



المحاضرة السابعة

الذكاء الصناعي (*Artificial Intelligent*)

إعداد

الدكتور المهندس فراس الزين

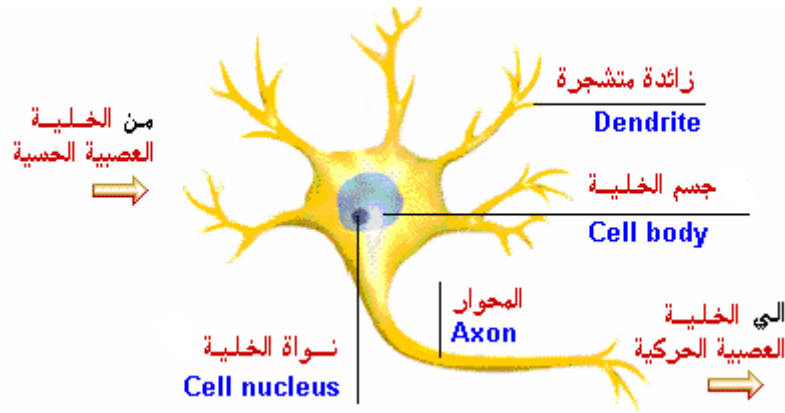
الكلمات المفتاحية

الذكاء , المعرفة , الذكاء الصناعي , ليسب , برولوج , تمثيل , مرونة , تحكم , شبكة ,
عصبون , بيرسبترون , طبقة , دخل , خرج , مخفي , تابع , تفعيل , أسي , عقدة .

*Intelligent , knowledge , , Artificial intelligent , A. I. , lisp , prolog ,
representation , flexibility , control , network , neuron , perceptron ,
layer , input , output , hidden , function , activation , sigmoid , node .*

ثانيا - الشبكات العصبونية

يمكن اعتبار الشبكات العصبونية على أنها تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة معينة، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد (Nodes , Neurons) ، والتي لها خاصية عصبية من حيث أنها تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان.



تتشابه الشبكات العصبونية مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تسمى الأوزان التشابكية .

كما أن للإنسان وحدات إدخال توصله بالعالم الخارجي وهي حواسه الخمس، فذلك الشبكات العصبونية تحتاج لوحدة إدخال , و وحدات معالجة يتم فيها عمليات حسابية تضبط بها الأوزان و نحصل من خلالها على ردة الفعل المناسبة لكل مدخل من المدخلات للشبكة .

فوحدة الإدخال تكون طبقة تسمى طبقة المدخلات، و وحدات المعالجة تكون طبقة المعالجة وهي التي تخرج نواتج الشبكة .وبين كل طبقة من هذه الطبقات هناك طبقة من الوصلات البيئية التي تربط كل طبقة بالطبقة التي تليها والتي يتم فيها ضبط الأوزان الخاصة بكل وصلة بينية، وتحتوي الشبكة على طبقة واحدة فقط من وحدات الإدخال ، ولكنها قد تحتوي على أكثر من طبقة من طبقات المعالجة .

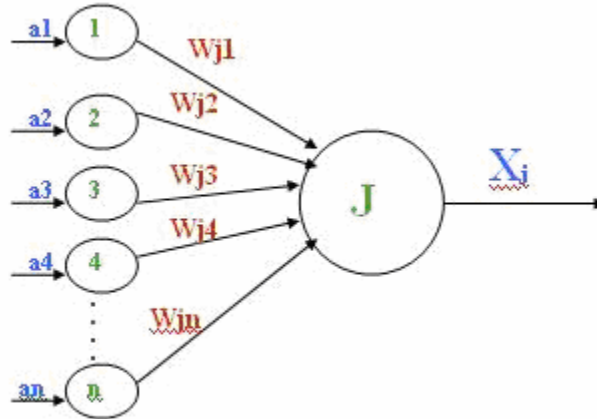
قدمت الشبكات العصبونية بعض الحلول والتطبيقات في عدة مجالات نذكر منها :

- تمييز الأنماط والتعرف على الصور .
- القدرة على التعرف على الصور المشوهة .
- إكمال الصور التي فقدت جزءاً منها، مثل الصور المرسلّة بواسطة الأقمار الصناعية

- عمليات التصنيف إلى عدد من الفئات. مثل تصنيف الحيوانات إلى أليفة و مفترسة .
- الذكاء الاصطناعي
- التعرف على الأشخاص
- التعرف على المواقف
- التعرف على الصوت أو الصورة إلخ
- التعرف على الخطوط و الكتابة باليد
- التحكم
- محاكاة الأنظمة
- النمذجة
- الفلترة

في نهاية الخمسينيات، بدأ فرانك روزنبلات (Rosenblatt) و آخرين بالعمل على ما يدعى اليوم بالبيرسيبترون ، **Perceptron** ، حيث كان قادرا على فصل النقاط القابلة للفصل خطيًا دون النقاط غير القابلة للفصل خطيا , و هذا ما اعتبر عيبا ضخما في البيرسيبترون.

تتكون الشبكات العصبونية من مجموعة من وحدات المعالجة ويسمى كل منها بالعصبون ، والشكل (١) يبين نموذجا لا خطيا وبسيطا للعصبون الاصطناعي:



الشكل (١)

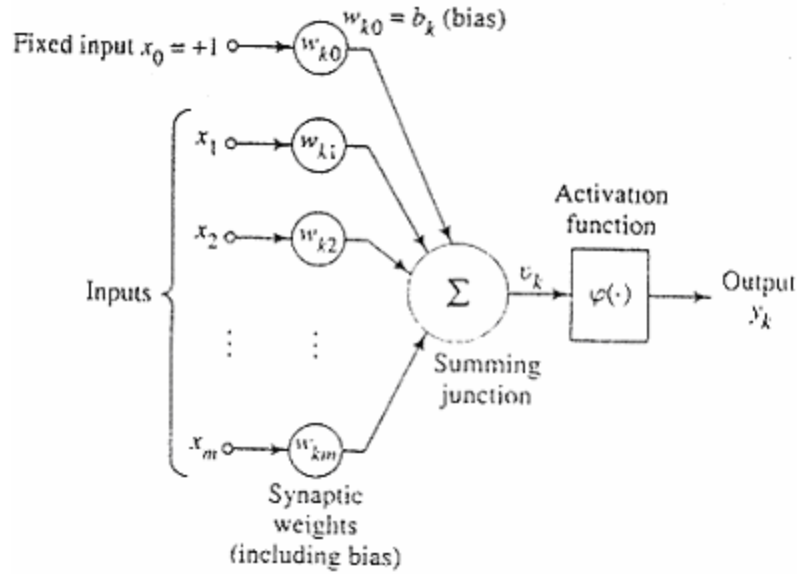
نلاحظ أن العصبون يتألف من:

1. إشارات الدخل (a_1, a_2, \dots, a_n) .
2. قوى الأوزان $(W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jn})$ ، يعبر الوزن عن قوة (شدة) الارتباط بين العنصر و العنصر الذي يقع قبله .
3. J - عنصر المعالجة و يتألف من قسمين هما :
 - الجامع (Adder) - لجمع إشارات الدخل .

- تابع النقل أو تابع التفعيل (Activation Function) - يطلق عليه تابع التخميد لأنه يجعل قيم الخرج ضمن المجال $[0,1]$ أو $[-1,1]$.
- 4. الخرج (Output) - (X_j) .

الوصف الرياضي للعصبون

رياضيا يمكن تمثيل العصبون على الشكل التالي :



حيث :

إشارات الدخل : X_1, X_2, \dots, X_m

الأوزان المشبكة للنيرون : $W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}$

الانحياز : b_k

الخرج الخطي للجامع : U_k

تابع التحويل : $\phi(.)$

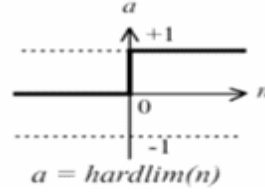
توابع التحويل

تحدد توابع التحويل من خرج العصبون , ويجب أن يمتلك الخواص التالية :

- أن يكون تابعا مستمرا
- أن يكون قابلا للاشتقاق ومشتقه سهل الحساب.
- غير متناقص
- أن يكون انسيابيا.

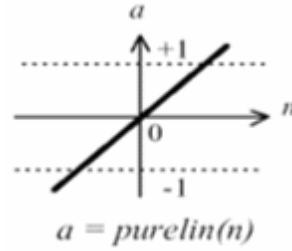
هناك مجموعة من توابع التحويل المستخدمة أكثرها استخداما :

١ - تابع العتبة أو تابع الخطوة



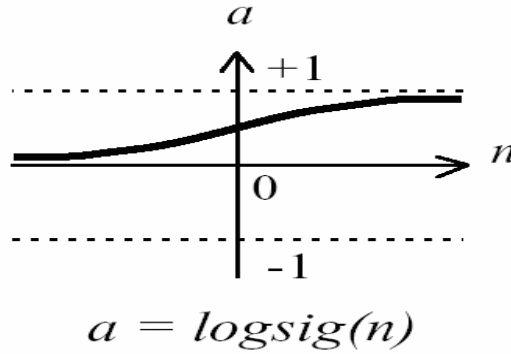
يحد هذا التابع من خرج العصبون بحيث يصبح الخرج مساويا للواحد إذا كان الدخل أكبر أو مساويا للصفر , ويصبح الخرج مساويا للصفر إذا كان الدخل أصغر من الصفر.

٢ - التابع الخطي أو تابع التطابق



يستخدم هذا التابع في العصبونات المستخدمة في المرشحات التلافؤية الخطية.

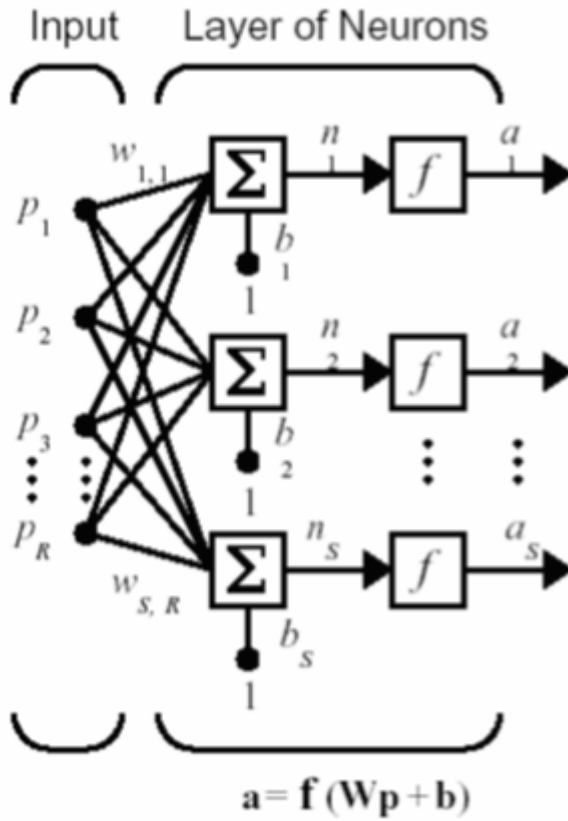
٣ - التابع الأسّي Sigmoid



يأخذ هذا التابع قيم الدخل المحصورة بين $-\infty$ و $+\infty$ ويجعل الخرج محصورا بين $[0,1]$, وهو أكثر التوابع استخداما بسبب سهولة اشتقاقه وكثرة أنواعه وهو يؤمن ميزة اللاخطية في حسابات الشبكة العصبونية .

بنية الشبكات العصبونية

يقصد ببنية الشبكة العصبونية الاصطناعية الطريقة التي ترتبط بها العصبونات مع بعضها البعض لتشكيل الشبكة ، وهذا يرتبط بخوارزمية التدريب (التعليم) .



Where...

$R =$ عدد عناصر شعاع الدخل

$S =$ عدد العصبونات في كل طبقة

ترتبط كل مركبة من مركبات شعاع الدخل P بكل عصبون من خلال مصفوفة الوزن W . كل عصبون يحوي وصلة جامع تقوم بجمع الدخل الموزون مع الإزاحة لتشكيل الخرج العددي للعصبون .

مركبات خرج طبقة العصبونات تشكل شعاع الخرج a (مصفوفة من عمود واحد) .

إن علاقة الخرج , بحسب الشكل السابق , هي : $a = f(Wp + b)$

مركبات شعاع الدخل تدخل إلى الشبكة من خلال مصفوفة الأوزان التالية :

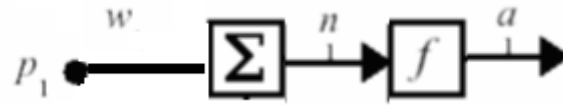
$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \dots & w_{2,R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix}$$

مؤشرات السطر لعناصر هذه المصفوفة تدل على العصبون الهدف أما مؤشرات العمود على مركبات الدخل المصدر .

أي أن المؤشرات في العنصر $w_{1,2}$ تدل على أن هذا الوزن يتعلق بالعصبون الاول و أن مركبة الدخل لهذا العصبون هي المركبة الثانية .

مثال 1:

ليكن لدينا عصبون دخله X على الشكل :



أحسب خرج العصبون لكل من قيم الدخل التالية : 0 , 1 و من خلال الأوزان التالية : 0 , 1 , و ليكون تابع التفعيل هو تابع العتبة .

الحل :

أولاً - نحسب خرج الجامع n : $n = x * w = 0 * 1 = 0$ ، لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .
ثانياً - نحدد خرج تابع التفعيل a : $a = 1$ ، لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .

نكرر الحل بالنسبة لقيم الدخل الثاني للعصبون نفسه نجد :

أولاً - نحسب خرج الجامع n : $n = x * w = 1 * 0 = 0$ ، لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .
ثانياً - نحدد خرج تابع التفعيل a : $a = 1$ ، لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .

مثال 2:

ليكن لدينا شبكة عصبونية دخلها $X = \{0,1\}$ و معطى لها الأوزان على الشكل :

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

و ليكون تابع التفعيل هو تابع العتبة .
حدد ما يلي :

أولاً – كم يبلغ عدد عصبونات الشبكة ؟ 2
ثانياً – أحسب خرج العصبون الأول :

- نحسب خرج الجامع n للعصبون الأول : $n = x * w = 0 * 0 + 1 * 1 = 1$
- نحدد خرج تابع التفعيل a للعصبون الأول : $a = 1$, لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .

- نحسب خرج الجامع n للعصبون الثاني : $n = x * w = 0 * 1 + 1 * 0 = 0$
- نحدد خرج تابع التفعيل a للعصبون الأول : $a = 1$, لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .

مثال 3:

ليكن لدينا شبكة عصبونية دخلها $X = \{0, 1\}$, و معطى لها الأوزان على الشكل :

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

و ليكون تابع التفعيل هو تابع العتبة , والانحياز bk ثابت و يساوي 1 .
حدد ما يلي :

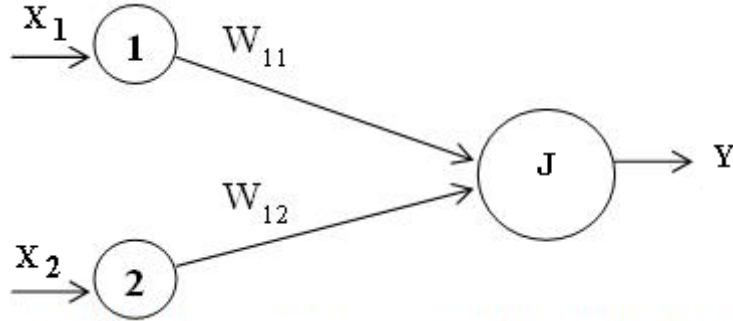
أولاً – كم يبلغ عدد عصبونات الشبكة ؟ 2
ثانياً – أحسب خرج العصبون الأول :

- نحسب خرج الجامع n للعصبون الأول : $n = x * w = 0 * 0 + 1 * 1 + 1 = 2$

- نحدد خرج تابع التفعيل a للعصبون الأول : $a = 1$, لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .
- نحسب خرج الجامع n للعصبون الثاني : $n = x*w = 0*1+1*0 + 1 = 1$
- نحدد خرج تابع التفعيل a للعصبون الأول : $a = 1$, لأن تابع التفعيل هو من نوع العتبة .

مثال 4 الدالة المنطقية AND

لنفرض أن لدينا شبكة (Perceptron) كما في الشكل :



ونريد تعليمها كيف تطبق الدالة المنطقية AND، و هذه الدالة تعطي القيمة 1 إذا كانت كل من قيمة المدخلين مساوية للواحد، وصفرأ في الحالات الأخرى كما يوضح الجدول التالي :

X_1	X_2	Y
0.0	0.0	0
0.0	1.0	0
1.0	0.0	0
1.0	1.0	1

وقاعدة التحويل (تابع التحويل) هي :

$$\begin{aligned} \text{if } S_j > 0 \text{ then } Y_j &= 1 \\ \text{if } S_j \leq 0 \text{ then } Y_j &= 0 \end{aligned}$$

وليكن معدل (معامل) التعلم معطى بالقيمة $C=0.5$.

ليكن لهذه الشبكة قيم أوزان مختلفة على أن تكون في المدى من -0.5 إلى 0.5
ولنفرض القيم التالية : $w_{11}=0.1$, $w_{12}=0.3$.

- نحسب خرج الجامع (للحالة الأولى) : $S = 0.0 \times 0.1 + 0.0 \times 0.3 = 0.0$

• نحدد خرج تابع التفعيل : $S = 0.0$ ← $S \leq 0.0$ إذا $Y = 0$.

نلاحظ أن خرج الشبكة صحيح وهذا يدل على أن أوزان الشبكة ليست بحاجة إلى تعديل .

نحسب خرج الجامع (للحالة الثانية) مستخدمين نفس الأوزان السابقة لأنه لم يتم تعديلها لعدم الحاجة لذلك :

• نحسب خرج الجامع : $S = 0.0 \times 0.1 + 1.0 \times 0.3 = 0.3$

• نحدد خرج تابع التفعيل : $S = 0.3$ ← $S > 0.0$ إذا $Y = 1$.

نلاحظ أن الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 0 أيضاً، والناتج الذي توصلت له الشبكة هو 1 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة -1 وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط جميع أوزان الشبكة .

إن قاعدة ضبط الأوزان من الشكل التالي :

$$w_{ji}new = w_{ji}old + C(t_j - y_j)x_i$$

حيث :

• $w_{ji}new$ – الوزن الجديد بعد الضبط .

• $w_{ji}old$ – الوزن القديم قبل الضبط .

• t_j – الناتج الهدف .

• y_j – الناتج الذي توصلت إليه الشبكة .

←

$$w_{11}new = 0.1 + 0.5 \times (-1) \times 0.0 = 0.1$$

$$w_{12}new = 0.3 + 0.5 \times (-1) \times 1.0 = -0.2$$

وبذلك نكون قد انتهينا من ضبط أوزان الشبكة بالنسبة للمدخل الثاني .

نحسب خرج الجامع (للحالة الثالثة) مستخدمين الأوزان الجديدة

• نحسب خرج الجامع : $S = 1.0 \times 0.1 + 0.0 \times (-0.2) = 0.1$

• نحدد خرج تابع التفعيل : $S = 0.1$ ← $S > 0.0$ إذا $Y = 1$.

نلاحظ أن الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 0 أيضاً، والناتج الذي توصلت له الشبكة هو 1 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة -1 وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط جميع أوزان الشبكة :

$$w_{11}new = 0.1 + 0.5 \times (-1) \times 1.0 = -0.4$$

$$w_{12}new = -0.2 + 0.5 \times (-1) \times 0.0 = -0.2$$

نحسب خرج الجامع (للحالة الرابعة) مستخدمين الأوزان الجديدة

• نحسب خرج الجامع : $S = 1.0 \times -0.4 + 1.0 \times (-0.2) = -0.6$

• نحدد خرج تابع التفعيل : $S = -0.6$ ← $S \leq 0.0$ إذا $Y = 0$.

نلاحظ أن الناتج الهدف للمدخل الثاني هو 1 والناتج الذي توصلت له الشبكة هو 0 بطرح ناتج الشبكة من الناتج الهدف يعطي القيمة 1 وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط جميع أوزان الشبكة :

$$w_{11}new = -0.4 + 0.5 \times (1) \times 1.0 = 0.1$$

$$w_{12}new = -0.2 + 0.5 \times (1) \times 1.0 = 0.3$$

في هذا المثال أعطت الشبكة نتيجة واحدة فقط صحيحة من أصل 4 نتائج، أي أن الشبكة لم تتعلم بعد وتحتاج لمحاولات أخرى بنفس الطريقة، حتى تستطيع إعطاء إجابات صحيحة لكل الحالات ، حينها نقول إن الشبكة تعلمت، ويتبقى فقط اختبارها.

تدعى قاعدة تغيير أوزان البيرسبترون ، المستخدمة في المثال السابق ، بقاعدة دلتا (Delta) و هي على الشكل التالي :

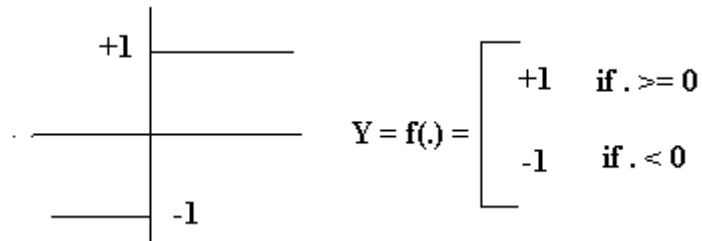
$$\Delta W_{ij} = \gamma x_i (y_i^* - y_i)$$

حيث :

- γ - معامل التعلم (سرعة التعلم) .
- $y_i^* - y_i$ - الناتج الهدف و الناتج الحالي .
- x_i - دخل البيرسبترون .

مثال 5

لنفرض أن لدينا شبكة (Perceptron) معطى بالأوزان التالية (1 0.1 0.5) W_0 و تابع التحويل هو تابع العتبة ثنائي القطبية من الشكل :



و المطلوب تغيير شعاع الأوزان بحيث يكون خرج البيرسبترون $Y = -1$ عندما يكون الدخل على الشكل $X = (-1 -1 1)$ مع العلم أن سرعة التعلم $\gamma = 0.2$.

الحل :

- نحسب خرج الجامع للبيرسبترون :
- $S = 0.5 \times -1 + 0.1 \times -1 + 1 \times 1 = 0.4$
- نحدد خرج تابع التفعيل : $S = 0.4 \leftarrow S > 0.0$ إذا $Y = 1$.

نلاحظ أن الناتج الهدف هو 1- والناتج الذي توصل له البيرسبترون هو 1 بطرح ناتج البيرسبترون من الناتج الهدف يعطي القيمة 2- وهي غير مساوية للصفر لذا لا بد من ضبط الأوزان :

$$w_{11}new = 0.5 + 0.2 \times (-2) \times -1 = 0.9$$

$$w_{12}new = 0.1 + 0.2 \times (-2) \times -1 = 0.5$$

$$w_{13}new = 1 + 0.2 \times (-2) \times 1 = 0.6$$

• نحسب خرج الجامع للبيرسبترون بالأوزان الجديدة :

$$S = 0.9 \times -1 + 0.5 \times -1 + 0.6 \times 1 = -0.8$$

• نحدد خرج تابع التفعيل : $S = -0.8$ ← $S < 0.0$ إذا $Y = -1$.

نلاحظ أن الناتج الهدف هو 1- والناتج الذي توصل له البيرسبترون هو 1- بطرح ناتج البيرسبترون من الناتج الهدف يعطي القيمة 0 وهي مساوية للصفر وهذا يعني أن عملية تدريب (تعليم) البيرسبترون قد انتهت .

طور الباحثون مجموعة من الأفكار , الغاية منها تطوير عمل الشبكة العصبونية , وهذه الأفكار يمكن تصنيفها على الشكل التالي :

1. معالجة المدخلات : حيث تم التعامل مع المدخلات بأكثر من شكل , نذكر منها :

• المعالجة بطريقة الجمع (الجامع) –

$$\sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i$$

• المعالجة بطريقة الضرب (الضارب) –

$$\prod_{i=1}^n W_i \cdot X_i$$

• المعالجة بطريقة القيمة العظمى –

$$\max_i (W_i \cdot X_i)$$

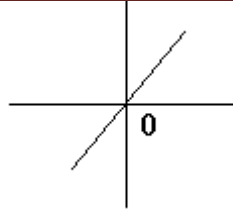
• المعالجة بطريقة القيمة الدنيا –

$$\min_i (W_i \cdot X_i)$$

2. توابع التحويل (التنشيط أو التفعيل) : حيث تم استخدام أكثر من شكل , نذكر منها :

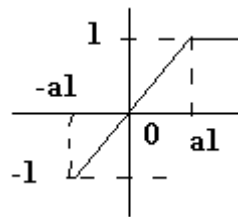
• التابع الخطي – وهو أكثر التوابع بساطة و سهولة في الاستخدام , يعطى على الشكل التالي :

$$f(Z) = K \cdot z ; K : \text{const (ثابت)}$$



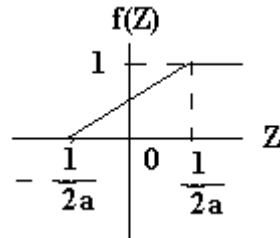
- التابع الخطي المشعب (ثنائي القطبية) - يعطى على الشكل التالي :

$$f(Z) = \begin{cases} 1 & ; Z > a \\ KZ & ; -a \leq Z \leq a \\ -1 & ; Z < -a \end{cases}$$



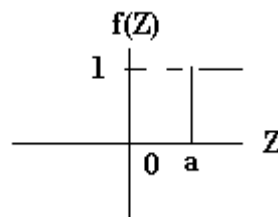
- التابع الخطي المشعب (أحادي القطبية) - يعطى على الشكل التالي :

$$f(Z) = \begin{cases} 1 & ; Z \geq \frac{1}{2a} \\ aZ + 0.5 & ; |Z| < \frac{1}{2a} \\ 0 & ; Z \leq -\frac{1}{2a} \end{cases}$$



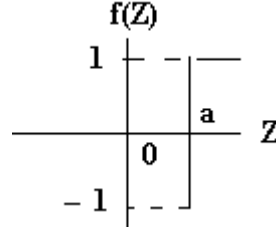
- التابع العتبة (أحادي القطبية) - يعطى على الشكل التالي :

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



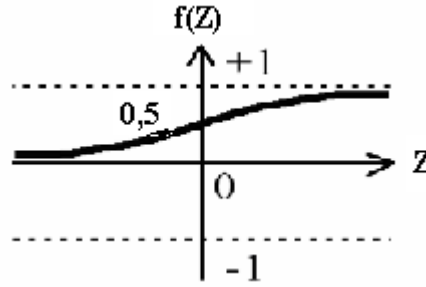
- التابع العتبة (ثنائي القطبية) - يعطى على الشكل التالي :

$$f(Z) = \begin{cases} 1 & ; Z \geq a \\ -1 & ; Z < a \end{cases}$$



- التابع الأسّي (Sigmoid) - يعطى على الشكل التالي :

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



إن عمل العصبون (العقدة) بشكل منفرد , لا يحقق الغاية المرجوة منه بشكل كامل و لهذا السبب يمكن ربط أكثر من عصبون مع بعضهم البعض ما يشكل , في النهاية , ما يسمى بشبكة عصبونات أو الشبكة العصبونية .

تتألف الشبكة العصبونية من عدة طبقات موزعة على الشكل التالي :

- **طبقة الدخل (input layer)** - تتلقى الإشارات الخارجية من الشبكات الأخرى و هي لا تقوم بأي نوع من المعالجة لهذه الإشارات .
- **طبقة الخرج (output layer)** - تظهر نتائج (رد فعل) الشبكة على اشارات الدخل , المرسله من طبقة الدخل .
- **طبقة (أو عدة طبقات)** - تقع بين طبقة الدخل و الخرج , وعادة تسمى **الطبقة المخفية (hidden layer)** .
- **الروابط بين عصبونات الشبكة** - تعطى على شكل مصفوفة أو بشكل شعاع , حيث نميز الأشكال التالية من الروابط :

1. الربط بين العصبون i و العصبون j غير موجود ; $W_{ij} = 0$
2. الربط بين العصبون i و العصبون j متخامد ; $W_{ij} < 0$
3. الربط بين العصبون i و العصبون j فعال (نشط) ; $W_{ij} > 0$

تتكون كل طبقة من عدة عصبونات (عقد) و المعالجة الفعلية تتم ضمن الطبقة المخفية و طبقة الخرج .