Neural networks and deep learning الشبكات العصبية والتعلم العميق

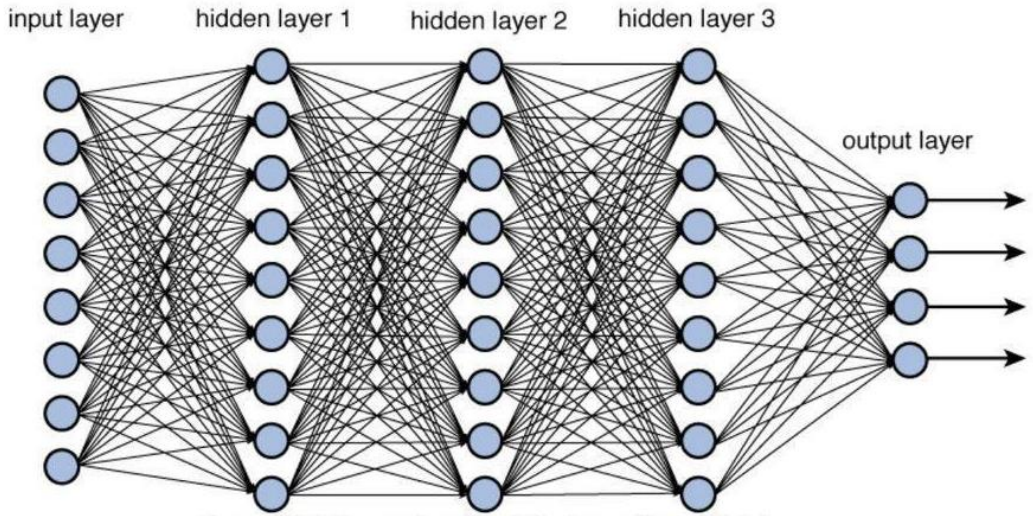


Figure 12.2 Deep network architecture with multiple layers.

- تعريف الشبكات العصبية الاصطناعية
- تعلم الشبكة العصبية الاصطناعية
- تقسيم البيانات

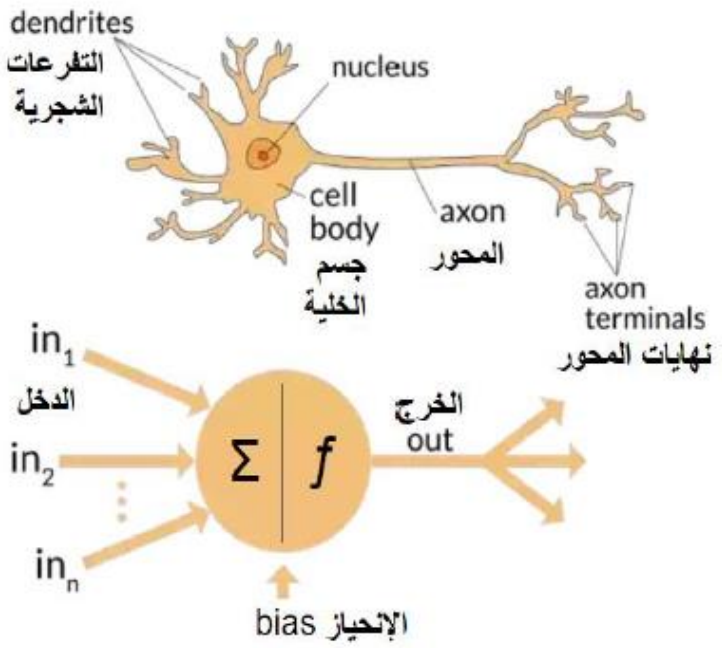
تعريف الشبكات العصبية الاصطناعية

الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial neural networks-ANN)

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

إذا الـ ANN تتشابه مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تُسمّى الأوزان التشابكية. وهناك أيضاً تشابه عصبي حيوي، مما يعطي الفرصة لعلماء البيولوجيا في الاعتماد على ANN لفهم تطور الظواهر الحيوية.

تعريف الشبكات العصبية الاصطناعية



توضح هذه الصورة التشابه بين **الخليّة العصبية البيولوجية** في الدماغ و **الخليّة العصبية الإصطناعية** في الشبكات العصبية ANN

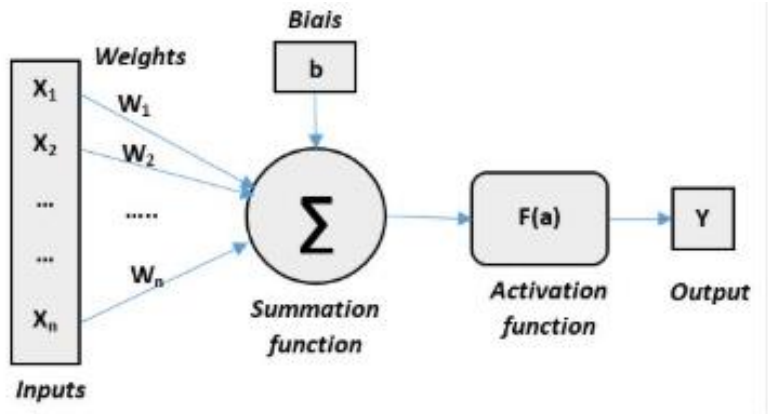
في الجزء العلوي يظهر تركيب العصبون البيولوجي، حيث تستقبل **التفرّعات الشجرية** الإشارات، ثم تُعالج داخل **جسم الخلية** cell body، ليتم إرسال النتيجة عبر **المحور العصبي** إلى الخلايا الأخرى.

أما في الجزء السفلي، فيُظهر نموذج الخلية العصبية الاصطناعية، حيث تدخل القيم عبر مجموعة مداخل $in_1, in_2, .., in_n$، ويتم جمعها وترجيحها ($\sum$) مع إضافة **معامل الانحياز** bias، ثم تمريرها عبر دالة التنشيط f لإنتاج الناتج النهائي.

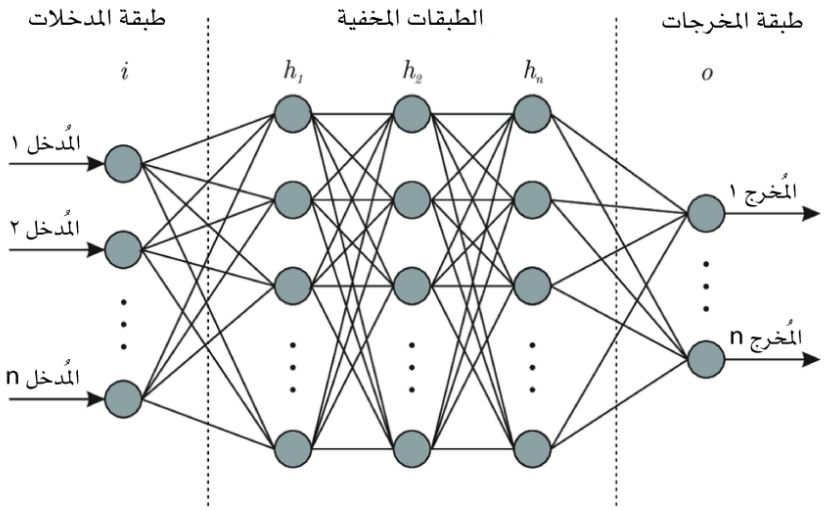
يُبرز هذا التشابه كيفية استلهام الذكاء الاصطناعي من طريقة عمل الدماغ البشري في استقبال المعلومات ومعالجتها وتمريرها.

مكونات الخلية العصبية الاصطناعية

العنصر	الوصف
المدخلات Inputs	القيم الرقمية التي تمثل السمات أو المميزات features في البيانات.
الأوزان Weights	أرقام تحدد أهمية كل مدخل بالنسبة لعملية اتخاذ القرار.
المجموع المرجح Weighted Sum	ناتج جمع المدخلات مضروبة في أوزانها: $z=\sum(x_i \cdot w_i)$
الانحياز Bias	قيمة ثابتة تساعد في تحريك دالة التنشيط لتتناسب مع البيانات.
دالة التنشيط Activation	تحدد ما إذا كان يجب "تنشيط" الخلية العصبية أم لا



معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



الخلايا العصبية (Neurons)

هي الوحدة الأساسية في الشبكة العصبية.

كل خلية عصبية تتلقى مدخلات، تجري عليها عملية حسابية، وتنتج مخرجات.

الشبكة العصبية تتكون من عدة طبقات:

١. طبقة الإدخال (Input Layer): تستقبل البيانات الأولية (مثل الصور أو النصوص).

٢. الطبقات المخفية (Hidden Layers): طبقات متعددة تقوم بمعالجة البيانات بطرق مختلفة.كل طبقة تضيف مستوى جديدًا من التمثيل للبيانات.هنا يحدث التعلم الفعلي للأوزان، كل طبقة فيها خلايا عصبية (Neurons)

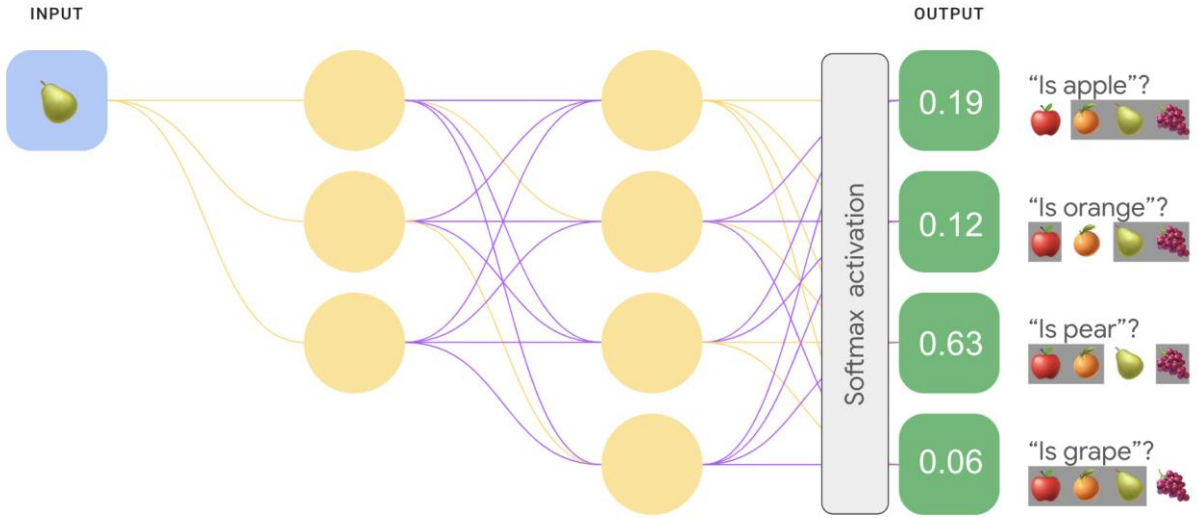
٣. طبقة الإخراج (Output Layer): تقدم النتيجة النهائية

كل عصبون في أي طبقة يرتبط بجميع عصبونات الطبقة التالية من خلال أوزان يتم تعديلها أثناء عملية التدريب، مما يمكّن الشبكة من تعلم الأنماط المعقدة وتحسين دقة التنبؤ تدريجيًا.

معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

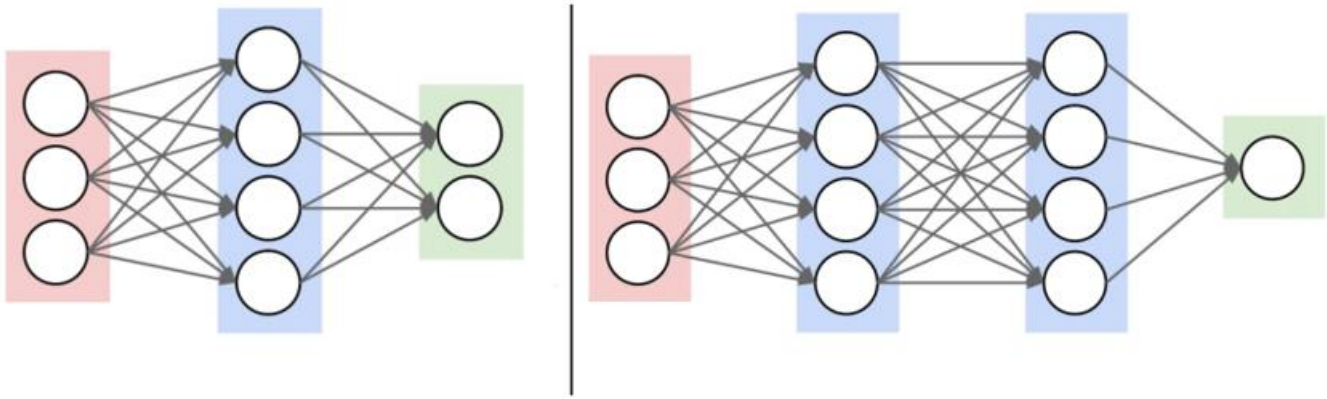
توضح هذه الصورة كيفية عمل شبكة عصبية في مهمة **تصنيف الصور**.

حيث يتم إدخال صورة لثمرة (مثل الكمثرى pear) إلى الشبكة، فتقوم الطبقات المخفية باستخلاص الأنماط والميزات الخاصة بالصورة، مثل اللون والشكل والقوام. بعد ذلك تُمرَّر القيم إلى طبقة الإخراج التي تستخدم دالة التنشيط Softmax لتحويل المخرجات إلى احتمالات تمثل درجة انتماء الصورة لكل فئة.
في المثال الموضّح، تعطي الشبكة أعلى احتمال لفئة **"كمثرى"** (0.63) مقارنة ببقية الفواكه، مما يعني أن النموذج يتوقع بدرجة عالية أن الصورة المدخلة هي كمثرى.



معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

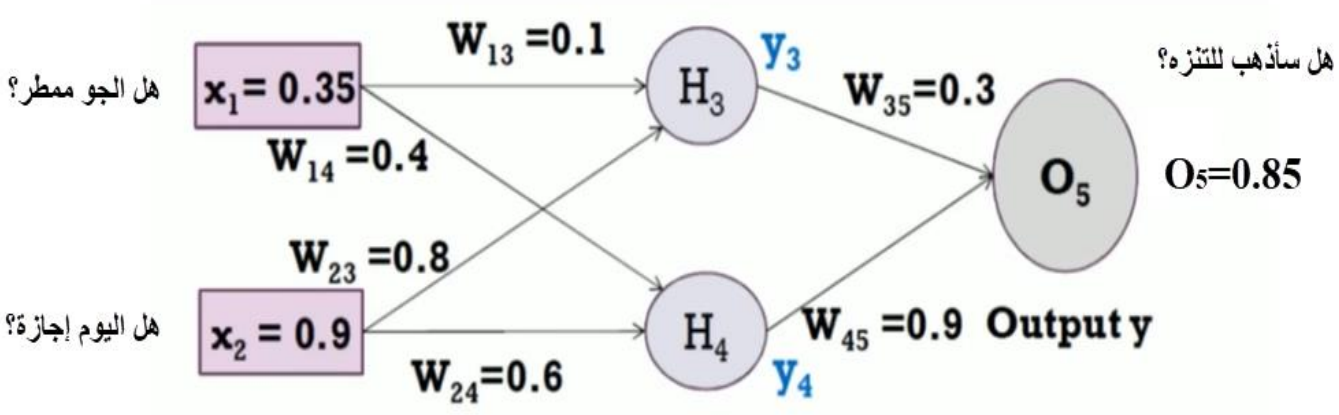
- الصورة على اليسار تُظهر شبكة عصبية ذات **طبقة مخفية واحدة** فقط. هذا النوع يُعدّ من نماذج **التعلّم الآلي (** Machine Learning**)**، لأنه يحتوي على عدد قليل من الطبقات ولا يُعتبر شبكة عميقة.
- الصورة على اليمين تُظهر شبكة تحتوي على **طبقتين مخفيتين أو أكثر**، وهي بذلك تُصنَّف كشبكة **تعلّم عميق (**Deep Learning**)** زيادة عدد الطبقات يسمح للنموذج باكتشاف أنماط أكثر تعقيدًا ومعالجة بيانات ضخمة بفعالية أعلى.



معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

نوع الطبقة	المدخلات (Inputs)	الأوزان (Weights)	الانحياز (Bias)	دالة التفعيل (Activation Function)	المخرجات (Outputs)
الطبقة المدخلة (Input Layer)	البيانات الخام (مثلاً قيم صورة أو نص)	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	تمرير القيم كما هي للطبقة التالية
الطبقات المخفية (Hidden Layers)	القيم من الطبقة السابقة	يوجد	يوجد	ReLU, Sigmoid, Tanh ...) (	مخرجات معالجة تنتقل للطبقة التالية
الطبقة الخارجة (Output Layer)	القيم من آخر طبقة مخفية	يوجد	يوجد	حسب نوع المهمة: Softmax للتصنيف، Sigmoid للقيم بين ٠ و١) (	النتيجة النهائية (تصنيف / تنبؤ)

مثال



الشبكة المجاورة تتنبأ ان كنت ستذهب للتنزّه!

والنتيجة ظهرت: $O_5 = 0.85$

أي بنسبة ٨٥% الشبكة تتوقع أنك *ستذهب للتنزّه*.

كيف وصلت الشبكة لهذه النتيجة؟

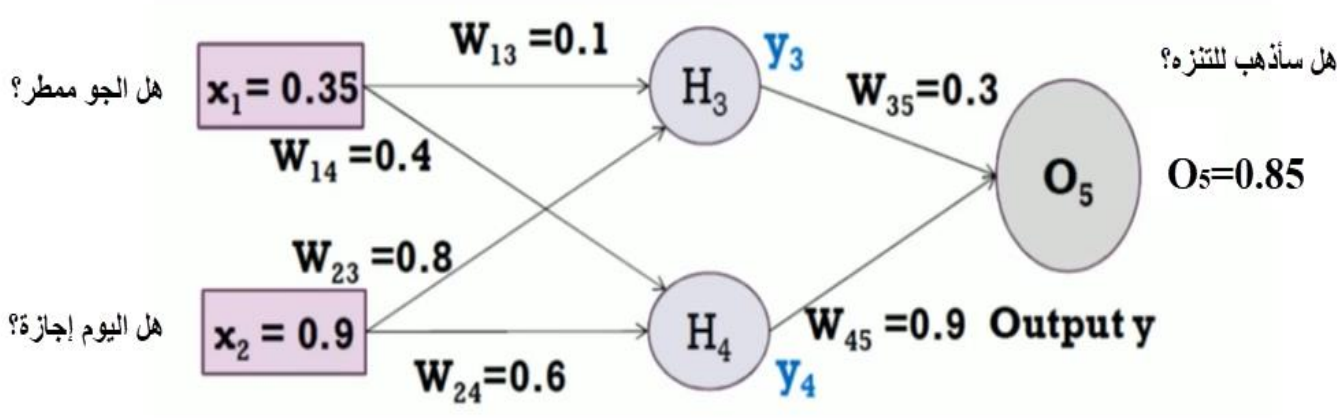
جمعت معلومتين:

$x_1 = 0.35$ ← هل الجو ممطر؟ (قيمة منخفضة← الجو غير ممطر تقريبًا)

$x_2 = 0.9$ ← هل اليوم إجازة؟ (قيمة عالية ← نعم يوم إجازة بشدة)

وكل معلومة تمر من خلال **أوزان** Weights تنتقل بها إلى الخلايا الموجودة في الطبقة المخفية.

مثال



لدينا خليتان في الطبقة المخفية:
H_3 و H_4
كل خلية تستقبل إشارات من x_1 و x_2 بالأوزان التالية:

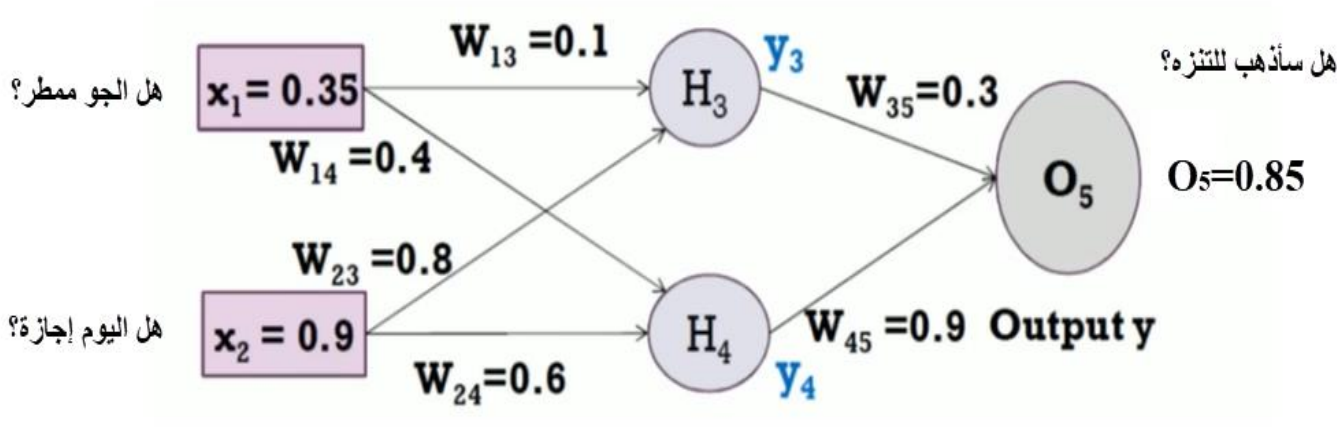
نحو الخلية H_3:
من x_1 الوزن: $W_{13} = 0.1$
من x_2 الوزن: $W_{23} = 0.8$

حساب المدخل إلى H_3:
تضرب الاوزان بقيم المدخلات

$$(_{23}W \times {}_2x) + (_{13}W \times {}_1x) = {}_{H3}\text{Input}$$

ثم بعدها يُطبّق دالة تفعيل لتُعطي y_3.

مثال



نحو الخلية H_4:

من x_1 الوزن: W14 = 0.4

من x_2 الوزن: W 23 = 0.8

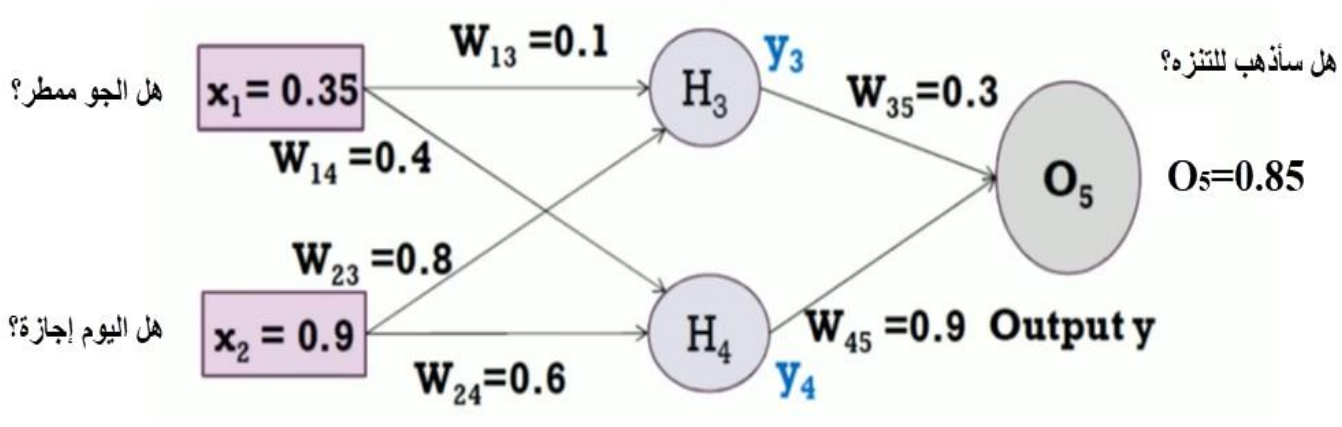
حساب المدخل إلى H_4:

تضرب الاوزان بقيم المدخلات

$$(0.6 \times 0.9) + (0.4 \times 0.35) = {}_{H4}\text{Input}$$

ثم بعدها يُطبّق دالة تفعيل لتُعطي y_4.

مثال



الخلية O_5 تجمع:

إشارة من H_3 بوزن: $W_{35} = 0.3$

إشارة من H_4 بوزن: $W_{45} = 0.9$

حساب مدخل O_5:

$$(0.9 \times {}_4y) + (0.3 \times {}_3y) = {}_{O5}\text{Input}$$

ثم بعدها يُطبّق دالة تفعيل لتُعطي O_5.

تعلم الشبكة العصبية الاصطناعية

١. الانتشار الأمامي-Forward propagation

عند إدخال البيانات إلى الشبكة، تمر عبر الشبكة في الاتجاه الأمامي، من طبقة الإدخال عبر الطبقات المخفية إلى طبقة الإخراج. تُعرف هذه العملية بالانتشار الأمامي. يحدث أثناء هذه المرحلة:

التحويل الخطي (Linear transformation): يتلقى كل عصبون في طبقة مدخلات، يتم ضربها بالأوزان المرتبطة بالروابط.يتم جمع هذه المنتجات معًا، ويتم إضافة تحيز إلى المجموع. يتم تمثيل ذلك رياضيًا

$$z = w_1x_1 + w_2x_2 + \ldots + w_nx_n + b$$

التنشيط (Activation) يتم بعد ذلك تمرير نتيجة التحويل الخطي عبر دالة تنشيط. تعد دالة التنشيط بالغة الأهمية لأنها تُدخل اللاخطية إلى النظام، مما يُمكِّن الشبكة من تعلم أنماط أكثر تعقيدًا.

تعلم الشبكة العصبية الاصطناعية

٢.الانتشار العكسي-Backpropagation

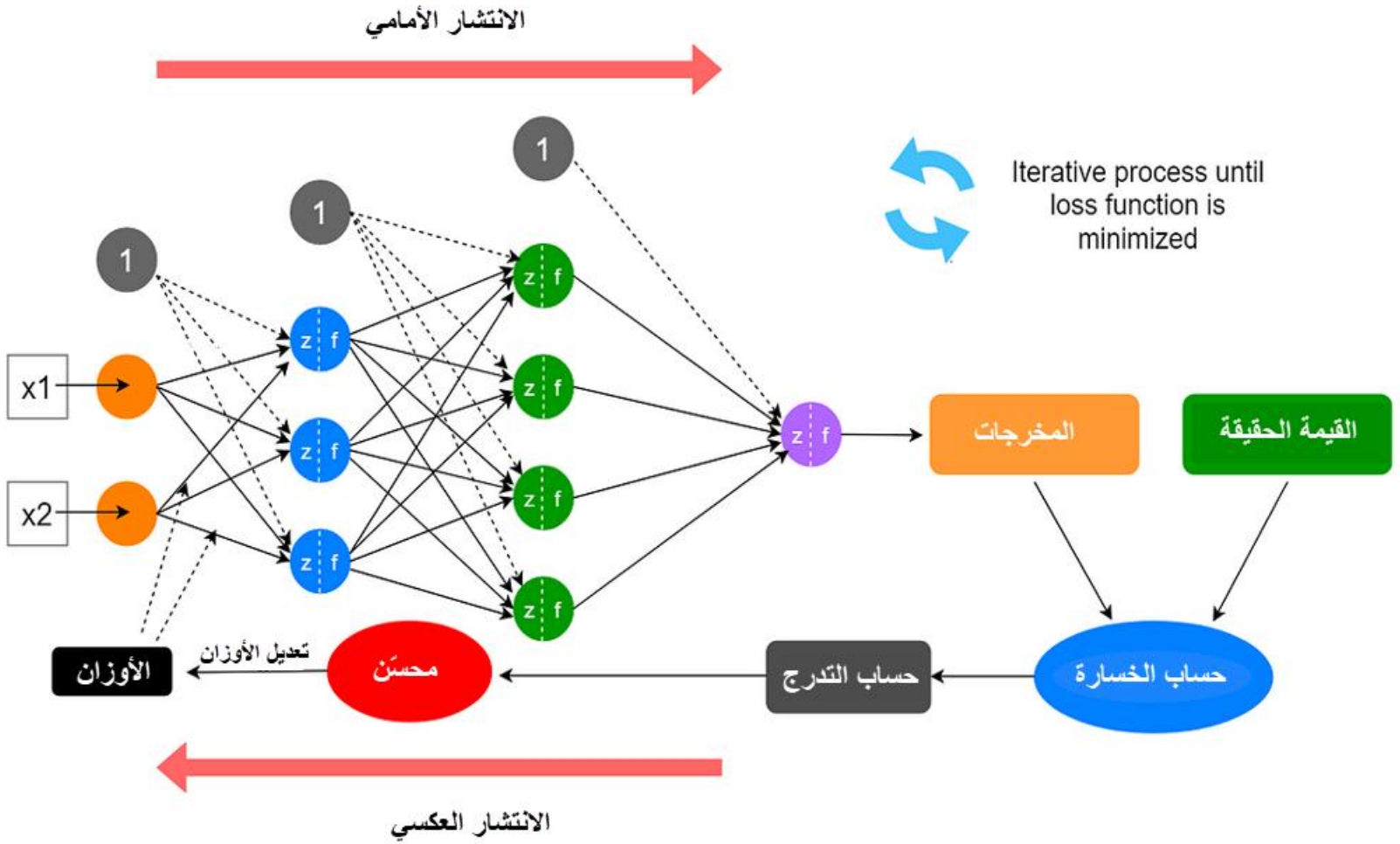
بعد الانتشار الأمامي، تقوم الشبكة بتقييم أدائها باستخدام دالة الخسارة، والتي تقيس الفرق بين الناتج الفعلي والناتج المتوقع. والهدف من التدريب هو تقليل هذه الخسارة. وهنا يأتي دور الانتشار الخلفي:

- **حساب الخسارة:** تحسب الشبكة الخسارة وهي الفرق بين الناتج الفعلي والناتج المتوقع، مما يوفر مقياسًا للخطأ في التنبؤات.

- **حساب التدرج:** تحسب الشبكة تدرجات دالة الخسارة فيما يتعلق بكل وزن وتحيز في الشبكة. يتضمن هذا تطبيق قاعدة السلسلة في حساب التفاضل والتكامل لمعرفة مقدار كل جزء من خطأ الإخراج الذي يمكن أن يُعزى إلى كل وزن وتحيز.

- **تحديث الوزن:** بمجرد حساب التدرجات، يتم تحديث الأوزان والتحيزات باستخدام خوارزمية معينة. يتم ضبط الأوزان في الاتجاه المعاكس للتدرج لتقليل الخسارة.

تعلم الشبكة العصبية الاصطناعية



تقسيم البيانات

يُعدّ تقسيم البيانات خطوة أساسية في بناء نماذج التعلّم الآلي والذكاء الاصطناعي، إذ يهدف إلى تقييم أداء النموذج بشكل واقعي وموضوعي. تعتمد الفكرة على فصل البيانات المتوفّرة إلى مجموعات مختلفة، مجموعة تدريب (Training Set) تُستخدم لتعليم النموذج، و مجموعة اختبار (Testing Set) تُستخدم لتقييم دقة النموذج بعد التدريب

من الأمثلة على نسب مختلفة للتقسيم:

- **٨٠% تدريب - ٢٠% اختبار**: مناسبة عندما تكون كمية البيانات كبيرة.
- **٦٧% تدريب - ٣٣% اختبار**: تقسيم متوسط يعطي مساحة أكبر لاختبار النموذج.
- **٥٠% تدريب - ٥٠% اختبار**: تُستخدم عادة عندما تكون البيانات قليلة جدًا أو عندما نحتاج إلى تقييم صارم للنموذج.