مقاربة توصيفية للتعرف الآلي على الخط العربي اليدوي

د. عمر ديدوح
جامعة تلمسان – الجزائر

لا شك أن استعمال مصطلح "التعرف" بدل "الفهم" مقصود بالفعل، «ذلك ما وصلت إليه البحوث إلى حد الآن، فلم توفق بعد في فهم وتمييز حروف الخط المكتوب من قبل الحاسوب معنى ذلك محاولة فك رموز الرسالة المراد تبليغها، وتهتم هذه الطريقة بالنصوص المكتوبة، حيث تهدف إلى تشخيص الحروف الفردية حرفا، حرفا ثم بعد ذلك تحدد الكلمات والجمل. لكن رغم ما يبدو على هذه الطريقة من بساطة الفكرة، فإن تطبيقها على أرض الواقع يعد أمرا معقدا للغاية، فبالرغم من قلة عدد الحروف العربية، فإن هناك عوامل تجعل للحرف الواحد أكثر من شكل ونذكر منها:

تجاور الوحدات الخطية.

طول الوحدة الخطية.

سرعة الكتابة الوحدة الخطية.

مستوى الكاتب.

حالته النفسية والبيولوجية .....وغيرهم من المؤثرات.» .i

أما إذا التجأنا إلى الطريقة الآلية في تحليل الخط إلى وحدات صورية، فإننا نجد أنفسنا أمام منهج هندسي بحيث يعتمد على الصيغ الفيزيائية والرياضية دون المعرفة اللسانية فيقارن بين الوحدة الخطية والأطياف المخزونة مسبقا كالآتي:

أ. **طيف الخط اليدوي:** يقوم النظام بتخزين أنماط خطية معينة على هيئة طيف من الموجات الكهرومغناطيسية ولكي يتمكن النظام الآلي من التعرف على الرمز اللغوي الذي تحمله هذه الإشارة يقوم بتحليلها بطرق هندسية ورياضية ليستخلص منها الخصائص الأساسية للحروف كسعتها ودرجة شدتها ومعدلات انحدارها وصعودها...الخ. ثم تقارن هذه المعطيات بتلك المخزنة في النظام، وتحتوي هذه الطريقة على مناهج مختلفة في تمييز الخط باختلاف الهدف والوسيلة. غير أن أهمها ثلاث أنظمة للتعرف.

ب. أنواعها:

1. وحدات خطية منفصلة والكتابة واحدة.
2. وحدات خطية منفصلة والكتابة متعددة.
3. وحدات خطية غير منفصلة.

وتشتمل هذه الطريقة على سلسلة مكونة من أربع خوارزميات هي:

الأولى: تحليل الطيف الخطي: وتستعمل فيها طرق التحليل الترددي، والترابط الذاتي وتقنيات التقاطع مع الصفر للإشارة، وكلها تقنيات ترشح الخط.

الثانية: استخلاص السمات: تستعمل هذه الخوارزمية لاستخراج السمات في عينات مختلفة وعلى وتيرة زمنية مناسبة على طول الوحدة الخطية ثم تخزن في مصفوفة معيارية ومن أمثلة هذه السمات: الارتفاع والعرض والمساحة.

الثالثة: تسوية الكيفية التي يكتب بها الخط: إن سرعة وطريقة الكتابة تختلف من شخص إلى آخر أو حتى من وقت لآخر، لذا لابد من توحيد هذه السرعة وطريقة الكتابة ، ضمن الحاسوب، وذلك بضبط اختلافات الخط عن طريق أخذ العينات

الرابعة: الملائمة مع المعيار أو الدليل: وهي الخوارزمية الأخيرة في عملية التعرف وتتضمن تقنيات مختلفة

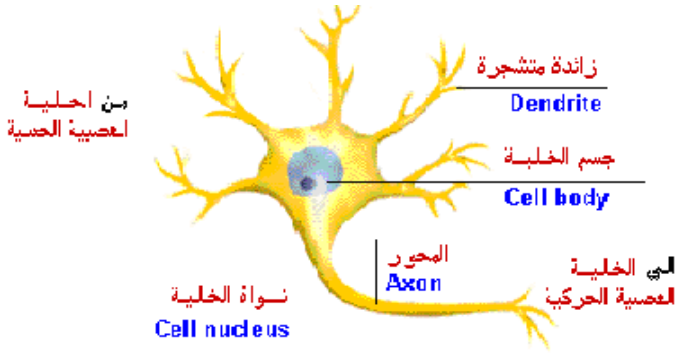
إن أنظمة التعرف الآلي على الوحدات الخطية وتطبيقها على النصوص المكتوبة لمعالجتها فيما بعد يجب مرورها بسلسلة من المستويات (المعارف)، بعد الانطلاق من الإشارة الخطية.منها:

1.الصرفية: تدرس هيئة الوحدة الخطية وتشمل قواعد الجمع وتصريف وإبدال شكل الوحدات ...و غيرها.

2. التركيبية: تدرس تركيب الوحدات الخطية ومطابقتها لقواعد النحو.
3. الدلالية: اختبار الوحدات الخطية الصحيحة إملائيا، والخاطئة دلاليا .

التطبيقات: قد تم تطبيق هذا البرنامج بمحاكاة لغة البرمجة

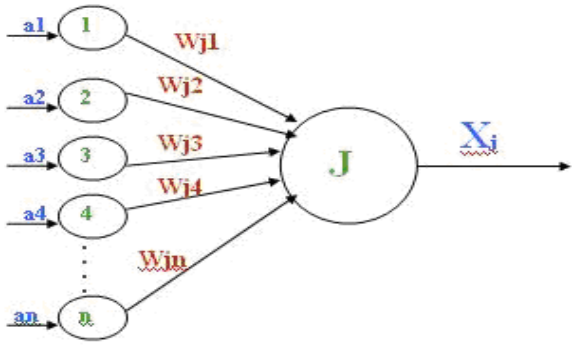
الشبكات العصبية الاصطناعية: هي تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة معينة، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد والتي لها خاصية عصبية من حيث أنها تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات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



إذ أنها تتشابه مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تسمى الأوزان التشابكية. وهناك أيضا تشابه عصبي حيوي مما يعطي الفرصة لعلماء البيولوجيا في الاعتماد على هذه الشبكة الاصطناعية لفهم تطور الظواهر الحيوية.

مكونات الشبكة العصبونية الاصطناعية :

نلاحظ من الشكل أن للإنسان وحدات إدخال توصله بالعالم الخارجي وهي حواسه الخمس، فكذلك الشبكات العصبية تحتاج لوحدات إدخال. ووحدات معالجة يتم فيها عمليات حسابية تضبط بها الأوزان ونحصل من خلالها على ردة الفعل المناسبة لكل مدخل من الإدخلات للشبكة. فوحدات الإدخال تكوّن طبقة تسمى طبقة الإدخلات، ووحدات المعالجة تكوّن طبقة المعالجة وهي التي تخرج نواتج الشبكة. وبين كل طبقة من هذه الطبقات هناك طبقة من الوصلات البينية 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.



نلاحظ من الشكل أن العصبون يتألف من:

1 – إشارات الإدخال.

2– قوى الأوزان,حيث يعبر الوزن عن شدة الترابط بين عنصر قبله وعنصر بعده.

3 – عنصر المعالجة:

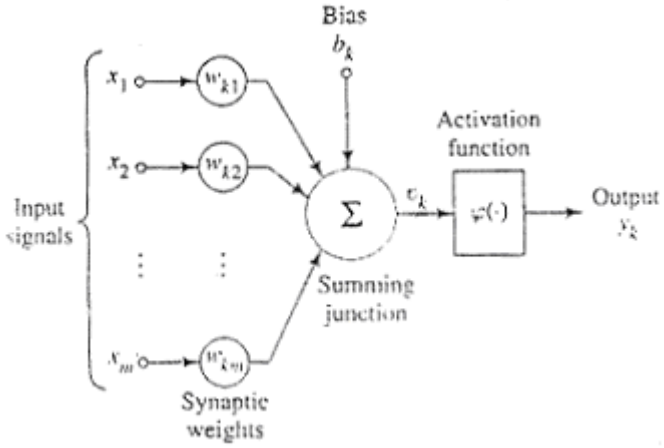
وهذا العنصر يقسم إلى قسمين:

- أ – الجامع لجمع الإشارات في الإدخال الموزون .
- ب – تابع النقل أو تابع التفعيل :

وهذا التابع يحد من إخراج العصبون لذا يسمى بتابع التخميد حيث يجعل الإخراج ضمن المجال [0,1] أو ضمن المجال[–1,1] .

4 – الإخراج .

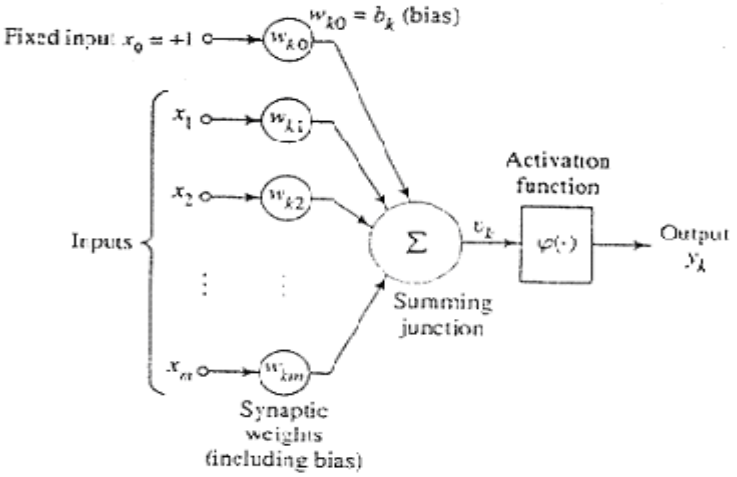
الوصف الرياضي للعصبون :



حيث : .: إشارات الإدخال . : الأوزان المشبكة للنيرون . : الإخراج الخطي للجامع .: الانحياز .

تابع التفعيل .

ملاحظة: يمكن اعتبار الانحياز على أنه أحد الأوزان ودخله ويصبح نموذج العصبون كالتالي:



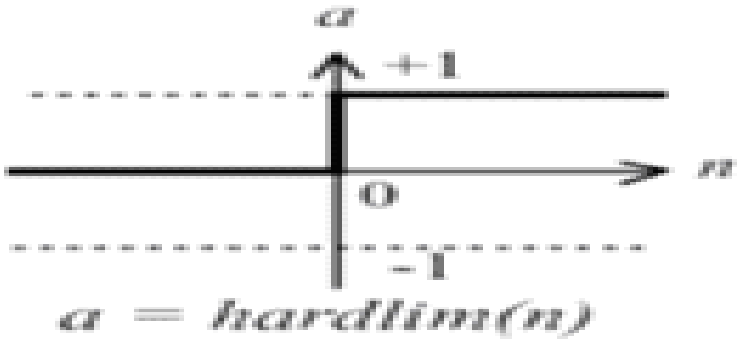
توابع التحويل:

قلنا أن تابع التحويل يحد من إخراج العصبون . ويجب أن يمتلك الخواص التالية:

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

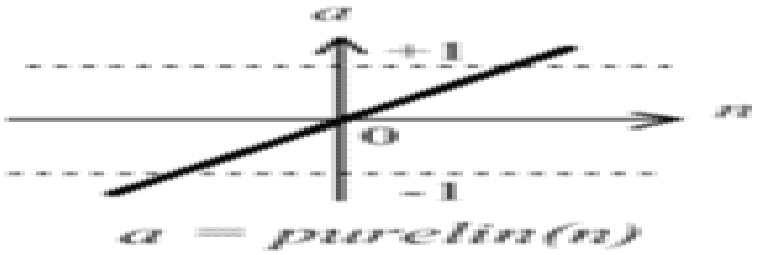
وهناك ثلاثة أنواع لتوابع التفعيل:

1– تابع العتبة أو تابع الخطوة



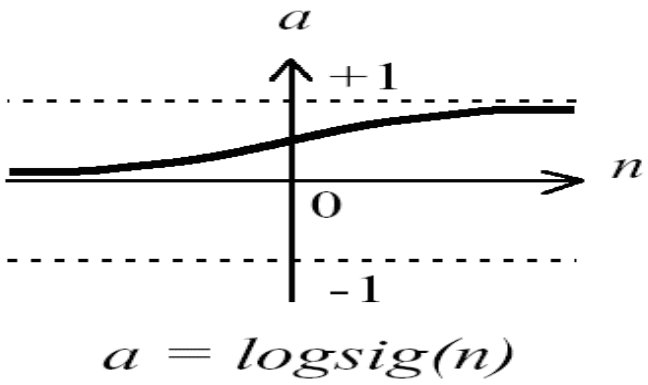
يحد هذا التابع من إخراج العصبون بحيث يصبح الإخراج مساويا للواحد إذا كان الإدخال أكبر أومساويا للصفر ويصبح الإخراج مساويا للصفر إذا كان الإدخال أصغر من الصفر.

2– التابع الخطوي الخطي أو تابع التطابق



يستخدم هذا التابع في العصبونات المستخدمة في المرشحات التلاؤمية الخطية .

3– التابع الأسيّ



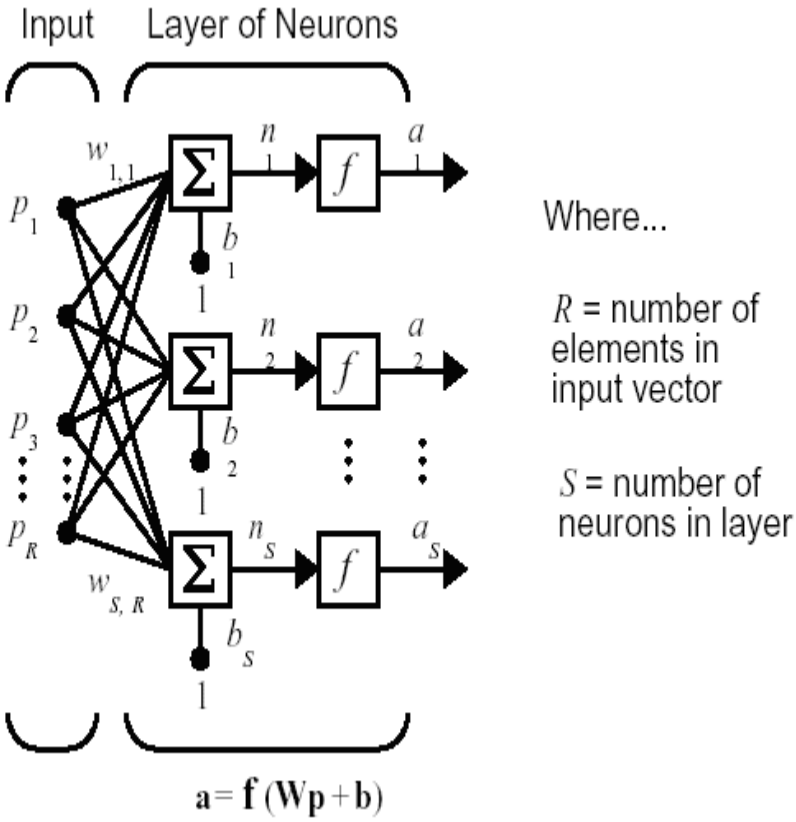
$$a = logsig(n)$$

يأخذ هذا التابع قيم الإدخال المحصورة بين ∞ - و ∞ + ويجعل الإخراج محصورا بين 0 و 1 ... وهو أكثر التوابع استخداما بسبب سهولة اشتقاقه وكثرة أنواعه .

البنية المعمارية للشبكات العصبونية:

معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية، هي الطريقة التي ترتبط بها العصبونات مع بعضها البعض لتشكيل الشبكة، وهذا يرتبط بخوارزمية التدريب.

–الشبكة ذات الطبقة الواحدة الأمامية: ترتبط كل مركبة من مركبات شعاع الإدخال بكل عصبون من خلال مصفوفة الوزن.



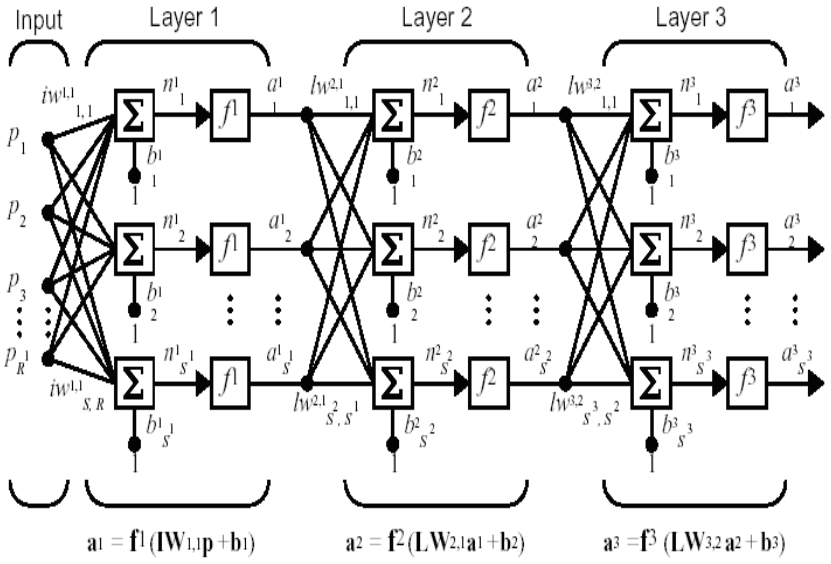
كل عصبون يحوي وصلة جامع تقوم بجمع الإدخال الموزون مع الإزاحة لتشكيل الإخراج العددي للعصبون، وفي النتيجة إن مركبات إخراج طبقة العصبونات تشكل شعاع الإخراج (مصفوفة من عمود واحد). والعلاقة التي تعطي هذا الإخراج هي

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

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

مؤشرات السطر لعناصر هذه المصفوفة تدل على عصبون الهدف أما مؤشرات العمود على مركبات الإدخال المصدر. أي أن المؤشرات في العنصر □□ تدل على أن هذا الوزن يتعلق بالعصبون الأول، وأن مركبة الإدخال لهذا العصبون هي المركبة الثانية.

الشبكة ذات الطبقات المتعددة الأمامية :

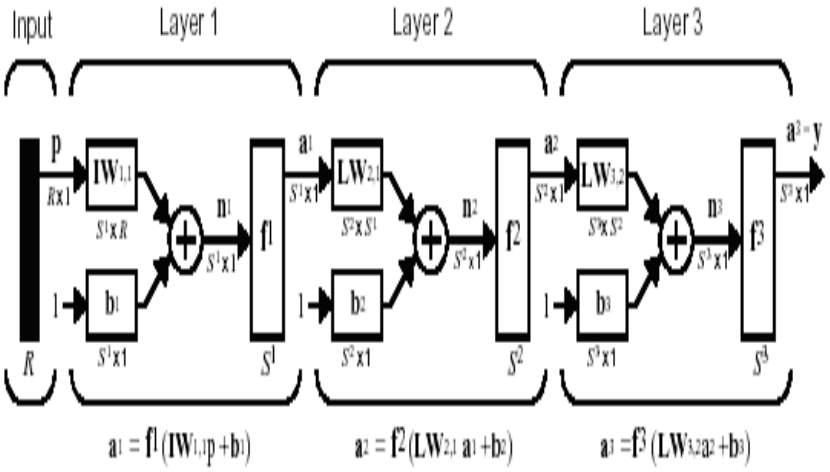


$$a^1 = f^1(IW^{1,1}p + b^1) \qquad a^2 = f^2(LW^{2,1}a^1 + b^2) \qquad a^3 = f^3(LW^{3,2}a^2 + b^3)$$

$$a^3 = f^3(LW^{3,2} f^2(LW^{2,1} f^1(IW^{1,1}p + b^1) + b^2) + b^3)$$

الشبكة العصبونية يمكن أن تتألف من عدة طبقات وفي هذه الحالة يكون لكل طبقة صفوفة وزن, وشعاع إزاحة وشعاع إخراج . ومن أجل التمييز يضاف رقم الطبقة كدليل علوي لكل من المتحولات المستعملة من خلال الشبكة المبينة مركبة الإدخال، عصبون في الطبقة الأولى،

عصبون في الطبقة الثانية، وهكذا بنفس الأسلوب. ومن الملاحظ أيضا أن إخراج كل طبقة متوسطة هو إدخال للطبقة التي تليها وبذلك تعتبر كل طبقة في هذه الشبكة كأنها شبكة ذات طبقة وحيدة.الطبقة التي تعطي الإخراج تسمى طبقة الإخراج، أما الإدخال فلا يعتبر طبقة، وبقية الطبقات تسمى الطبقات الخفية. يمكن أن نرسم الشبكة الثلاثية المبينة في الشكل السابق باستخدام الرسم المختصر التالي :



$$a^3 = f^3\left(LW^{3,2}\, f^2\left(LW^{2,1} f^1\left(IW^{1,1}p + b^1\right) + b^2\right) + b^3\right) = y$$

الشبكات متعددة الطبقات هي شبكات ذات فعالية كبيرة وخاصة الشبكات بطبقتين فهي مستخدمة بشكل كبير جداً. حيث تستطيع هذه الشبكات من حل العديد من المشاكل المعقدة ولكن تدريبها يستغرق وقتا أطول . يرمز إلى هذا النوع بالشكل : حيث تشير إلى عدد المداخل وتشير إلى عدد النيرونات في الطبقة الأولى وهكذا... و عدد عقد الإخراج. كما في المثال المبين في الشكل حيث يشار إلى هذه الشبكة بالرمز (10 – 4 – 2): لأن لها 10 عقد في الإداخل. و4 عقد في الطبقة الخفية. و2 عقدة في الإخراج.

الشبكات ذات التغذية الخلفية

هذا النوع يحوي على الأقل حلقة تغذية خلفية واحدة , ويمكن أن يتألف من طبقة واحدة من النيرونات وكل عصبون يعود إخراجه إلى إدخال كل العصبونات المتبقية .وقد يكون هناك

تغذية خلفية ذاتية أي أن إخراج العصبون يعود إلى إدخاله ولكن هذه الشبكات قليلة الاستخدام في المجال الحيوي لأننا نستطيع تحقيق الأهداف الحيوية من خلال شبكات أمامية .

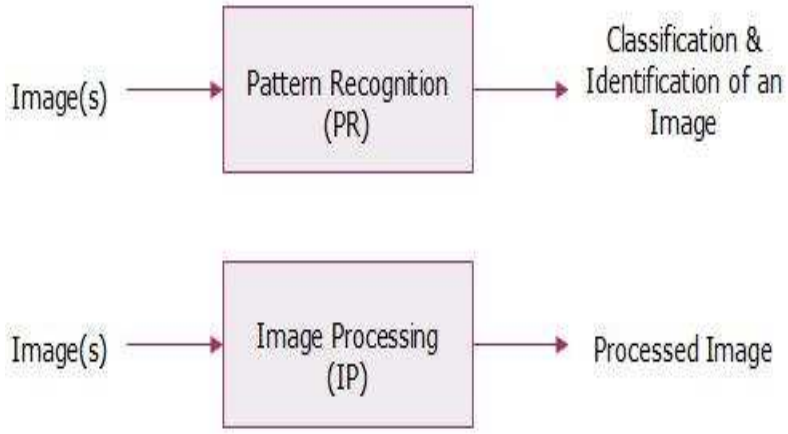
تطبيق الشبكة العصبية للتعرف الآلي على الوحدات الخطية العربية

هو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي، ويعني :

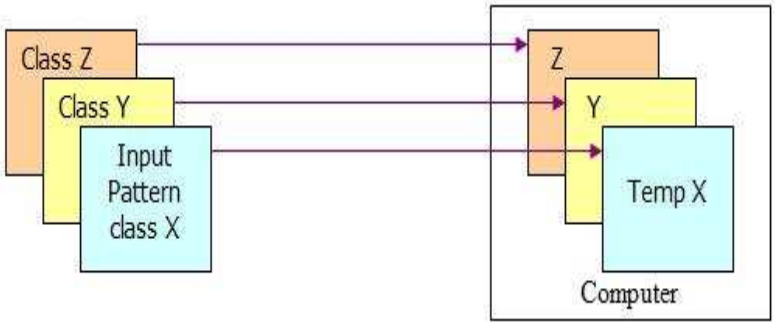
أولا: تمييز الخط، أي التعرف الآلي على الخط اليدوي.

ثانيا: إنتاج الخط، أي توليد حروف مطبعية تحاكي حروف الخط العربي.

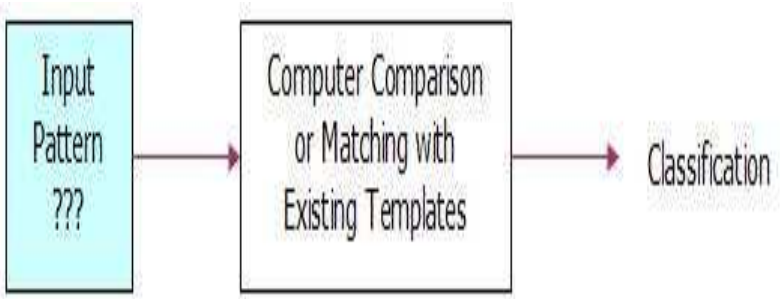
كما يوضحهما الرسم التالي :



مرحلة التعليم في هذه الطريقة تقوم على تخزين مجموعة من القوالب أوالنماذج، قالب من كل صنف في الحاسوب كما يوضح الرسم



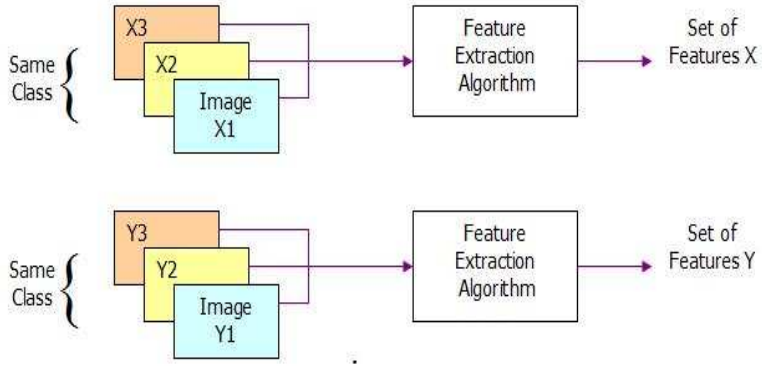
وفي مرحلة التصنيف تقارن الصورة الداخلة مع كل صنف فإن كانت نتيجة مقارنتها مع الصنف س مثلا أكبر من نتيجة مقارنتها مع الصنف ص فإنها تصنف ضمن الصنف س وهكذا. كما يوضح الرسم



عملية المقارنة، مع الصورة المخزنة على شكل مصفوفة وتقارن مع القوالب الموجودة في الجهاز وتعطي قيمة للمقارنة

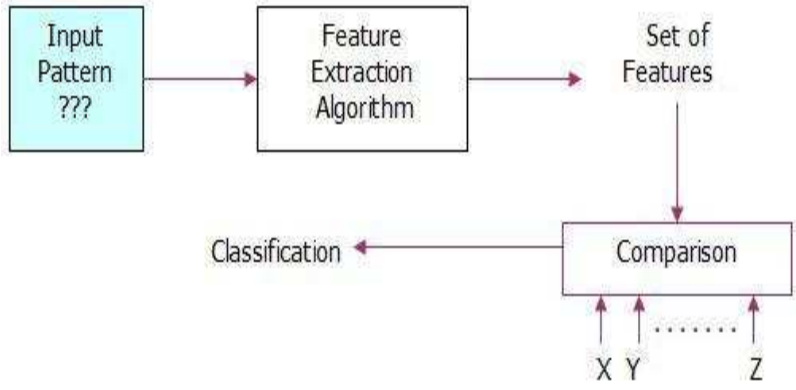
تعتبر هذه الطريقة هي الاختبار الجيد للقوالب من كل صنف بالإضافة إلى تحديد معايير المقارنة وخصوصاً لو كانت الصورة الداخلة تحمل تشوهات

ثم تأتي مرحلة التوصيف بحيث، يوصّف كل بواسطة مجموعة من الخصائص والتي من الممكن أن نعبر عنها بقيم حقيقية. في مرحلة التعلم: يقدّم كل نمط كمتجه من الخصائص كما يوضح الشكل.



.
.
.

أما في مرحلة التعرف أو التمييز والتصنيف، فهذه عادة تتم عن طريق تقسيم مساحة الوحدات الخطية إلى مناطق مجزأة، كل منطقة تقارن بالخصائص الموجودة فيها مع خصائص الصنف المخزنة كما توضح الصورة من حيث الشكل والحجم واللون.....وغيرها من الضوابط



تهيئة الوحدات الخطية للمعالجة الآلية:

- عملية المسح الضوئي: «تتمثل في تحديد وانتقاء العينات القابلة للتعرف بواسطة الآلة وجعلها صورة رقمية.
- عملية الترشيح: تتمثل في تصفية العينات من الشوائب الطارئة على صورتها.

التقطيع: تتمثل في تعيين وتصنيف الأجزاء الشكلية للعينات بحسب صفاتها التمييزية بعد تحديد الأدوات الإجرائية للوصول إلى العملية التمييزية»[ii]، ثم تليها عملية تسوية الهمزة العربية طبقا لقواعدها الخطية في خط النسخ العربي.

طرق تعليم الشبكة العصبونية:

تتعلم الشبكة عن طريق إعطائها مجموعة من أشكال الهمزة العربية، المختارة من خط النسخ، والتي تسمى فئة التدريب.

وتنقسم طرق تعليم شبكة عصبية إلى قسمين حسب فئة التدريب التي تعرض على الشبكة وهما:

التعليم بإشراف :

تقوم كل طرق التعليم أو التدريب بواسطة معلم للشبكات العصبية الاصطناعية على فكرة عرض البيانات التدريبية أمام الشبكة على هيئة زوج من الأشكال وهما الشكل المُدخل والشكل المستهدف.

التعليم بدون إشراف:

في هذه الطريقة تكون فئة التدريب عبارة عن متجه الإدخلات فقط دون عرض الهدف على الشبكة، وتسمى هذه الطريقة التعليم الذاتي حيث تبني الشبكات العصبونية الاصطناعية أساليب التعليم على أساس قدرتها على اكتشاف الصفات المميزة لأشكال وأنساق الهمزة العربية وقدرتها على تطوير تمثيل داخلي لهذه الأشكال وذلك دون معرفة مسبقة وبدون عرض أمثلة لما يجب عليها أن تنتجه وذلك على عكس المبدأ المتبع في أسلوب التعليم بإشراف.

التعليم بواسطة معلم على نمط تصحيح الخطأ :

يستخدم هذا النوع من التدريب لتعليم الشبكات الخطية ذات الطبقة الواحدة التي تستخدم لحل مسائل التقابل الخطي بين الإدخال والإخراج، حيث تقوم الشبكة بحساب إشارة الخطأ من خلال الفرق بين إخراج العصبون والإخراج المطلوب، ويتم تعديل قيم الأوزان عن طريق دالة الخطأ المسماة بتابع الكلفة بهدف تصغير الفارق عن طريق اشتقاق هذا التابع بالنسبة للأوزان الشبكية. تعتبر هذه الطريقة في التعليم من أهم طرق التعليم بإشراف وأكثرها شيوعاً

التعليم بواسطة معلم المعتمد على الذاكرة :

يتم في هذا النوع تخزين المعلومات المتوفرة عن البيئة في الشبكة العصبونية أي تخزين مجموعة التدريب التي هي شعاع الإدخال وشعاع الإخراج المقابل له ويتطلب هذا النوع من التعليم وجود معيار لتحديد تشابه الأشعة ووجود قاعدة بيانات متمثلة في:.

التدريب:

بعد تحديد القيم الابتدائية للأوزان والانحيازات بحيث تصبح الشبكة جاهزة للتدريب، فتتغير هذه الأوزان والانحيازات بشكل تكراري لغاية الوصول إلى القيمة الصغرى لتابع الكلفة أو ما يسمى تابع الأداء. لشبكات التغذية الأمامية الذي هو متوسط مربع الخطأ

الإحـالات

[i] - ينظر ترجمة – Pascal Bertolino : Contribution des pyramides irrégulières en segmentation d'images multirésolutions. Thèse présentée pour obtenir le titre en docteur p 420 و ينظر Analyse d'image filtrage et segmentation collectif coordonné par J.Pioquesez et Philipe S.,. préface de H. Maître. éd. Masson SNEL S.A. ISBN : 2-225-84-923-4.

[ii] - ترجمة Cilles Burel, Sermes Lavoisier, Jacques Broesch Introduction au traitement d'image, simulation sous MATLAB.1980