم، وزن‌ها و مقدار بایاس فقط یک معادله‌ی خطی را ایجاد می‌کنند.

اگرچه معادله‌ی خطی خیلی راحت‌تر حل‌شدنی است، اما برای حل مسائل پیچیده نمی‌تواند کمکی به ما کند؛ درواقع معادلات خطی در یادگیری الگوهای پیچیده‌ی داده‌ی خیلی محدود هستند و یک شبکه‌ی عصبی بدون تابع فعال‌ساز فقط یک مدل رگرسیون خطی (Linear Regression Model) است.

به‌طور کلی، شبکه‌های عصبی از توابع فعالساز استفاده می‌کنند تا بتوانند به شبکه در یادگیری داده‌های پیچیده کمک و پیش‌بینی قابل‌قبولی را در خروجی ارائه کنند.

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

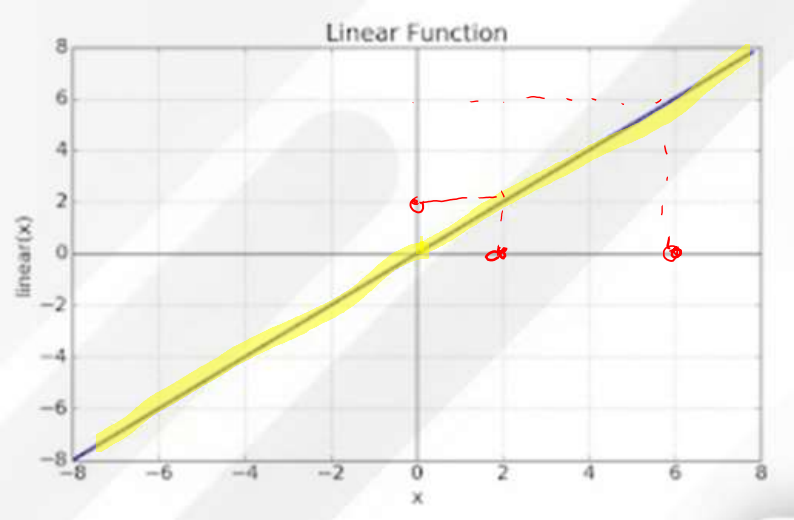
انواع توابع فعال ساز(Activation Functions)

1. تابع فعال‌ساز خطی
Linear or Identity Activation Function)

2. توابع فعال‌ساز غیرخطی
Non-linear Activation Functions)

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

انواع توابع فعال ساز

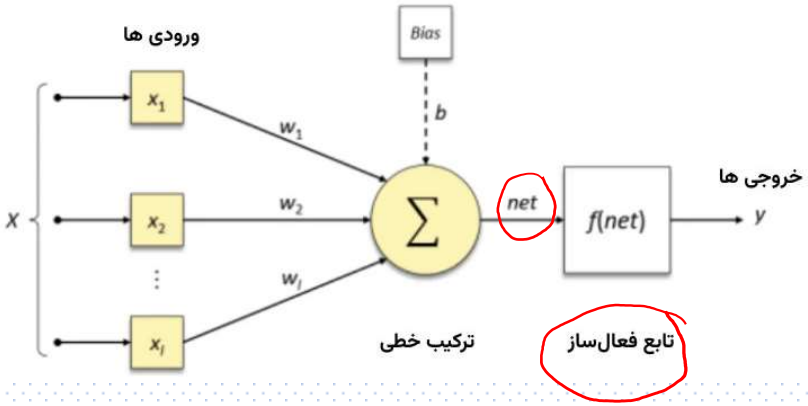


1 تابع همانی :

این تابع دقیقاً جمع وزن‌دار ورودی هر نود را برمی‌گرداند

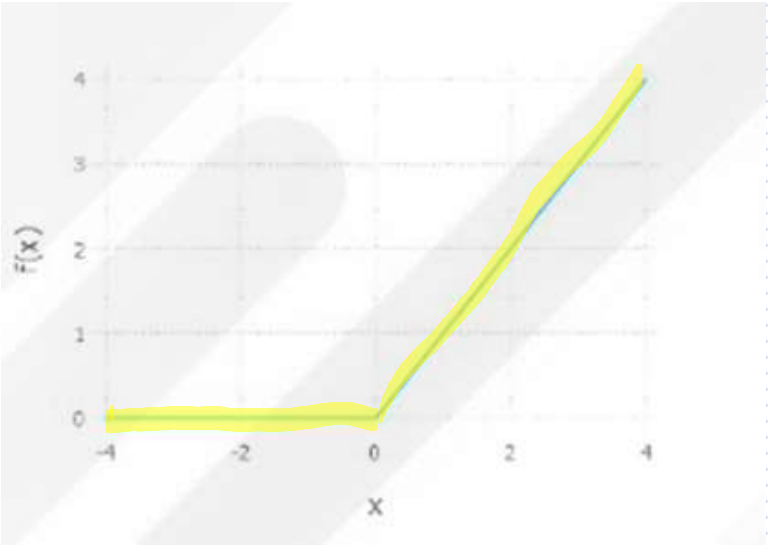
$$f(x) = x$$

$$f(5) = 5$$



مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

انواع توابع فعال ساز



2 تابع واحد یک‌سوشده‌ی خطی

(ReLU / Rectified Linear Unit)

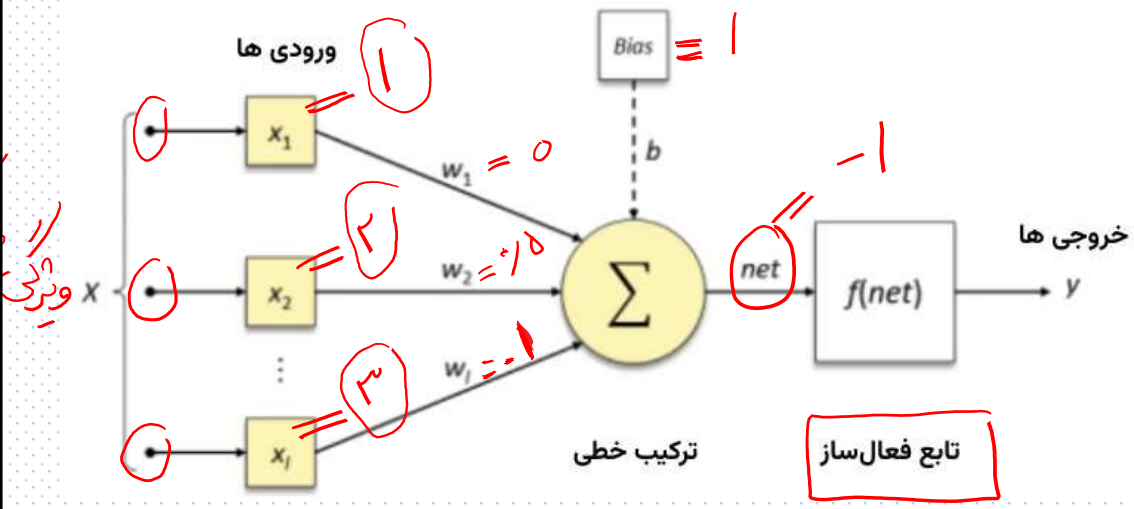
این تابع به‌این صورت عمل می‌کند که مقادیر منفی (زیر صفر) را صفر و مقادیر مثبت (بیشتر از صفر) و مقادیر برابر با صفر را همان مقدار خودش در نظر می‌گیرد.

$$f(x) = \begin{cases} x & \text{اگر } x > 0 \\ 0 & \text{اگر } x < 0 \end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مثال از تابع فعال ساز

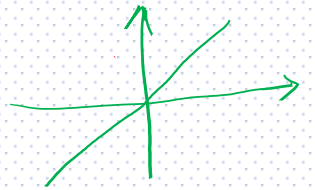
مثال : خروجی نرون زیر با تابع فعال ساز همانی و رلو چیست؟

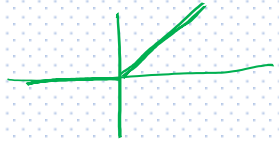


$net = -1$

تابع همانی $f(net) = f(-1) = -1$

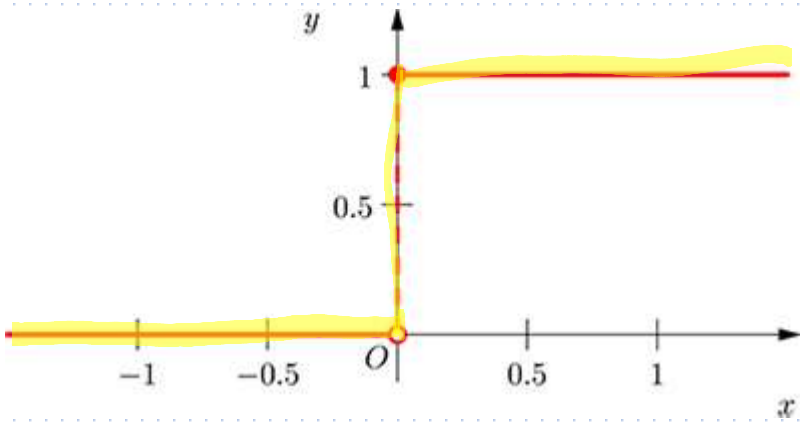
تابع رلو $f(net) = f(-1) = 0$





مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مثال از تابع فعال ساز



3

تابع فعالساز پله

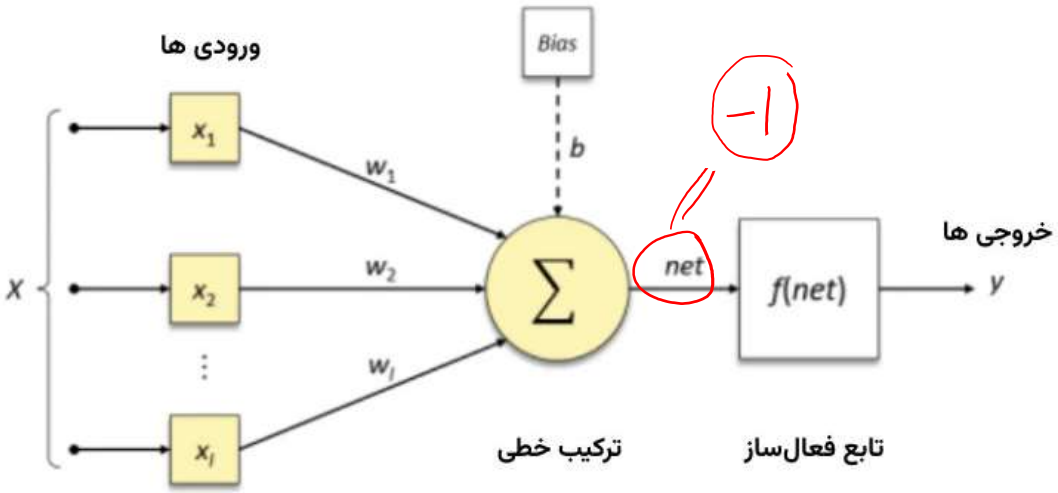
این تابع فعالساز دو حالت صفر و یک را به عنوان خروجی بر می گرداند.

$$f(x)=\begin{cases}1 & x\geq 0\\ 0 & x<0\end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

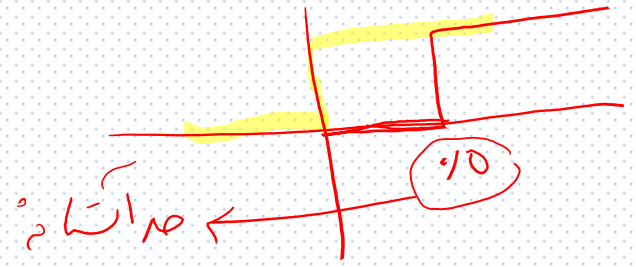
مثال انواع توابع فعال ساز

مثال : خروجی نرون زیر با تابع فعال ساز پله چیست؟



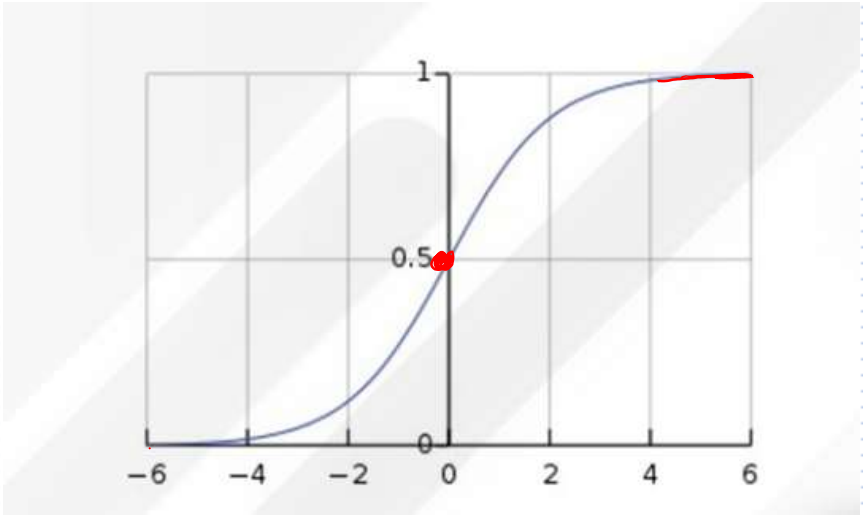
$$f(n) = \begin{cases} 1 & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow f(-1) = 0$$



مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

انواع توابع فعال ساز



4

تابع سیگموید (Sigmoid)

این تابع یک منحنی Sشکل است. زمانی‌که می‌خواهیم خروجی مدل احتمال باشد، از تابع سیگموید استفاده می‌کنیم؛ چون تابع سیگموید مقادیر را به بازه صفر تا ۱ می‌برد و احتمالات هم میان همین بازه قرار دارند.

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

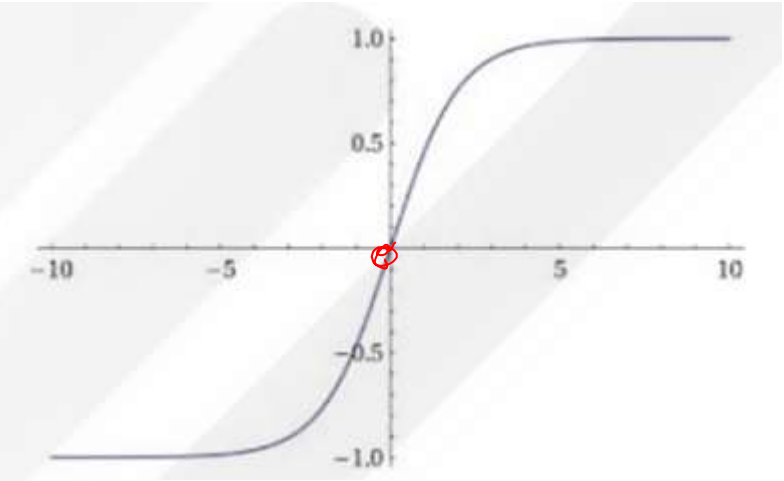
$$x = 0 \Rightarrow \frac{1}{1+e^{0}} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2}$$

$$x \to \infty \Rightarrow \frac{1}{1+e^{-\infty}} = \frac{1}{1+\frac{1}{e^{\infty}}} = 1$$

$$x \to -\infty \Rightarrow \frac{1}{1+e^{\infty}} = \frac{1}{\infty} = 0$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

انواع توابع فعال ساز



5 تابع سافت‌مکس (Softmax)

از جمله توابع فعالساز که در طبقه‌بندی‌های چندکلاسه استفاده می‌شود. زمانی‌که می خواهیم در خروجی احتمال عضویت بیشتر دو کلاس را پیش‌بینی کنیم، می‌توانیم به‌سراغ این تابع برویم. تابع سافت‌مکس تمامی مقادیر یک بردار با طول Kرا به بازه‌ی صفر تا ۱ می‌برد، به‌طوری که جمع تمامی مقادیر این بردار با هم ۱ می‌شود.

$$\sigma(Z)_j = \frac{e^{Z_j}}{\sum_{k=1}^{K} e^{Z_k}} \quad \text{for } j = 1, \ldots, K.$$

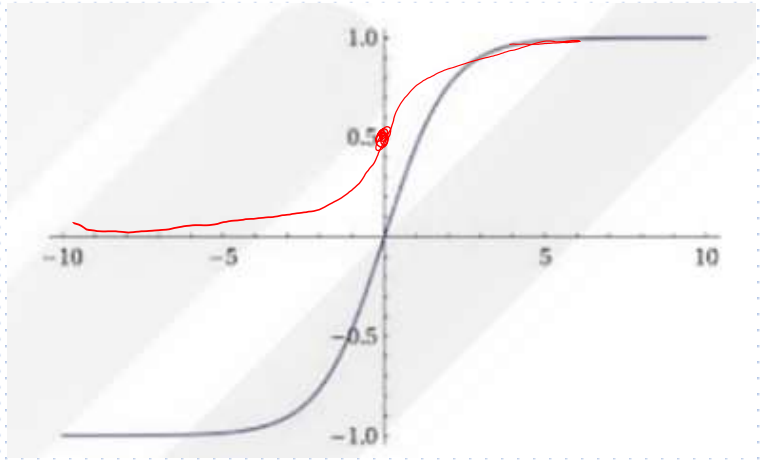
$$f(x)_j = \frac{e^{x_j}}{\sum_{i=1}^{n} e^{x_i}}$$

$$\begin{cases} x \to \infty \Rightarrow f(x) \to 1 \\ x = 0 \Rightarrow f(x) = 0 \\ x \to -\infty \Rightarrow f(x) = -1 \end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

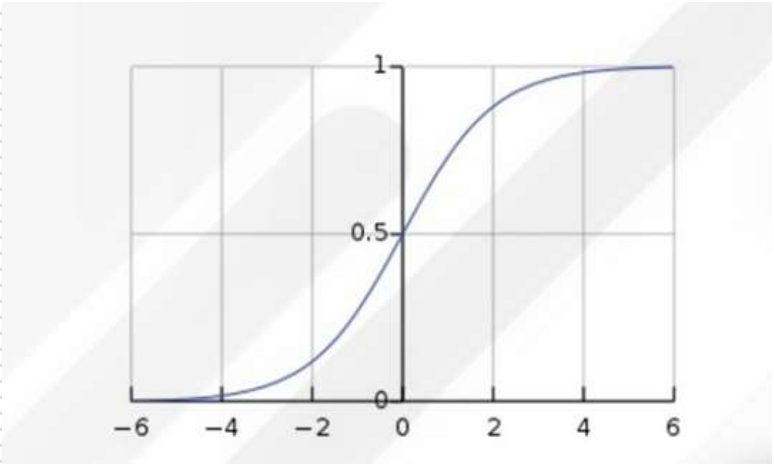
تفاوت بین تابع سیگموید و سافت مکس

1



softmax

2



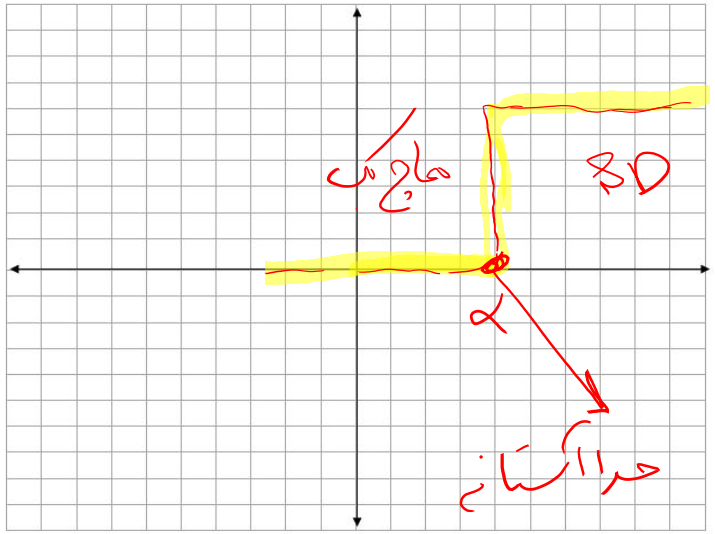
sigmoid

به طور خلاصه، sigmoidیک تابع فعالساز باینری است که در مسائل طبقه‌بندی باینری استفاده می‌شود، در حالی که softmaxیک تابع فعالساز چند کلاسه است که در مسائل طبقه‌بندی چند کلاسه استفاده می‌شود.

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

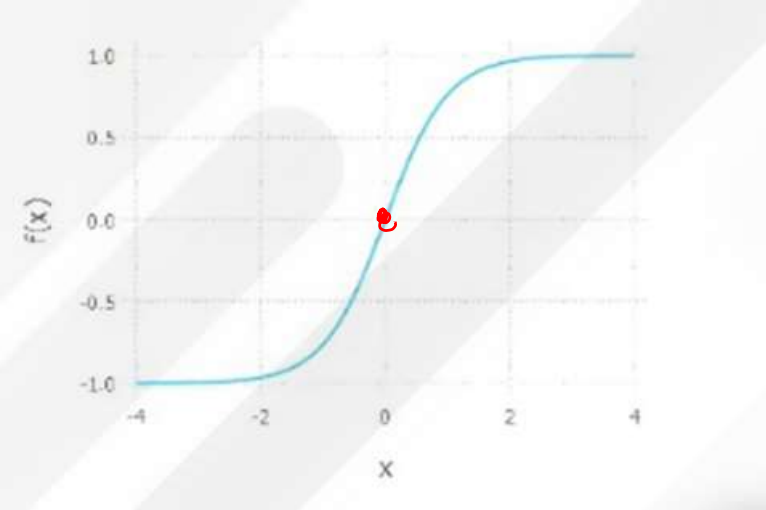
مفهوم دو کلاسه بودن

تفاوت 206



مقدمه
توابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

انواع توابع فعال ساز(Activation Functions)



6 تابع تانژانت هایپربولیک

(Tanh, Hyperbolic Tangent)

این تابع هم مانند تابع سیگموید به‌شکل S است، اما در مقایسه با تابع سیگموید، نکات مثبت بیشتری دارد.

$x = 0 \Rightarrow f(x) = 0$

$x \to \infty \Rightarrow f(x) = \infty$

$x \to -\infty \Rightarrow f(x) = -\infty$

$f(x) = a = max(0, x)$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

بخش سوم

کاربرد توابع

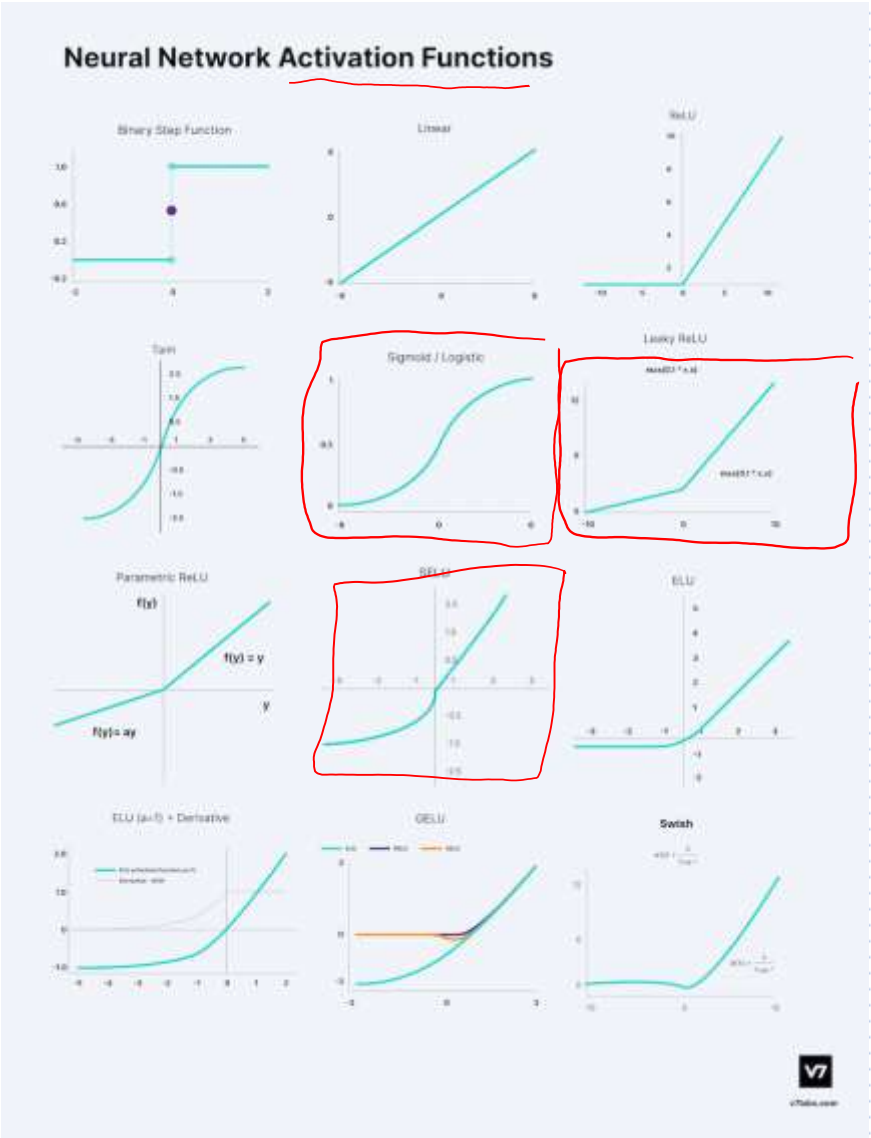
در حل مسائل

کاربرد توابع

1. تابع همانی
2. یکسو شده خطی
3. تابع پله
4. سیگموییید
5. سافت مکس
6. تانیژانت هایپربولیک

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

تنوع توابع



مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

کدام تابع استفاده شود؟

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

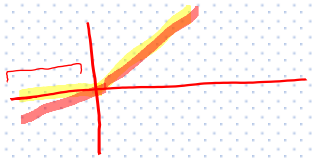
تابع سیگموید (Sigmoid) در مسائل طبقه‌بندی معمولاً خیلی خوب عمل می‌کند.

توابع سیگموید (Sigmoid) و تانژانت هایپربولیک (Tanh) ، به‌دلیل مشکل محوشدگی گرادیان، در بعضی مواقع استفاده نمی‌شوند.

تابع فعالساز واحد یک‌سوشده‌ی خطی (ReLU) بیشتر از بقیه استفاده می‌شود و نتایج خوبی را در خروجی ارائه می‌کند.

تابع فعالساز واحد یک‌سوشده‌ی خطی (ReLU) فقط در لایه‌های نهان(Hidden Layers) استفاده می‌شود.

اگر با مشکل مرگ نورون در شبکه مواجه هستیم، تابع Leaky ReLUمی‌تواند گزینه‌ی بسیار خوبی باشد.



تابع تانژانت هایپربولیک، به‌دلیل مشکل مرگ نورون، کمتر استفاده می‌شود.

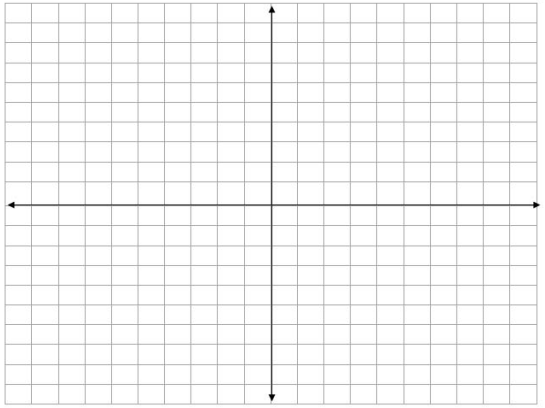
بخش چهارم

رابطه نرون و خط

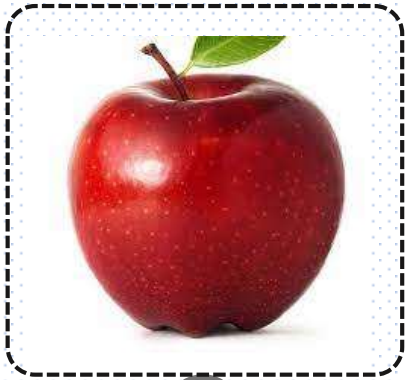
معرفی مدل پیشنهادی

رابطه نرون و خط جدا ساز

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

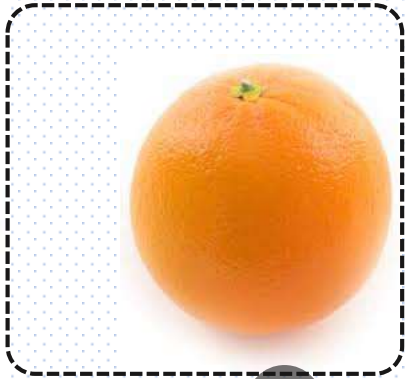


تشخیص کلاس



1

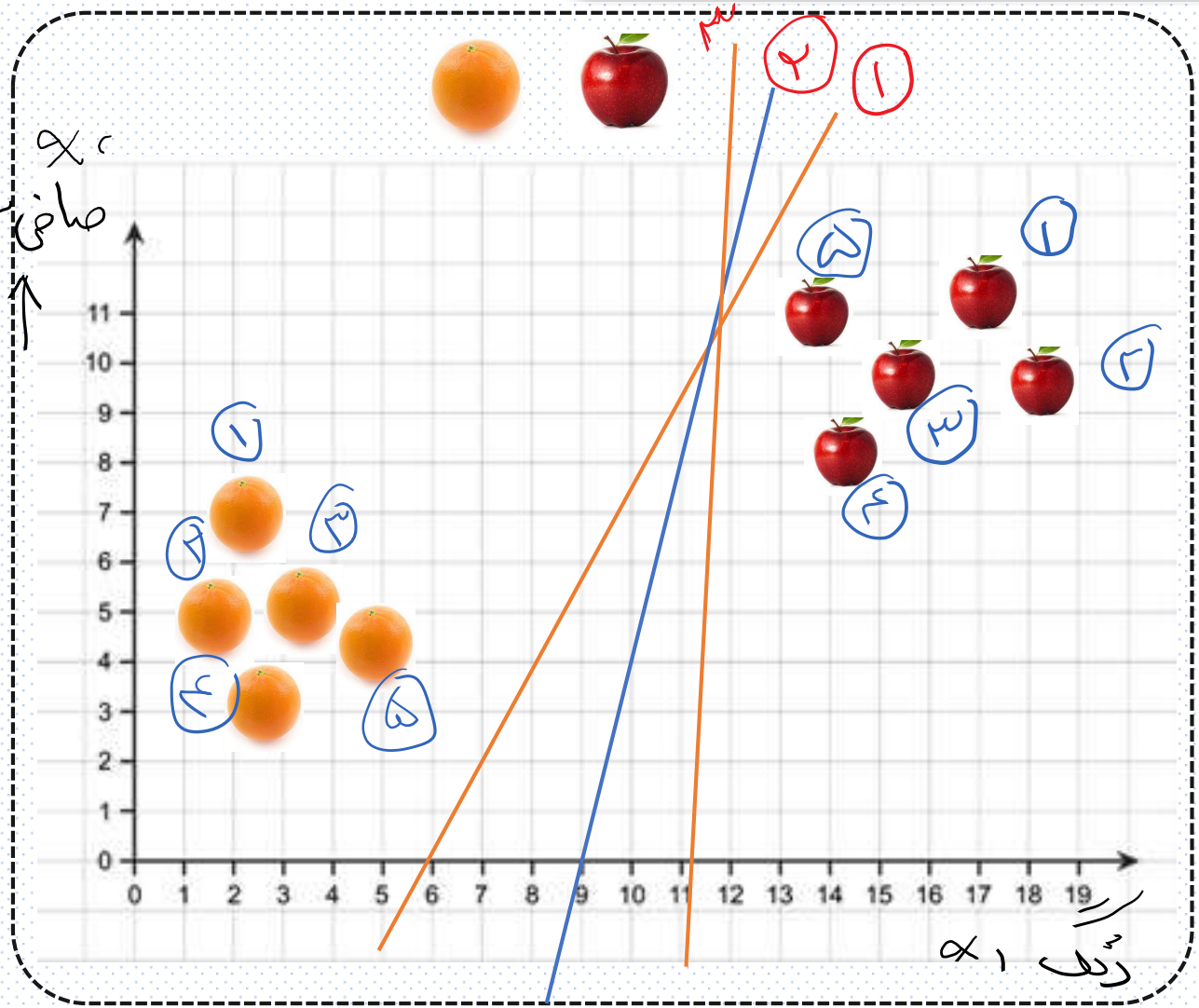
2



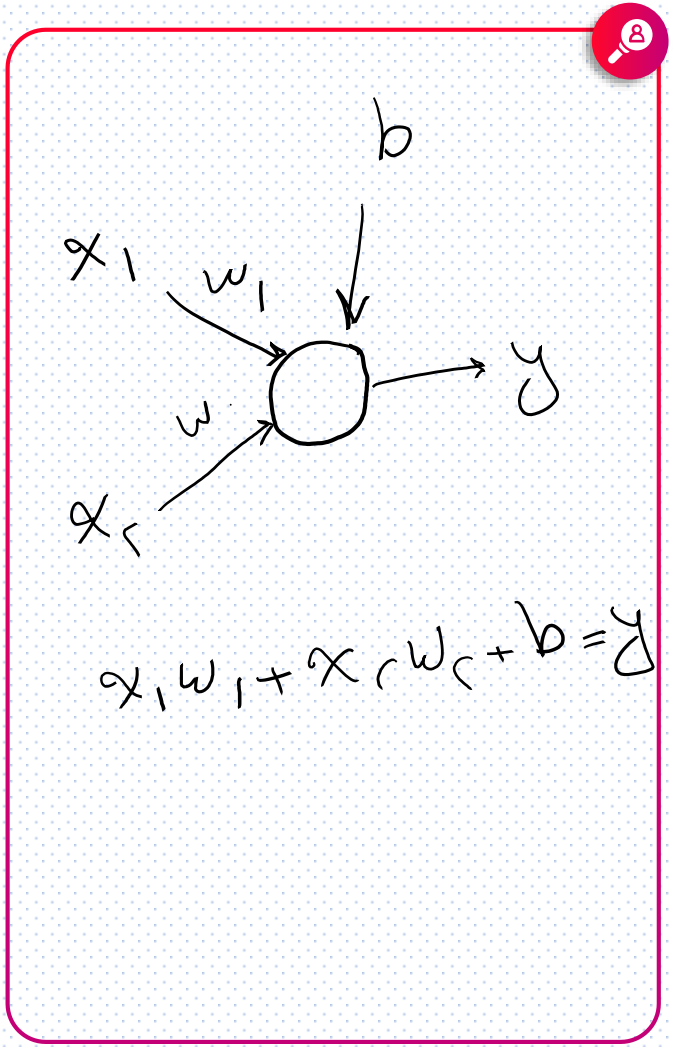
3

4

رابطه نرون و خط جدا ساز



تشخیص کلاس سیب و پرتقال



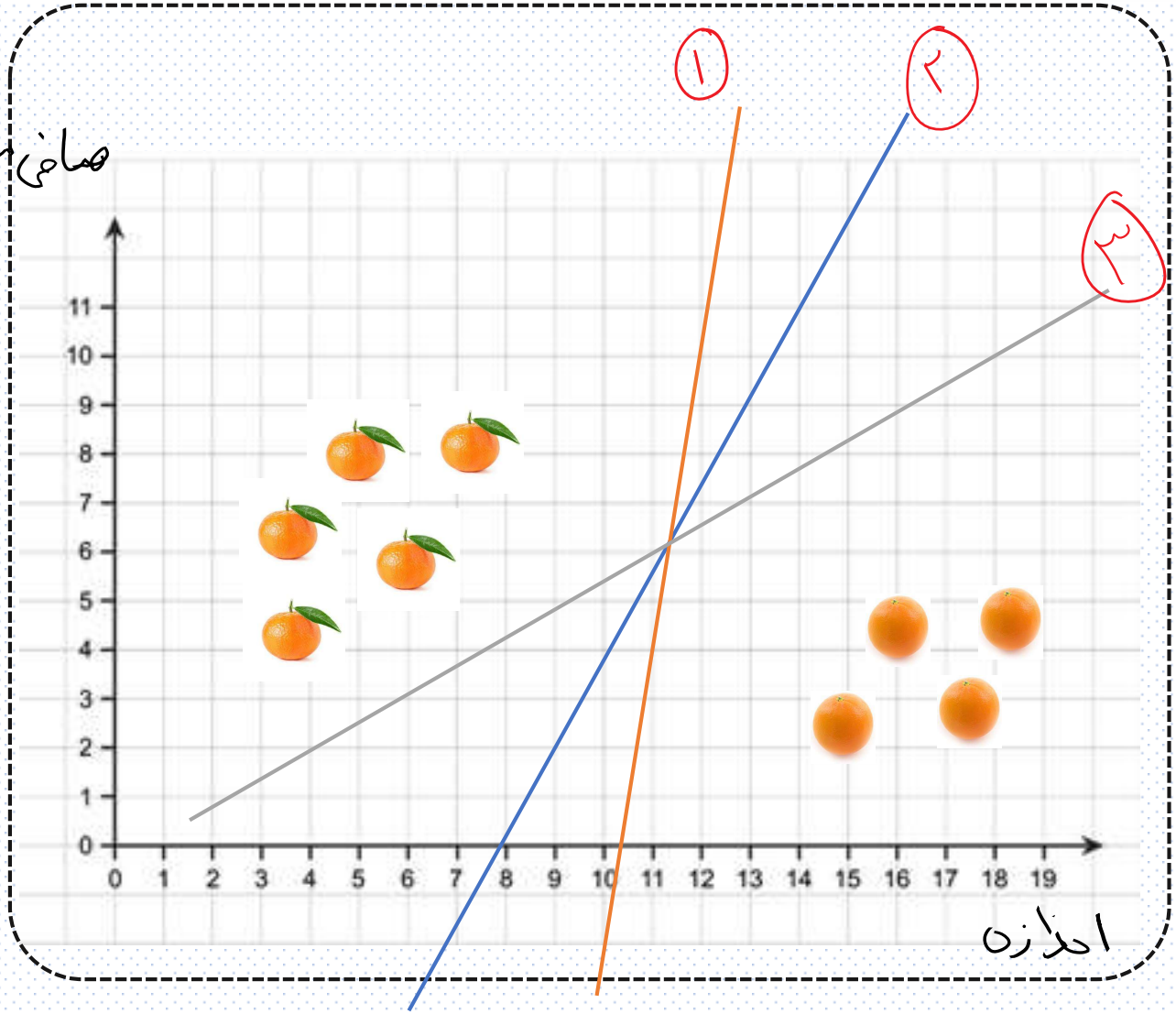
$$x_1 w_1 + x_2 w_2 + b = y$$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

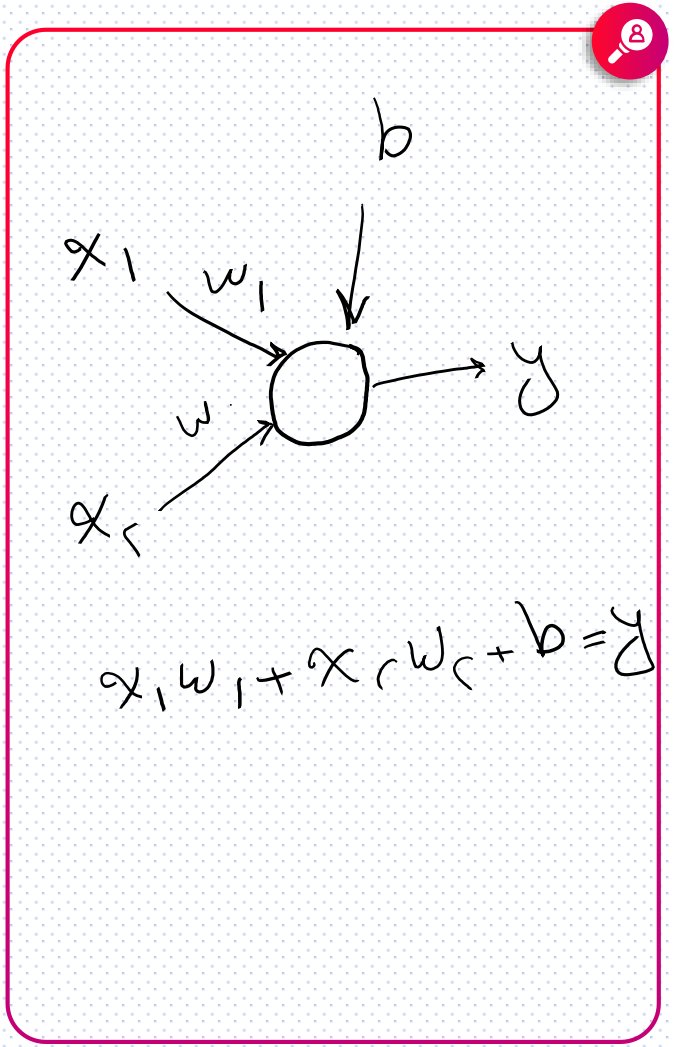
مدرس: ایمان ذباح

رابطه نرون و خط جدا ساز

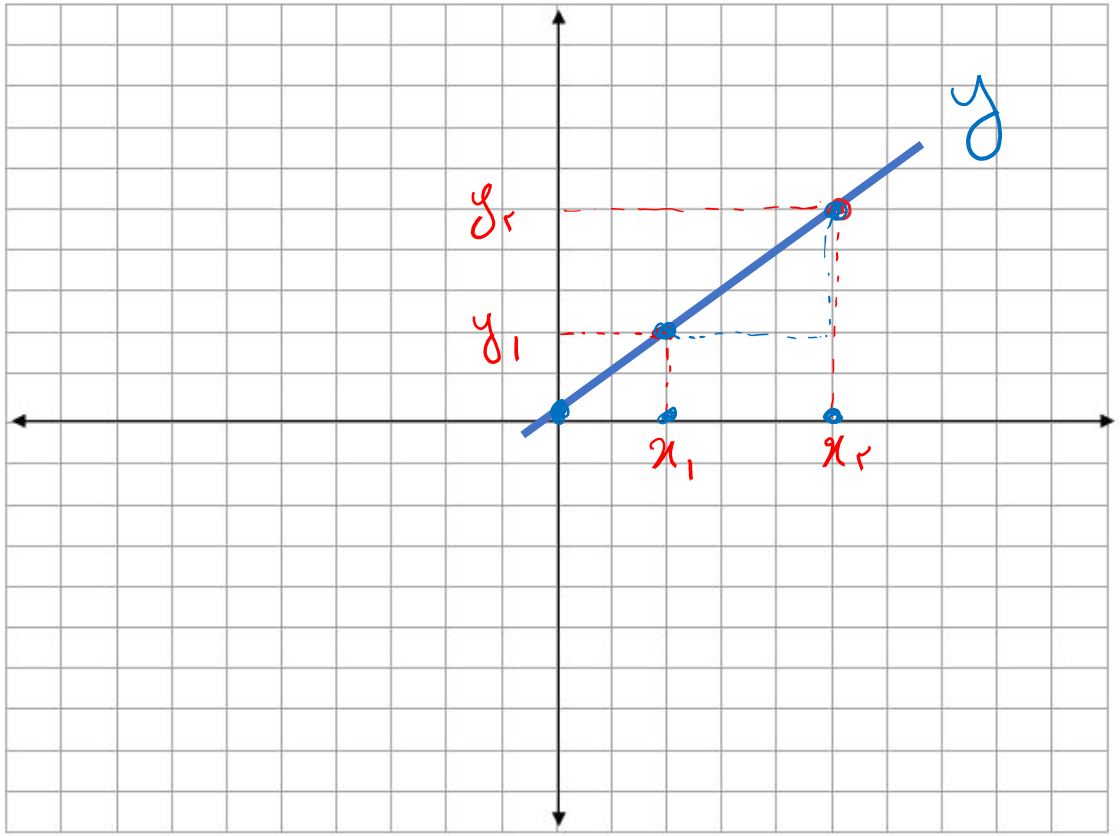
مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی



تشخیص کلاس نارنگی و پرتقال



رابطه نرون و خط جدا ساز



رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$y = ax + b$

a: شیب خط

b: عرض از مبدا

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3}{3} = 1$$

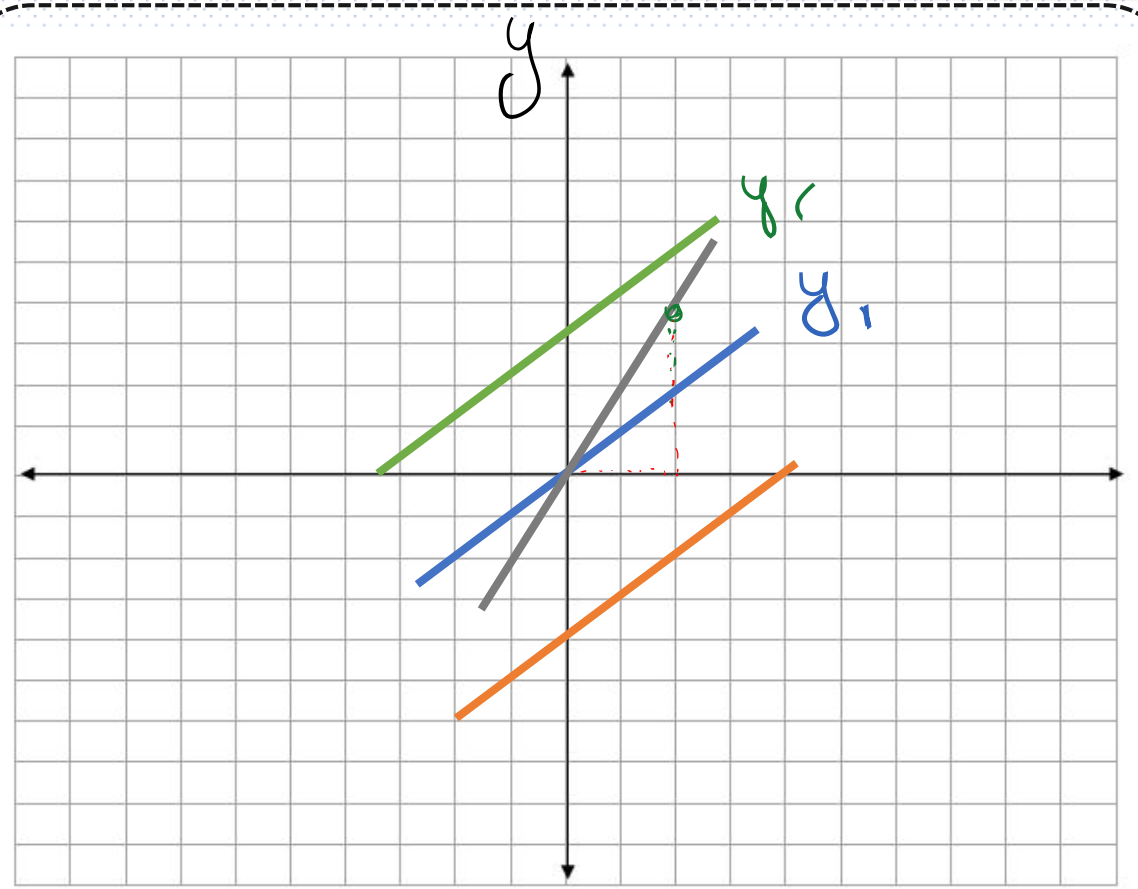
$y = x + 0$

$y = x$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

مدرس: ایمان ذباح

رابطه نرون و خط جدا ساز



رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$y_1 = x$

$y_2 = x + 3$

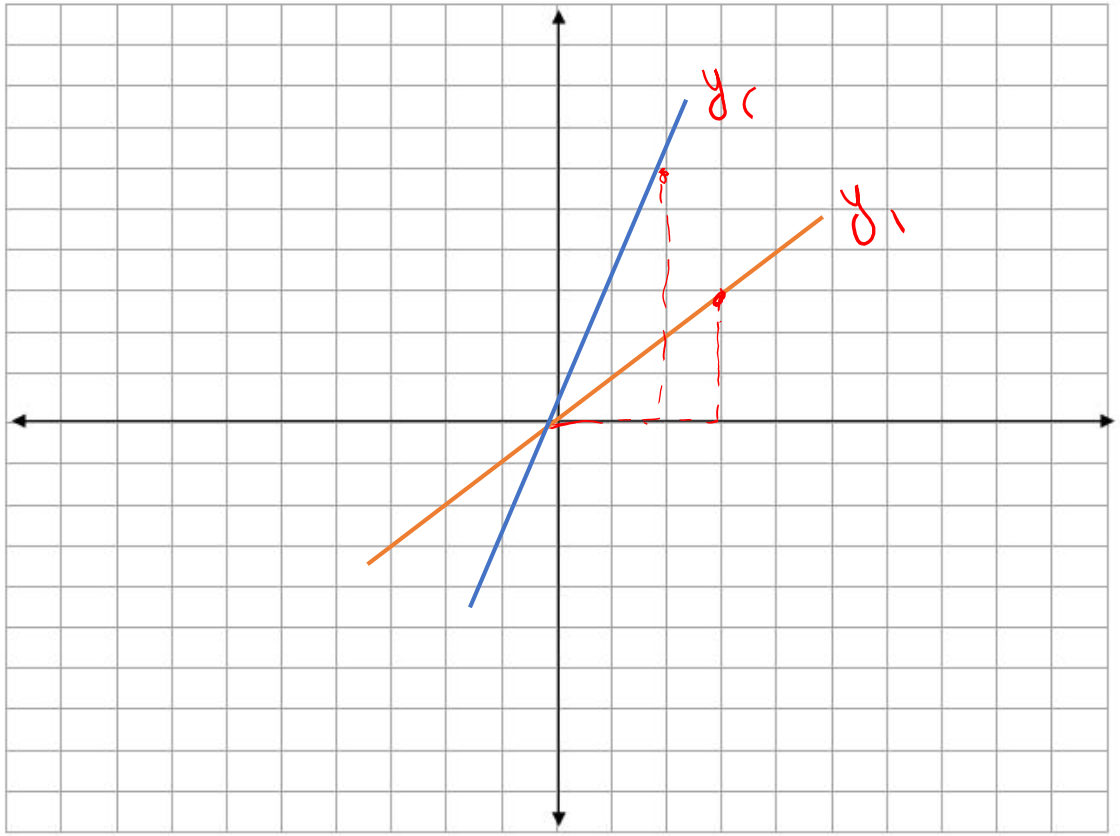
$y_3 = x - 3$

$y_4 = \frac{4}{2}x + 0$

$y_4 = 2x$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

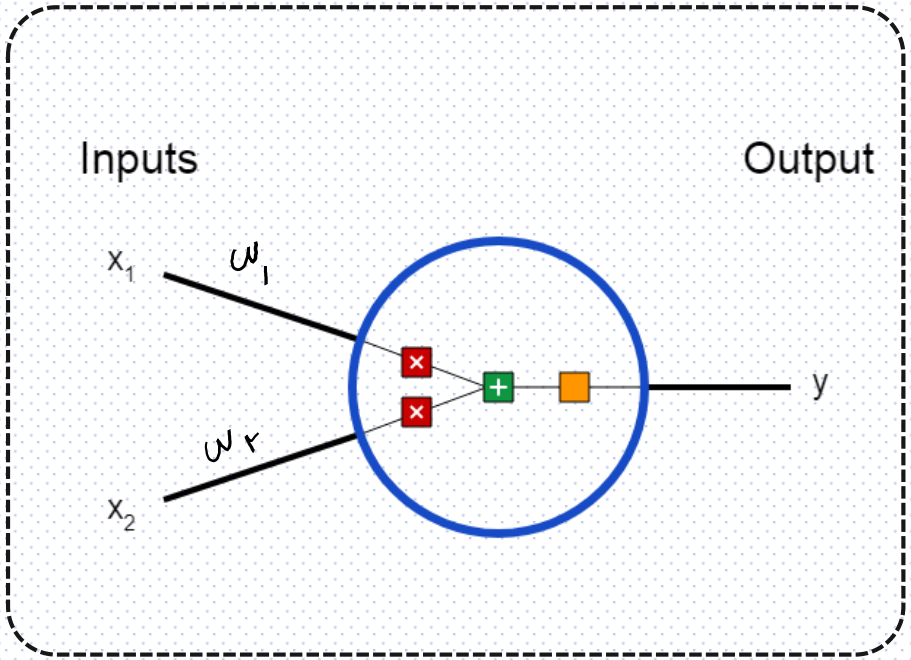
رابطه نرون و خط جدا ساز



رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز



رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$$x_1 w_1 + x_2 w_2 + b = 0$$

$$x_2 w_2 = -b - x_1 w_1$$

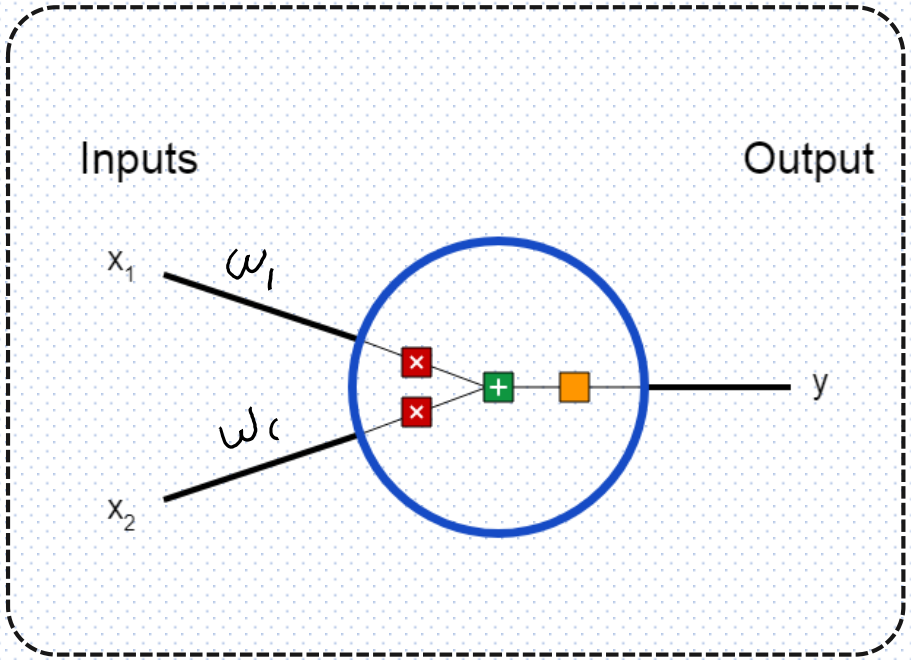
$$x_2 = \frac{-b}{w_2} - \frac{w_1}{w_2} x_1$$

عرض از مبدا b ، شیب a

$$x_2 = a x + b$$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز



رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + b = 0$$

$$w_2 x_2 = -w_1 x_1 - b$$

$$x_2 = \left(\frac{-w_1}{w_2}\right) x_1 + \left(\frac{-b}{w_2}\right)$$

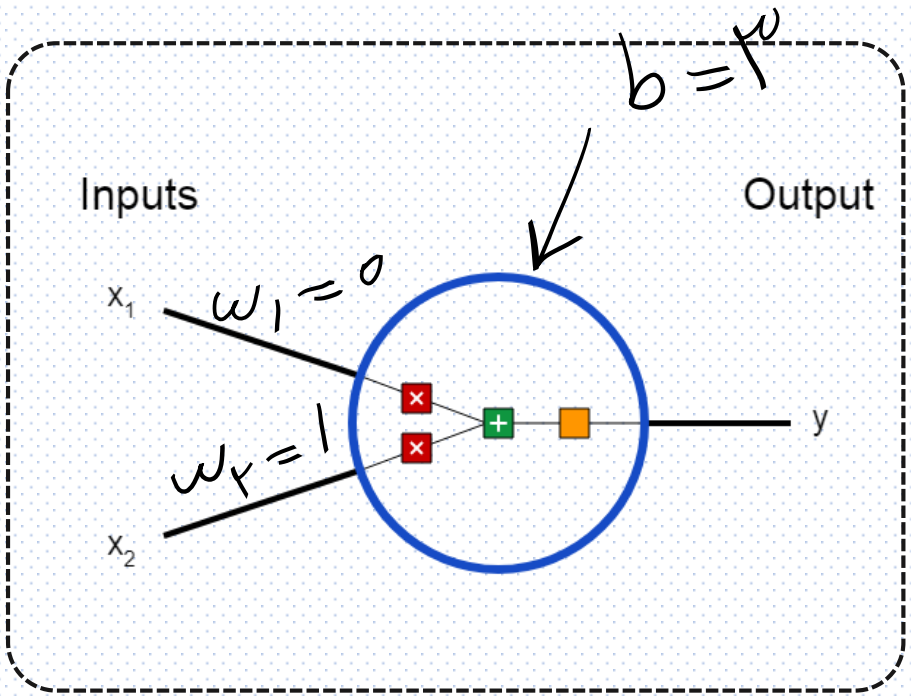
$$y = a x + b$$

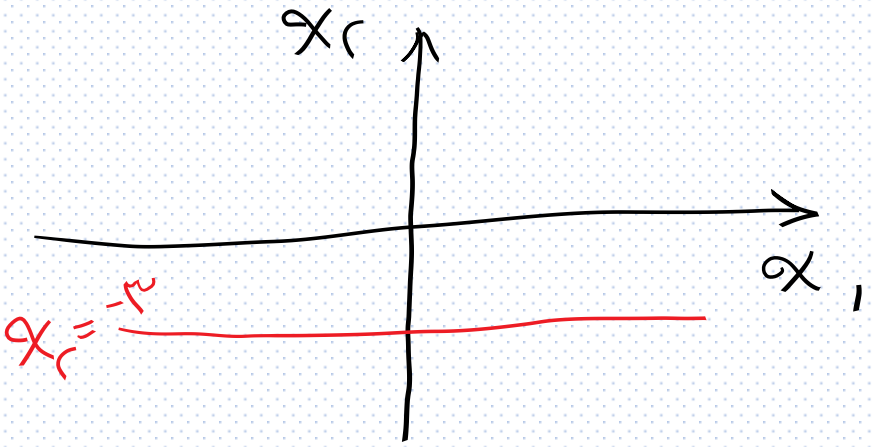
شیب خط — عرض از مبدا

$w_1 = ?$
$w_2 = ?$
$b = ?$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز





رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + b = 0$$

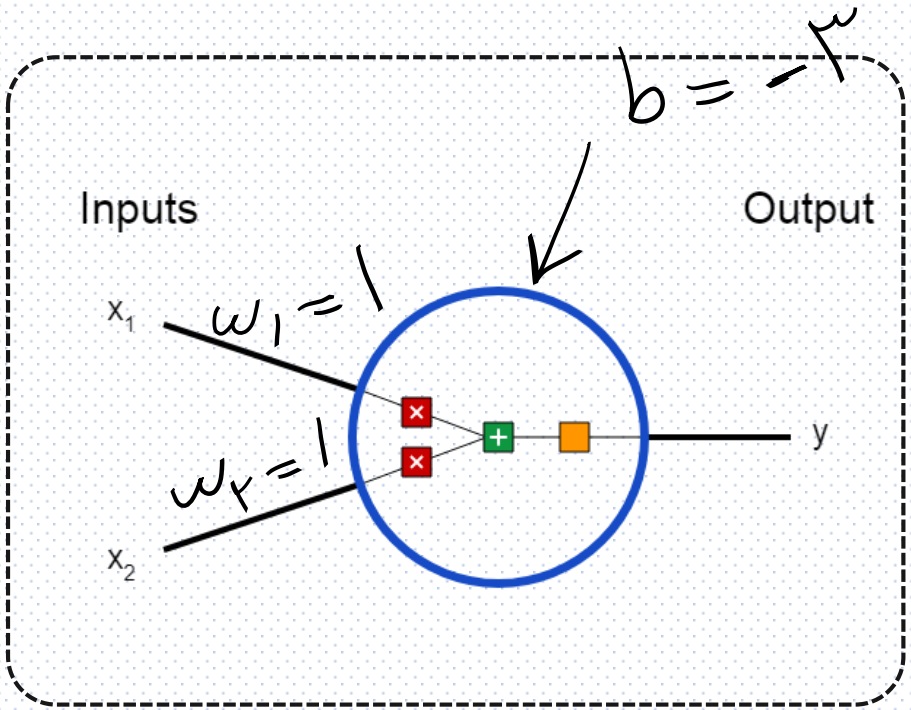
$$0 \cdot x_1 + w_2 x_2 + b = 0$$

$$x_2 + b = 0$$

$$x_2 = -3$$

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز



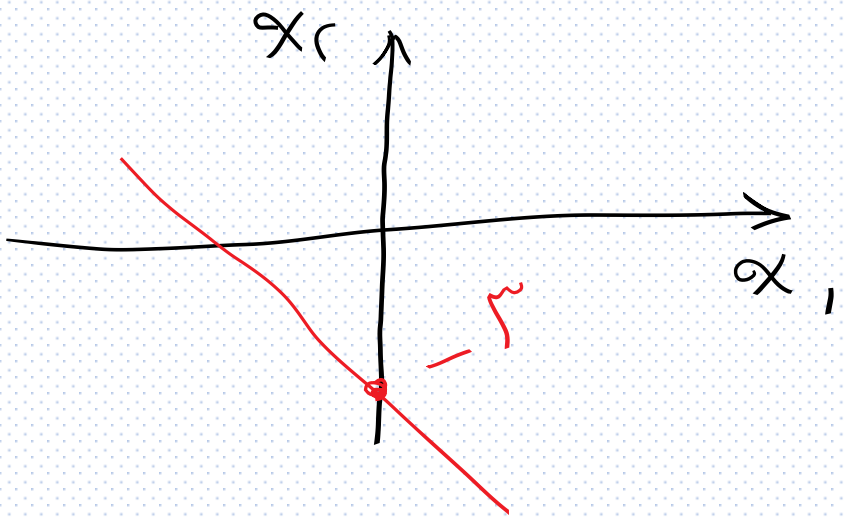
رابطه نرون و خط (یادآوری معادله خط)

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + b = 0$$

$$x_1 + x_2 = -3$$

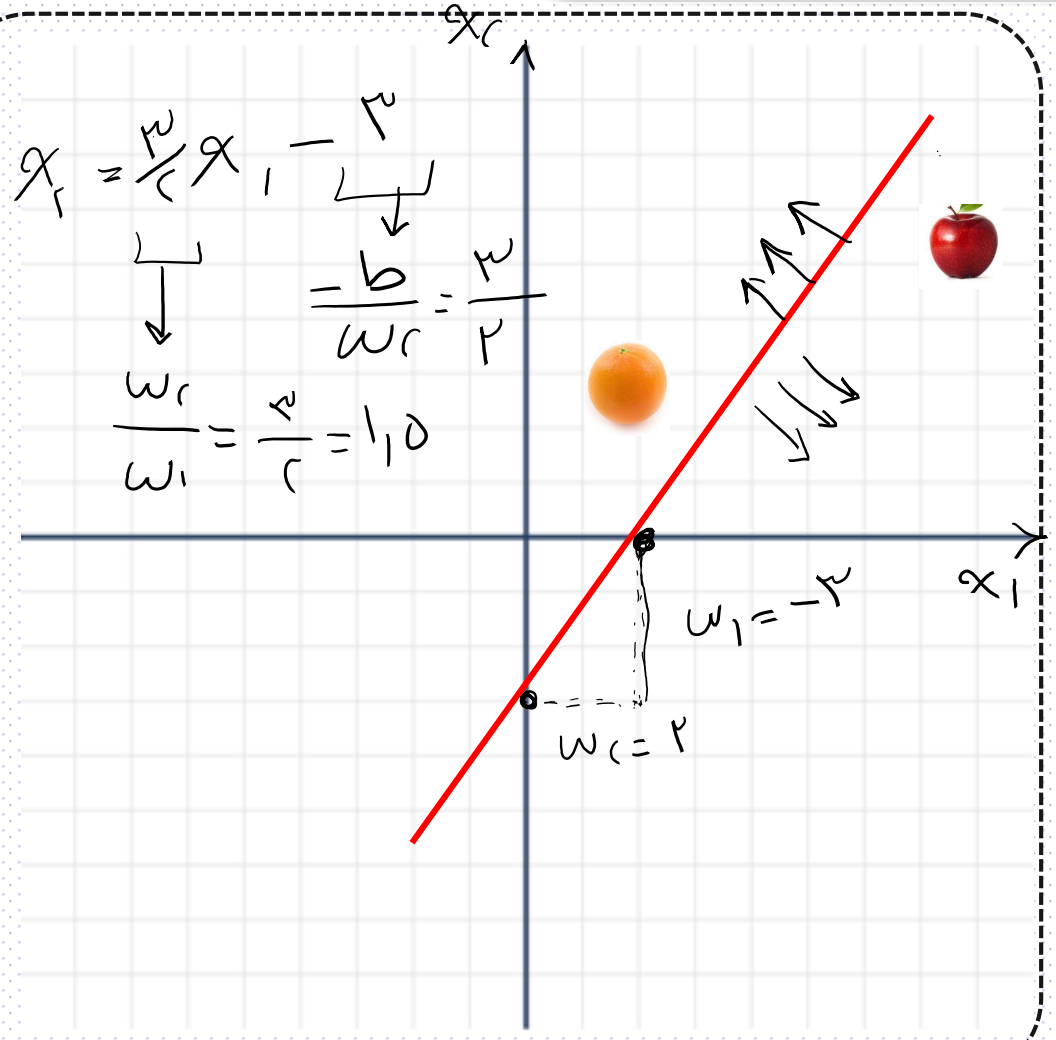
$$x_2 = -x_1 - 3$$

$$\begin{cases} w_1 = 1 \\ w_2 = 1 \\ b = -3 \end{cases}$$

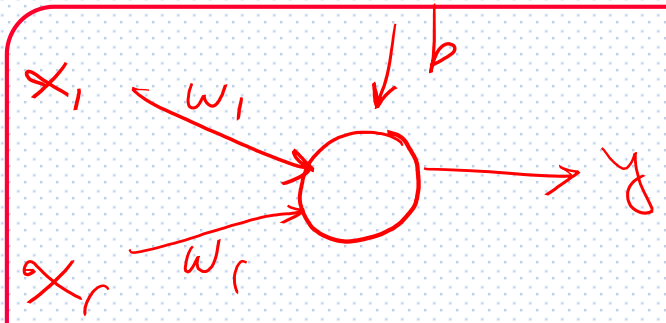


مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز



تشخیص کلاس سیب و پرتقال



$$w_1x_1 + w_2x_2 + b = 0$$

$$w_2x_2 = -w_1x_1 - b$$

$$x_2 = \boxed{\frac{-w_1}{w_2}}x_1 - \boxed{\frac{b}{w_2}}$$

شیب — عرض

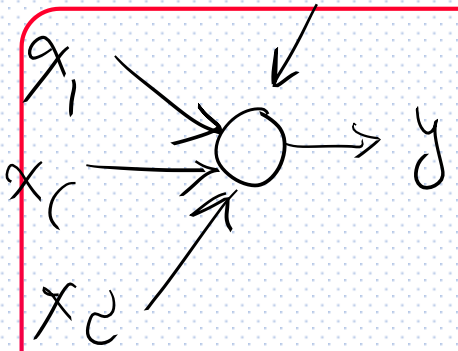
$$x_2 = \frac{3}{2}x_1 - 3$$

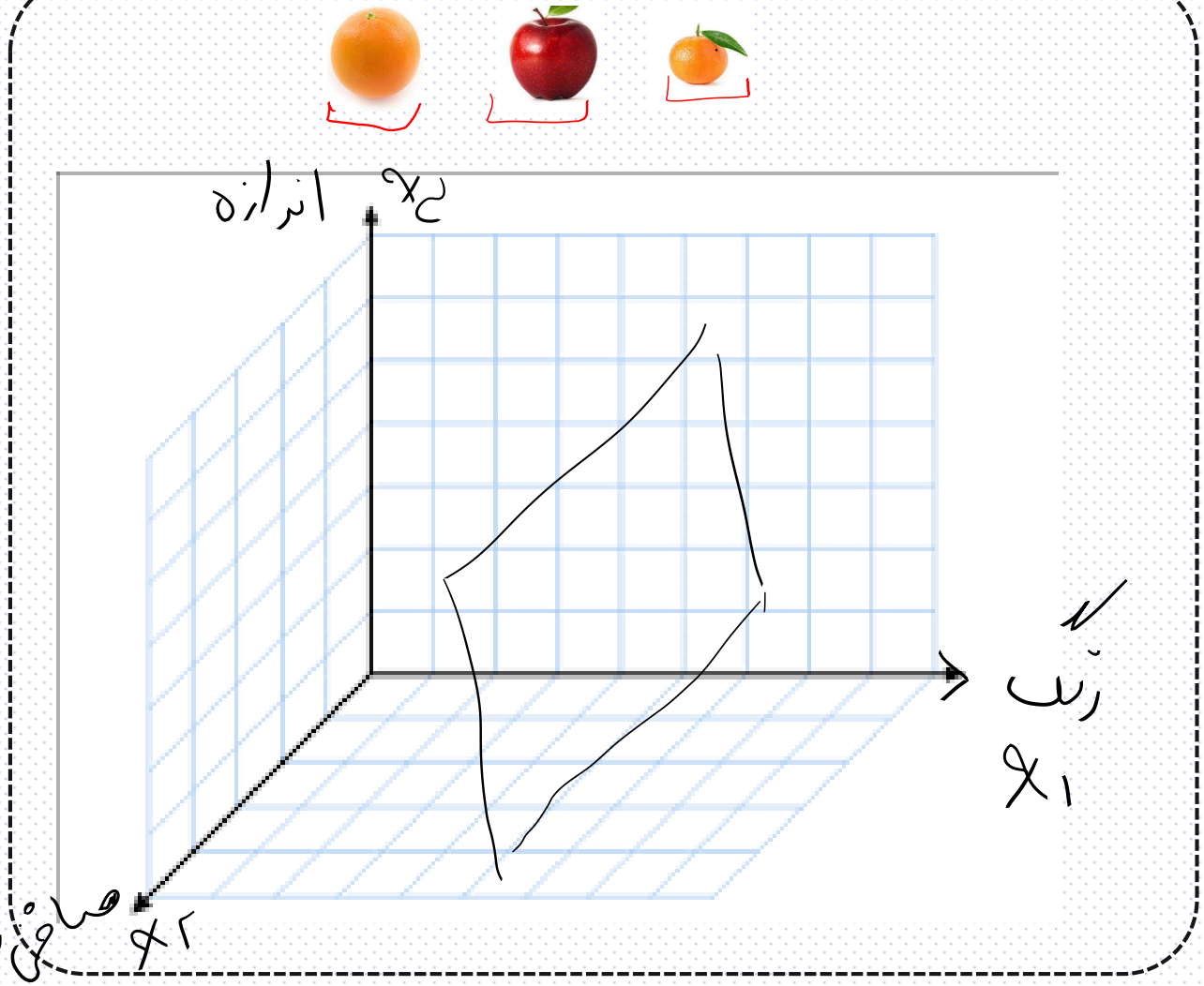
مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

رابطه نرون و خط جدا ساز

مقدمه پژوهش
تابع فعال ساز
رابطه نرون و خط
کاربرد توابع
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

تشخیص کلاس نارنگی و پرتقال و سیب





بخش پنجم

حل مساله

AND/OR

محاسبه and با استفاده از شبکه عصبی

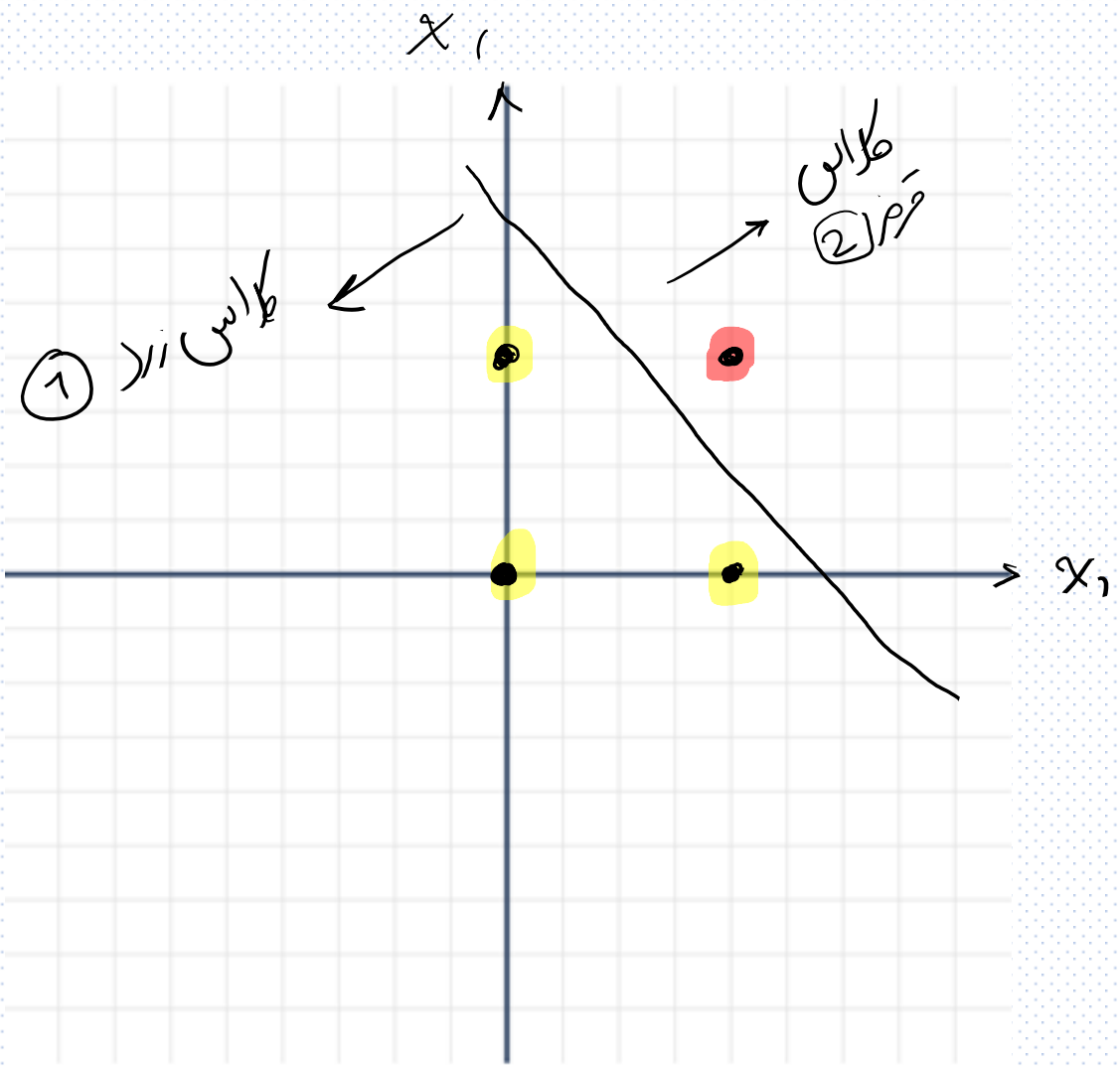
AND

input	output
00	0
01	0
10	0
11	1

کلاس ①

کلاس ②

x_1 x_2

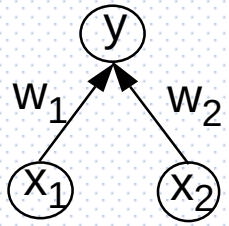


مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

محاسبه and با استفاده از شبکه عصبی

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

AND



$\theta = 0.5$

input	output
00	0
01	0
10	0
11	1

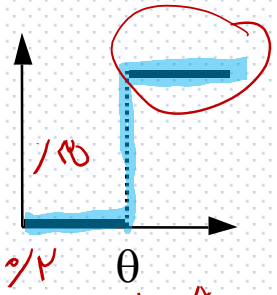
$f(x_1w_1 + x_2w_2) = y$

$f(0w_1 + 0w_2) = 0$

$f(0w_1 + 1w_2) = 0$

$f(1w_1 + 0w_2) = 0$

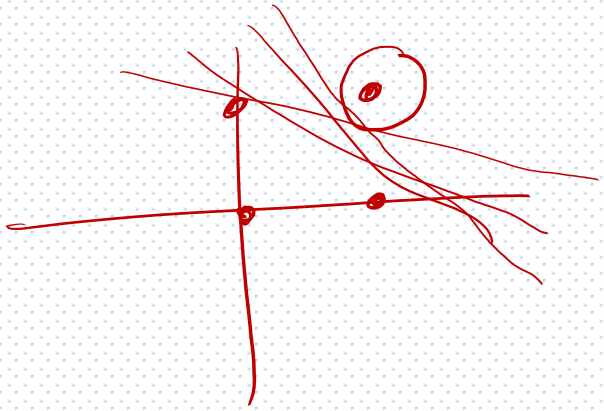
$f(1w_1 + 1w_2) = 1$



$$f(a) = \begin{cases} 1, \text{ for } a > \theta \\ 0, \text{ for } a \leq \theta \end{cases}$$

یک مجموعه از وزنهای قابل قبول

w_1	w_2
0.20	0.35
0.20	0.40
0.25	0.30
0.40	0.20

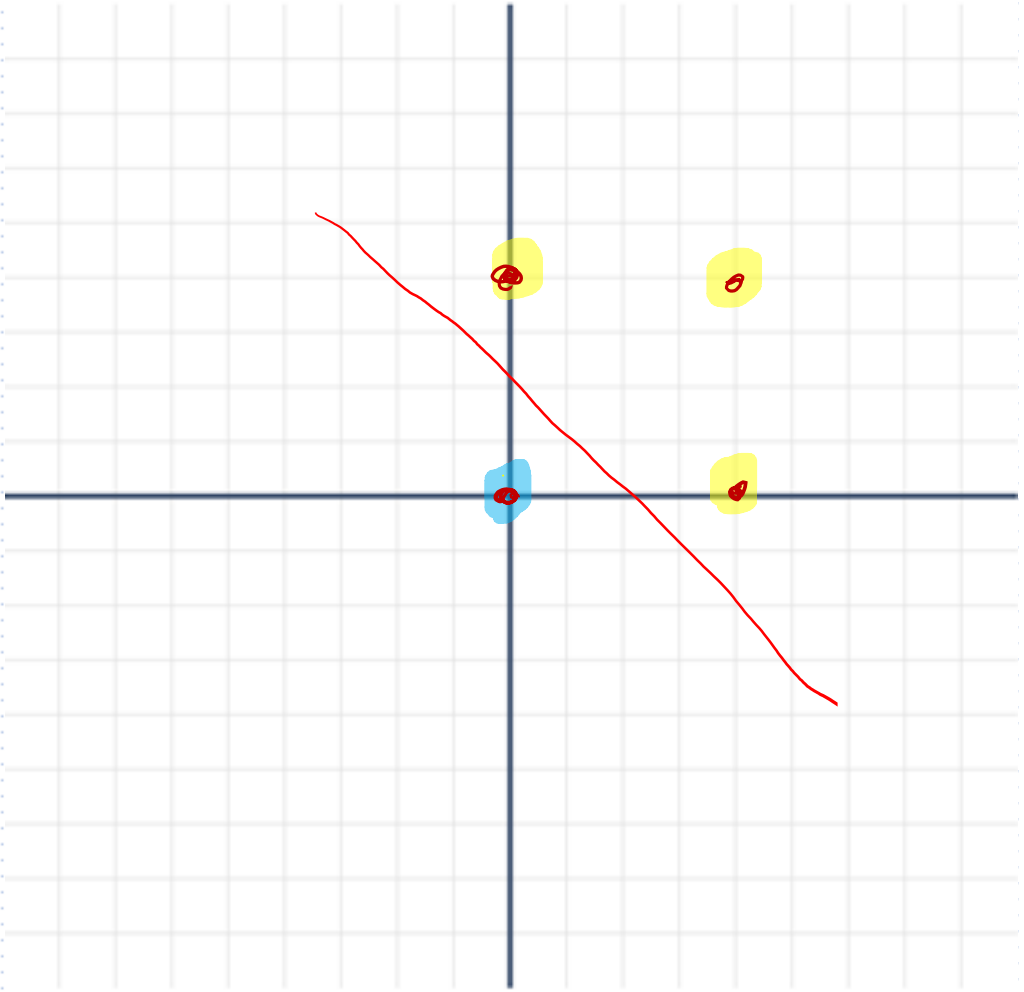


محاسبه ORبا استفاده از شبکه عصبی

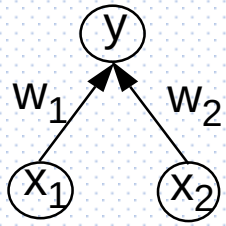
مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

OR

input	output
00	0
01	1
10	1
11	1



محاسبه ORبا شبکه عصبی



$\theta = 0.5$

input	output
00	0
01	1
10	1
11	1

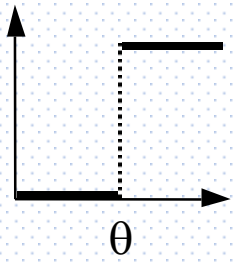
$f(x_1w_1 + x_2w_2) = y$

$f(0w_1 + 0w_2) = 0$

$f(0w_1 + 1w_2) = 1$

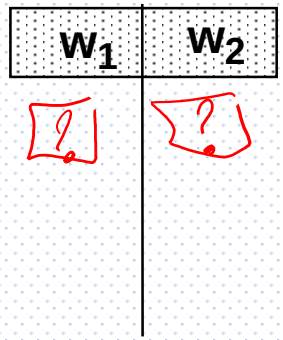
$f(1w_1 + 0w_2) = 1$

$f(1w_1 + 1w_2) = 0$



$$f(a) = \begin{cases} 1, \text{ for } a > \theta \\ 0, \text{ for } a \leq \theta \end{cases}$$

یک مجموعه از وزنهای قابل قبول

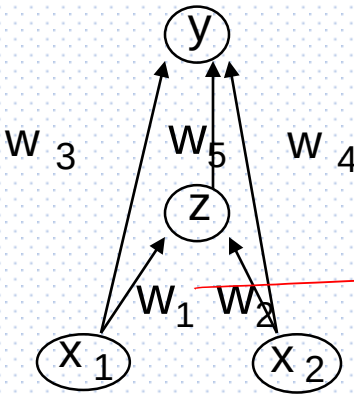


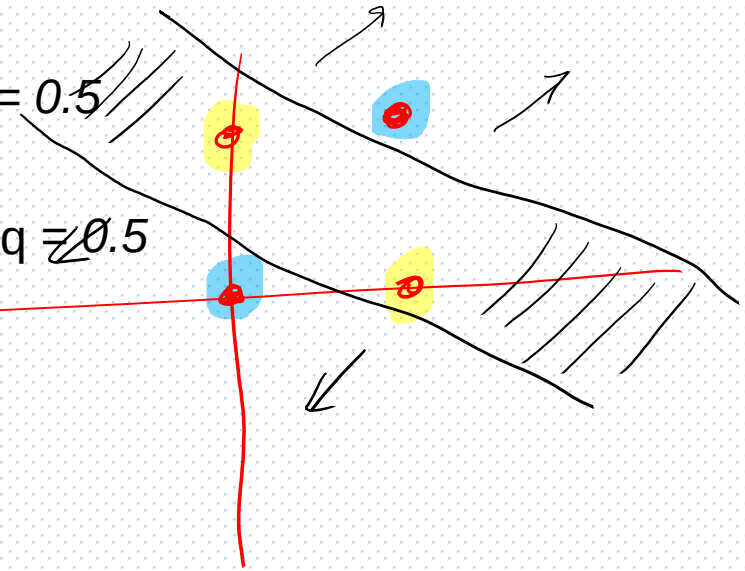
مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

بخش ششم

محاسبه xorبا شبکه

input	output
00	0
01	1
10	1
11	0



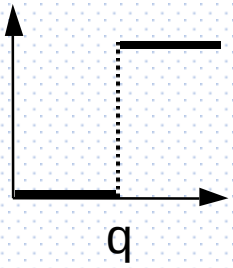


$f(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$

یک مجموعه از وزنهای قابل قبول

$(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$

(0.3,0.3,1,1,-2)

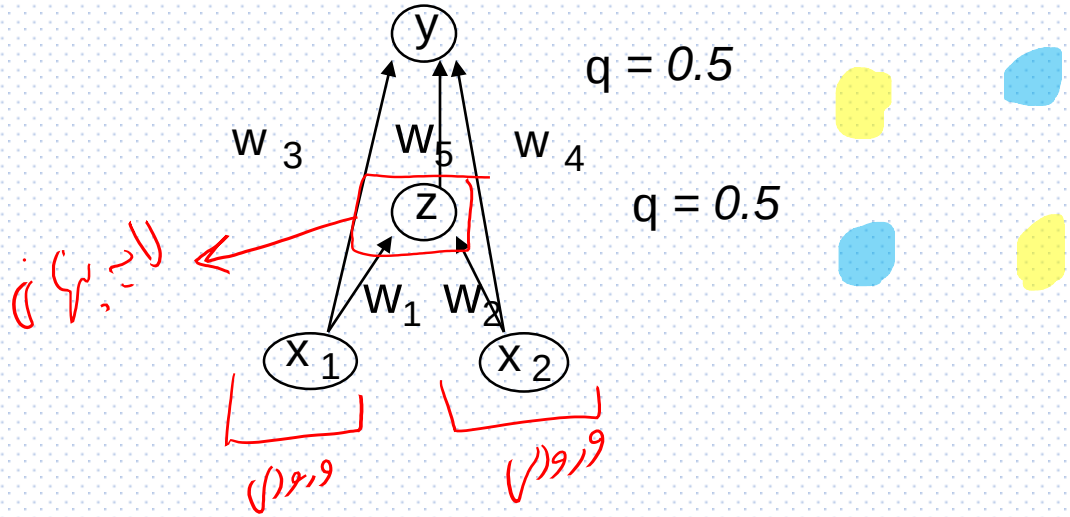


$$f(a) = \begin{cases} 1, \text{ for } a > q \\ 0, \text{ for } a \leq q \end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

محاسبه xor با شبکه

input	output
00	0
01	1
10	1
11	0

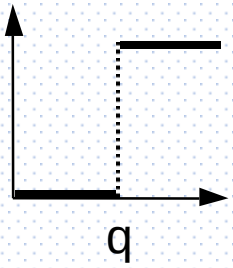


$f(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$

یک مجموعه از وزنهای قابل قبول

$(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5)$

(0.3,0.3,1,1,-2)

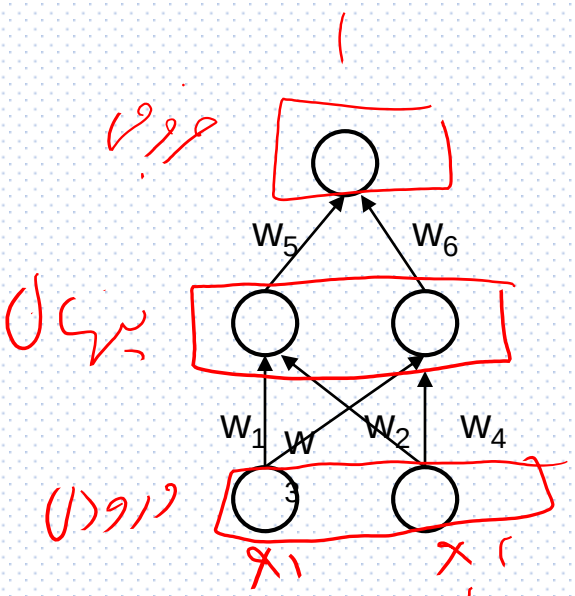


$$f(a) = \begin{cases} 1, \text{ for } a > q \\ 0, \text{ for } a \leq q \end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

محاسبه xorبا شبکه

input	output
00	0
01	1
10	1
11	0



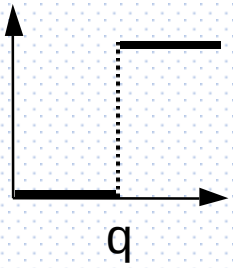
$q = 0.5$ for all units

$f(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6)$

یک مجموعه از وزنهای قابل قبول

$(W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6)$

(0.6,-0.6,-0.7,0.8,1,1)



$$f(a) = \begin{cases} 1, \text{ for } a > q \\ 0, \text{ for } a \leq q \end{cases}$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

بخش هفتم

مثال کاربردی

شبکه های عصبی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

ID	میانگین حساب (x1)	سابقه (x2)	بازپرداخت وام (target)
۱	۰/۰۵	۰/۱۰	بلی
۲	۰/۰۴	۰/۱۵	خیر
۳	۰/۱۰	۰/۰۹	خیر
۴	۰/۱۰	۰/۱۲	بلی
...	...	...	...

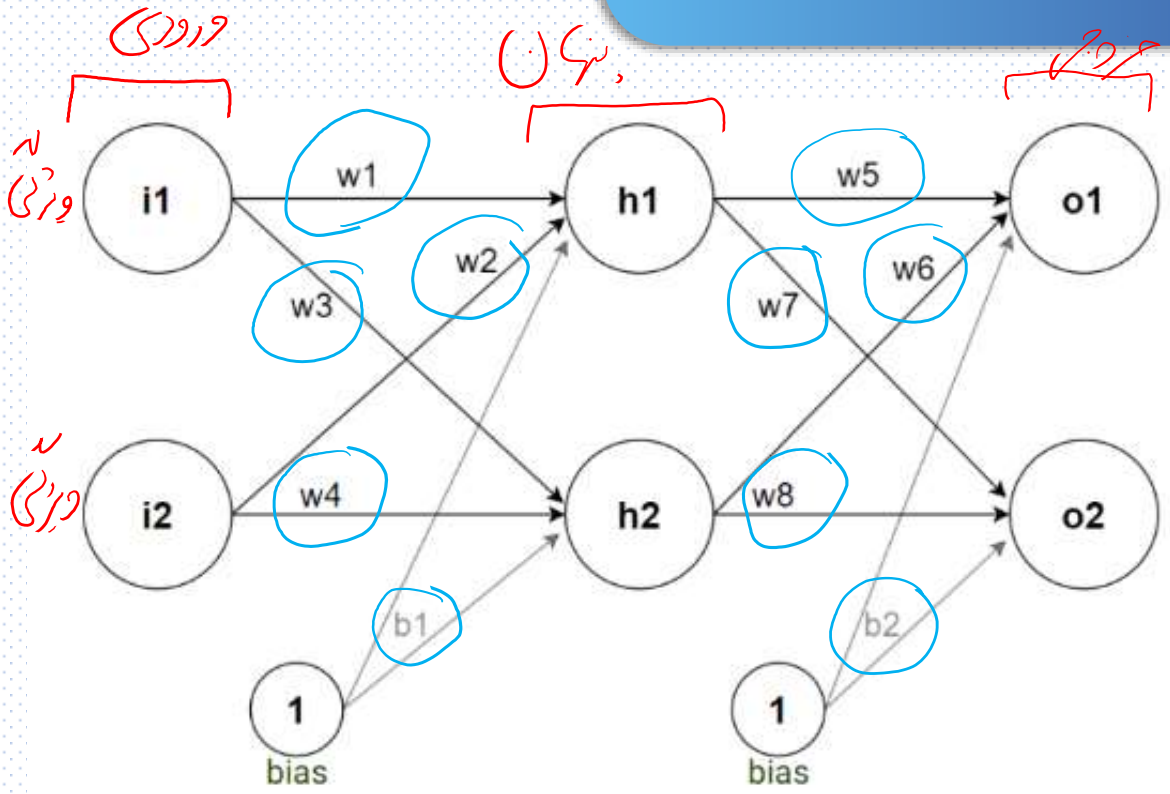
ویژگی ۱

ویژگی ۲

x1

x2

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

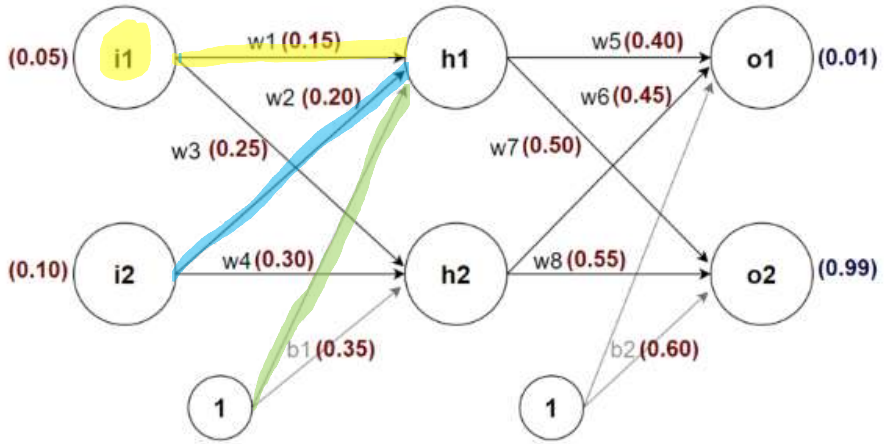


وام

عدم وام

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی



فرمول محاسبه خروجی خالص $net_{h1} = w1 \times i1 + w2 \times i2 + b1 \times 1$

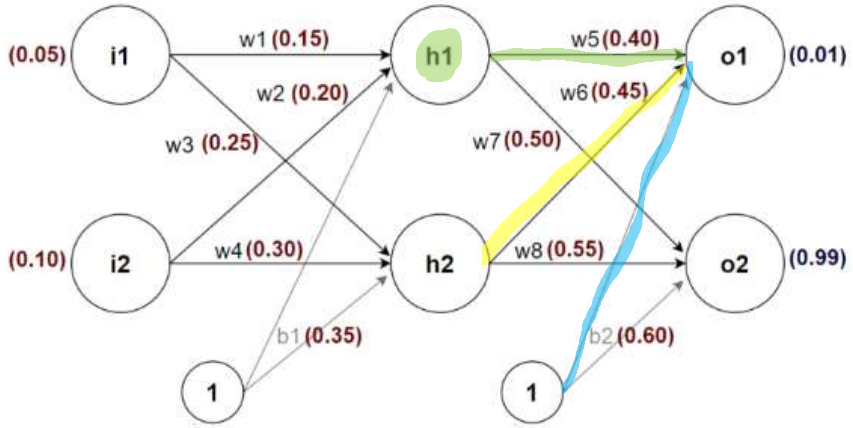
محاسبه خروجی خالص $net_{h1} = 0.15 \times 0.05 + 0.2 \times 0.1 + 0.35 \times 1 = 0.3775$

فرمول تابع سیگموید $out_{h1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{h1}}}$

خروجی نهایی پس از اعمال تابع سیگموید $out_{h1} = \frac{1}{1 + e^{-0.3775}} = 0.5932$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی



فرمول محاسبه خروجی خالص

$$net_{o1} = w5 \times out_{h1} + w6 \times out_{h2} + b2 \times 1$$

محاسبه خروجی خالص

$$net_{o1} = 0.4 \times 0.5932 + 0.45 \times 0.5968 + 0.6 \times 1 = 1.1059$$

فرمول تابع سیگموید

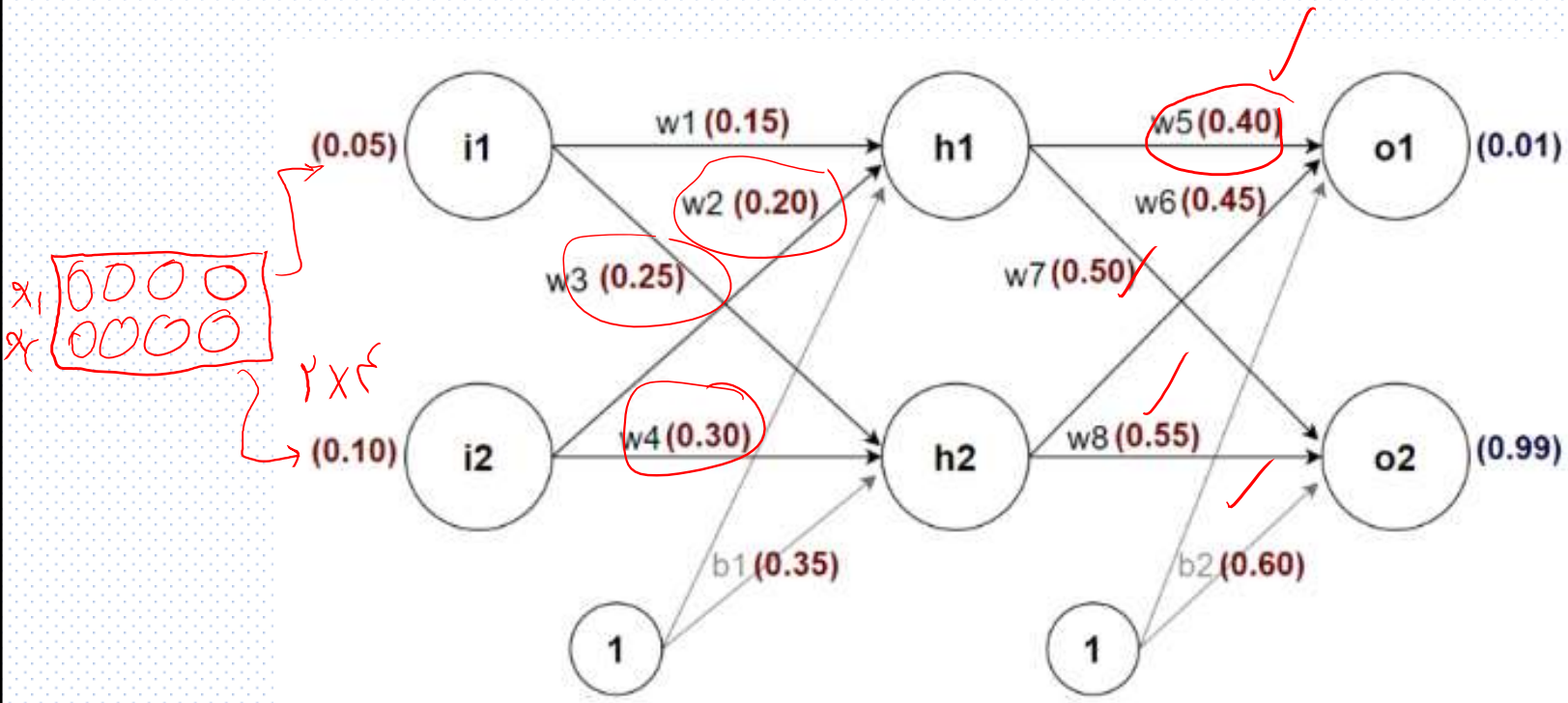
$$out_{o1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{o1}}}$$

خروجی نهایی پس از اعمال تابع سیگموید

$$out_{o1} = \frac{1}{1 + e^{-1.1059}} = 0.7513$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی



$$out_{h2} = 0.5968$$

$$out_{o2} = 0.7729$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

خروجیِ مورد نظر — خروجیِ الگوریتم

$$E_{total} = \sum \frac{1}{2}(target - output)^2$$

هدف	خروجی	خطا
۰/۸	۰/۷	$(۰/۱)^۲$
۰/۵	۰/۳	$(۰/۲)^۲$

۰/۳

خروجی مورد انتظار از o1 — خروجی o1 الگوریتم

خطای o1

$$E_{o1} = \frac{1}{2}(0.01 - 0.7513)^2 = 0.2748$$

خروجی مورد انتظار از o2 — خروجی o2 الگوریتم

خطای o2

$$E_{o2} = \frac{1}{2}(0.99 - 0.7729)^2 = 0.0235$$

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

در اینجا جمع خطاهای o1و o2برابر ۰/۲۹ می‌شود. حال بایستی این خطا را به وزن‌ها اعلام کنیم تا وزن‌ها خود را با این خطا آپدیت کنند. هر چقدر خطا بیشتر باشد، وزن‌ها بایستی بیشتر آپدیت شوند. آپدیت کردن وزن‌ها در این مرحله با استفاده از قانون مشتق جزئی اجرا می‌شود.

$$E_{total} = E_{o1} + E_{o2} = 0.2983$$

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial w5} = \frac{\partial E_{total}}{\partial out_{o1}} \times \frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} \times \frac{\partial net_{o1}}{\partial w5}$$

مشتق جزئی Etotal با توجه به خروجی o1

مشتق جزئی خروجی خالص o1 با توجه به w5

مشتق جزئی خروجی o1 با توجه به خروجی خالص o1

به این عملیات که در بالا انجام دادیم در در اصطلاح «قانون دلتا» یا همان « «delta ruleگفته می‌شود.

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial w5} = 0.7413 \times 0.1868 \times 0.5932 = 0.0821$$

وزن قدیم — مقدار اختیاری اِتا (آلفا)

فرمول وزن جدید $$w_5^+ = w_5 - \eta \times \frac{\partial E_{total}}{\partial w5}$$

وزن جدید $$w_5^+ = 0.4 - 0.5 \times 0.0821 = 0.3589$$

در اینجا آلفا یک مقدار ثابت است که معمولاً توسط کاربر به الگوریتم به عنوان پارامتر داده می‌شود که هر چقدر کمتر باشد، الگوریتم آرام‌تر یادگیری را انجام می‌دهد و به اصطلاح با حوصله‌ی بیشتری هر کدام از وزن‌ها را آپدیت می‌کند.

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

حل مثال کاربردی از شبکه عصبی

تا به اینجای کار مشاهده کردیم که با استفاده از مشتق و قانون دلتا، وزن w5را به مقداری مورد نظر آپدیت کردیم. به همین ترتیب بقیه‌ی وزن‌ها را نیز می‌توانیم آپدیت کرده و به سراغ نمونه‌ی بعدی (مشتری بعدی) در مجموعه‌ی آموزشی برویم. هنگامی که تمامیِ مشتریان یکی یکی توسط الگوریتم مشاهده شدند، یک دور ((epochاز الگوریتم پایان می‌پذیرد. در دورهای بعدی دومرتبه تمامی مشتریان از اول تا انتها به الگوریتم تزریق شده و این کار به تعداد دور دلخواه ادامه پیدا می‌کند. معمولاً هر چقدر تعداد دورهای الگوریتم بیشتر باشد، دقت بالاتر رفته و یادگیری بهتر انجام می‌شود.

مقدمه
تابع فعال ساز
کاربرد توابع
رابطه نرون و خط
حل مساله AND/OR
حل مساله XOR
مثال کاربردی

پایان فصل اول