

## تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال معالجة نصوص المخطوطات العربية

## Applications of artificial intelligence in the field of text processing of Arabic manuscripts

بومديني محمد الياس

1 جامعة وهران -1 - احمد بن بلة /مخبر LASIA (الجزائر)، Boumediniilyes@gmail.com

تاريخ النشر: 2024/03/14

2023/10/04

تاريخ الاستلام: 2022/12/01

## ملخص:

سنحاول من خلال هذه الدراسة التطرق الى موضوع الذكاء الصناعي في مجال المخطوطات من خلال عرض لطريقة عمل البرامج الخاصة بالتعرف الالي على حروف اللغة العربية. يمكن لهذه التقنية التطوير من صناعة المحتوى الرقمي العربي الخاص بالتراث المخطوط وذلك من خلال امكانية تحويل نص المخطوط الى نص رقمي اعتمادا على صورة الرقمية فقط بمعنى تحويل اللغة المكتوبة في شكلها الرسومي المعروف على المخطوط الى شكلها الرقمي المعروف لدى أجهزة الحاسوب. تتركز عملية التعرف على حروف المخطوطات حول التعرف على الوحدات الخطية داخل الكلمة المفردة ثم التعرف على الكلمة ثم التعرف على الجملة وصولا الى التعرف على النص كاملا مستقبلا. تعتبر هذه التقنية الحلقة الثانية في عملية رقمنة التراث المادي والتي ما تساهم بشكل كبير في تحسين المضامين الرقمية والالكترونية والرفع من مستوى صناعة المحتوى الرقمي على الشبكة

الكلمات المفتاحية: الذكاء الصناعي- بالتعرف الالي على الحروف - المخطوطات - اللغة العربية -

**Abstract:**

We will try in this study to put the light on the subject of artificial intelligence in the field of manuscripts. We are going to present how do softwares for Optical character recognition. Arabic letters work? This modern technology can evolve the production of Arabic digital content Which deals with the manuscript heritage. So that we may easily convert the manuscript into a digital text from the scanned digital image only. In other words, converting the manuscript letters and words and their graphics

into letters currently used in computers. The operation of recognition of the manuscript letters is mainly based on recognizing the linear units or the smallest segments then a word, after recognizing a sentence, then eventually the whole text (we expect this in the future). We may consider this technology as the second factor or tool in the process of digitizing the tangible heritage, by its contribution in upgrading and ameliorating the field and raising the level of the digital content on the internet

**Keywords:** artificial intelligence; manuscripts; Arabic language; Optical character recognition.

#### مقدمة:

هناك ملايين المخطوطات الإسلامية عبر العالم أي ما يفوق بعشرة مرات عدد المخطوطات اللاتينية ومئة مرة عدد المخطوطات الاغريقية ومعظمها لم تدرس او تفهرس بعد. هو مشكل لا يزال مطروحا الى يومنا هذا لآكن دمج التكنولوجيا الحديثة في مجال معالجة هذا التراث يمكن ان يكون الحل. حيث انه ولأكثر من عقد، يسعى علماء الكمبيوتر والباحثون في مجال العلوم الإنسانية لإنتاج برامج كمبيوتر بإمكانها قراءة النصوص العربية بدقة وتحويلها إلى الصيغة الرقمية، وهي مهمة لم يتمكنوا من تحقيقها حتى وقت قريب. لكن الذكاء الاصطناعي بدأ بتغيير ذلك، مما يتيح إمكانية جعل الحصول على أرشيفات من الصحف والمجلات والكتب متاحًا للجميع على الانترنت. (طارق بوداود، 2017، 02)

قالت دومينيك أخون-شفارب، أمينة الكتب والمخطوطات النادرة في مدرسة الدراسات الشرقية والأفريقية SOAS، التابعة لجامعة لندن، في رسالة عبر البريد الإلكتروني، “حتى فترة طويلة، بقي التعرف البصري الدقيق والموثوق به على الحروف العربية نوعًا من السراب بالنسبة للأكاديميين وخاصة علماء اللسانيات وأمناء المكتبات. ومع ذلك، فإن التقدم الحاصل في هذا المجال في السنوات الأخيرة قد حول الأمر إلى حقيقة بشكل تدريجي.” (سميحة ناصر خليفة، 2018، 09)

وعليه جاءت هذه الدراسة لعرض طريقة عمل البرامج الخاصة بالتعرف على حروف اللغة العربية في المخطوطات ذلك لما توفره هذه التقنية من تطبيقات تساهم بشكل كبير من تطوير المحتوى الرقمي الخاص

باللغة العربية المتاح على شبكة الانترنت وعلى هذا الأساس تمحورت إشكالية هذه الدراسة في كيف

لتطبيقات الذكاء الاصطناعي ان تخدم مجال المخطوطات؟ وما هو مستقبل هذه التقنية؟

### الذكاء الصناعي Artificial Intelligence :

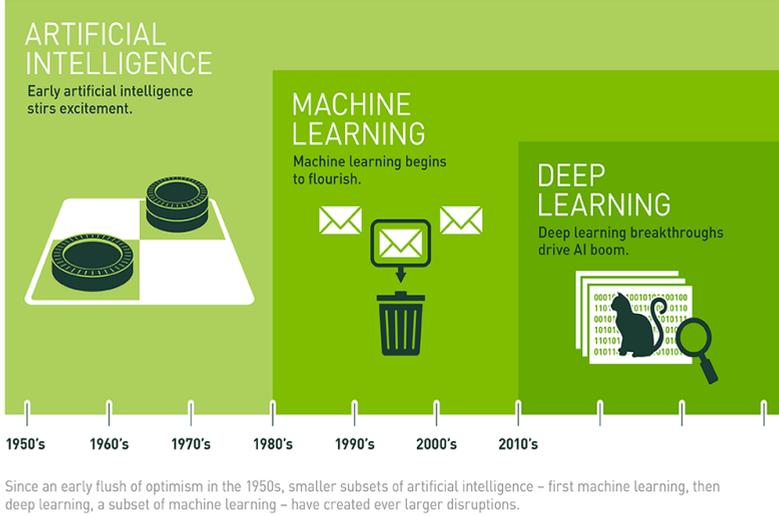
ظهور الذكاء الصناعي لأول مرة عندما قام مجموعة من العلماء الحاسوب بالإعلان عبر مؤتمر Dartmouth عام 1956 عن ولادة مجال الذكاء الصناعي, و منذ ذلك الحين اصبح هذا النوع من الذكاء مبشرا لمستقبل تكنولوجيا مشرق للحضارة الانسانية توسع الذكاء الصناعي بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية و خاصة منذ عام 2015 و الفضل يعود الى توفر وحدات معالجة الصورة GPU التي تستطيع القيام بالعمليات المعالجة المتوازية بشكل اسرع و اخص و اقوى بالتوازي مع سعة التخزين اللاهائية علميا و تدفق البيانات الكبيرة من كافة الانواع كالصور و النصوص ,و المعاملات المالية, او البيانات المتعلقة بالخرائط و العديد غيره في صيف عام 1956 كان حلم رواد الذكاء الصناعي هو بناء الات معقدة بالاعتماد على حواسيب ناشئة تمتلك نفس خصائص الذكاء البشري. أطلقوا على هذا المفهوم اسم "General" وهي عبارة عن الآلات تمتلك كل الحواس البشرى, وكل ما نملكه من افكار, بل وتفكر تماما كما نفعل. لكن في الواقع لم نرى هذه الآلات على ارض الواقع, لأننا لا نستطيع تطبيقها, ليس الان على لأقل. لكن ما نستطيع صناعته هو الآلات, أطلق عليها مصطلح, "Narrow" وهي عبارة عن تقنيات تستطيع تنفيذ مهام محددة بالجودة الانسان او حتى أفضل. مثال على Narrow AI, هي عمليات مثل تصنيف الصور Image Classification الموجودة في تطبيق Pinterest او عملية التعرف على الوجهة Face Recognition في Facebook في مطلع عام 2016 كثر استعمال المصطلحات الذكاء الصناعي Artificial Intelligence تعلم الالة Machine Learning والتعلم العميق (Depp Learning). (محمد عبد التراب، 2017، 22)

لتوضيح العلاقة بين هذه المصطلحات يمكن تصورها على شكل مستطيلات متحدة المركز:

الذكاء الصناعي: AI يعتبر المستطيل الاكبر فهي الفكرة التي ظهرت اولاً في المجال.

تعلم الالة: في الوسط فهي ازدهرت في الوقت لاحق بعد ال AI.

التعلم العميق: أصغر المستطيلات فهي، عبارة عن التوسع ال AI في الوقت الحاضر.



## صورة رقم 1 توضح التطور الزمني لتقنيات الذكاء الاصطناعي

### تعلم الآلة Machine Learning:

تعلم الآلة في أبسط تعريف له هو استخدام خوارزميات لتحليل البيانات والتعلم منها ثم اتخاذ القرار والتنبئي بالنتائج وذلك من الترميز الروتيني للبرامج بالمجموعة محددة نت التعليمات لإنجاز مهمة معينة. يمكن القول بان الآلة تتدرب باستخدام كميات كبيرة من البيانات والخوارزميات التي تعطيها قدرك على التعلم كيفية تنفيذ مهمة. ومن أبرز الخوارزميات الممنهجة التي تشملها تعلم الآلة نذكر: شجرة القرارات (Decision Tree) برمجة المنطق الاستقرائي (Inductive Logic Programming) التجميع (Clustering)، التعليم المعزز (Learning Reinforcement) والشبكات (Bayesian) بالإضافة لخوارزميات اخرى. (امال الزيدي، 2018، 13)

لاكن لأشياء من هذه الخوارزميات حقق الهدف النهائي المتمثل في الذكاء الصناعي العام. ومن أفضل مجالات تطبيق تعلم الآلة ما يعرف بالرؤية الحاسوبية اي التعرف على ماهية الصور والمثال التالي سيوضح لنا هذه التقنية.

المثال سيكون حول كيف يمكن للبرنامج التعرف على اشارة التوقف Stop في الصورة.

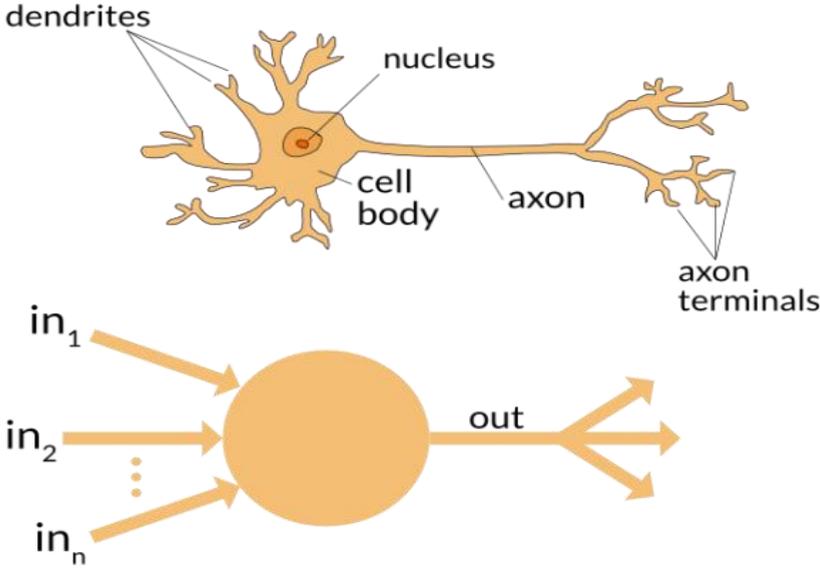
اولا يتم ادخال المصنفات يدويا وهي كالتالي:

- مصنف الكشف عن الحافة ليتمكن البرنامج من تحديد الاشارة من ثمانية اضلاع
- مصنف الكشف عن الحروف الاشارة وهي (S-T-O-P).
- مصنف الكشف عن الألوان الأحمر والأبيض

ناضج البرنامج جيد لآكن ليست ممتازة وذلك ان عند ادخال اي تشويش في الصورة، مثل وجود الضباب، والتحجب الاشارة عن طريق شجرة او طائر لا يمكن للبرنامج التعرف عليها. لا يمكن لرؤية الحاسوبية الكشف عن الصور ولم تقترب من المنافسة البشر حتى وقت قريب جدا. ومن هنا بدا التفكير في تقنية جديدة تزيل الغموض عن الرؤية الحاسوبية وتجعل النتائج ممتازة بدلا من جيدة فظهر ما يعرف بالتعلم العميق والشبكات العصبونية الصناعية Neural Networks.

### التعلم العميق Deep learning:

الشبكات العصبونية او Neural Networks وهي ما بدت طريقة الافضل للتعلم العميق نظرا لقدرة هذه الانظمة على التعلم القواعد الخاصة من الصفر فهي تستخدم طريقة شبيهة بألية عمل الدماغ البشر عن طريق طبقات من الخلايا العصبونية فعند تعريض صورة مثلا لمثل هذا النظام تلاحظ كل طبقة نمط معين في الصورة فمثلا الطبقة الأولى قد تلاحظ حدود الصورة وطبقة اخرى تلاحظ الألوان... الخ، لم يكن الأداء الأول لهذا النظام أفضل من النظام الموجود ولكن تطور حتى وصلنا الآن الى ان معظم التطبيقات الكبيرة. (محمد عبد التراب، 2017، 33)



الصورة رقم 2 يوضح الفرق بين الشبكة العصبية الالكترونية والشبكة العصبية البيولوجية

ولفهم طريقة عمل الشبكات العصبية نعود للمثال الأول الخاص بإشارة التوقف Stop وكما قلنا سابقا تنقسم مصنفات الكشف في صورة اشارة التوقف الى (شكلها المثلث، لونها الاحمر، حروفها S-T-O-P) يتم معالجة هذه الوصفات بواسطة الشبكات العصبية من خلال تسجيل هذه المصنفات كل طبقة من خلايا الشبكة ومنه تقرر هذه الأخيرة إذا كانت الصورة هي اشارة توقف ام لا كذلك تعطي مجموعة احتمالات اعتمادا على البيانات التي عالجتها. (عاصم عبد الفتاح نبوي، صبري عبد الله محمود، 2018، 03)

مقارنة بالنتائج المتحصل عليها في سابقا في الرؤية الحاسوبية تمكنت الشبكات العصبية من جعل النظام متأكد بالنسبة 86% على انها اشارة توقف ونسبة 7% على انها علامة تحديد سرعة و5% على انها ليست اشارة بالأصل، وهنا يأتي دور بنية الشبكة لتحديد ما إذا كانت النتائج السابقة صحيحة ام خاطئة. 2. وانه خلال عملية تدريب الشبكة فأنها تأتي بالكثير من الاجوبة الخاطئة في البداية، فعملية

التدريب نحتاج لمئات آلاف من الصور حتى يتم ضبط الأوزان على مداخل الخلايا المحيطة للعلامة (ضباب-شمس-مطر-الخ...)، عند هذه المرحلة يمكن القول ان الشبكة العصبونية قد عملت نفسها كيف تبدو اشارة التوقف Stop. وهو ما قام به برنامج ALPHA GO تابع لشركة Google و التي تعلم لعبة GO و تدرب عليها عن طريق اللعب ضد نفسه مرارا و تكرارا و تمكن من هزيمة المحترف Lee Se-Dol من كوريا الجنوبية. واخيرا أصبح التعرف على الصور والاشياء عن طريق التعلم العميق أفضل من البشر في بعض الحالات وشمل كثير من المجالات مثل تحديد مؤشرات لمرض السرطان في الدم والتعرف على الأورام في التصوير بالرنين المغناطيسي اضافة الى عمليات الترجمة والتعرف على الحروف وخاصة كتابة اليد وهو ما سنتناوله في العنصر التالي.

### الذكاء الصناعي أداة ليعرف على الحروف:

يشهد البحث و التطوير في مجال التعرف البصري على الحروف OCR توسعا كبيرا في السنوات الأخيرة بنوعيه المتزامن و الغير متزامن ولعل البداية الفعلية لهذه التقنية جاءت كمشروع من طرف فورييه دالب FOURIER DELBE و ذلك بصناعة لالة القارئة للحروف سنة 1912 و كان الغرض منها المعالجة الالية للملفات اللادارية كالعقود و الشهادات الميلاد و الشيكات البنكية و العناوين البريدية لآكن كان تطبيقه فقط في اللغات الأجنبية ثم جاءت بادرة الباحث منصف الشرفي و الفريق المشارك معه في مجال التعرف على العناوين البريدية بالغة العربية و كانت النتائج النهائية لهذه التقنية جد مشجعة و قابلة لتحسن مستقبلا (بكر عبد الله خورشيد وآخرون، 2016، 535)

ان ما يميز اللغة العربية هو تشابه الحروف مع اختلاف عدد نقاط ومواقعها في كل حرف اضافة الى مشكل اختلاف كتابة الحرف الواحد من كاتب الى اخر ولا ننسى مشكل اذ كان الحرف مضبوط ام لا كلها عوائق وقفت امام تطور هذه التقنية

### التعرف على حروف المخطوطات:

ان تطبيق تقنية التعرف البصري على الحروف لم يختصر على الطباعة الحديثة بل انتقل الى مجال يعتبر من اهم المجالات في العصر الحديث وهو التراث المادي المخطوط. من اول تطبيقات هذه التقنية في مجال المخطوطات مجموعة من الجهود الفردية والجماعية لتطوير ورقمنة ومعالجة المعلومات والوثائق القديمة نذكر على سبيل المثال مشروع BAMB I و مشروع DEBORA والذي يمثلان منعطفًا حاسمًا في مجال رقمنة المكتبات ونظامًا متكاملًا لاطلاع الرقمي على الوثائق القديمة او المعلومات الخاصة بها. ( Nicolas

(04،2018، Patrice Ract، Géraldine Péoc'h، Jean Guillemain، Barbeya

اما من جانب المخطوطات العربية توجد مشاريع لرقمنة المخطوطات وهي في طور الإنجاز مثل برنامج ذاكرة الامة والمدعوم من طرف منظمة ليونسكو لكن تفضل الجهود المبذولة في هذا المشروع محدودة إضافة الى عدم التركيز على جانب المعالجة الرقمية لنسخ الرقمية (Sylvie Calabretto, Andrea Bozzi).

(02،2017،JeanMarie Pinon

بصفة عامة ان تطبيق تقنيات الذكاء الصناعي في مجال المخطوطات العربية يبقى مهملاً في اغلب الأحيان لآكن من جانب اخر تبقى البحوث والدراسات متواصلة في استدعى الاهتمام خاصة في عصر الذي نعيشه والذي أصبحت فيه التكنولوجيا سيدة الموقف في كثير من مجالات الحياة. والعنصر التالي سنحاول من خلاله عرض لطريقة عمل هذه التقنية في مجال التعرف على حروف المخطوطات

**الذكاء الاصطناعي اداة للتعرف على حروف المخطوطات:**

تقوم عملية التعرف البصري على حروف المخطوطات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على ثلاث مراحل أساسية تختلف تسميتها من برماجية الى أخرى لآكن تبقى الأدوات المستخدمة في كل مرحلة في نفسها يتم في المرحلة الأولى جمع البيانات المراد معالجتها وهي النسخ الرقمية للمخطوطات ثم تأتي المرحلة التالية والتي يتم فيها استخراج الخصائص التمييزية للحرف ليتم بعدها تدريب الشبكات العصبية الخاصة بالنظام للتعرف على هذه الخصائص كمرحلة أخيرة (عمر ديدوح،2011،193)

المثال الذي سنعتمده في هذه الدراسة يعتمد على لغة الترميز MATLAB وهي لغة معتمدة في كثير من برمجيات معالجة الصورة والنصوص تعتمد هذه التقنية على المراحل التالية:

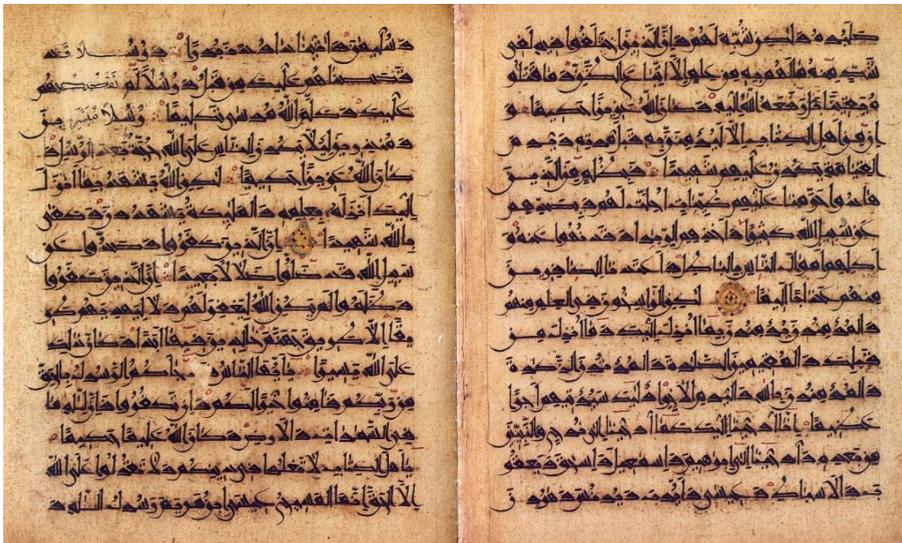
مرحلة ما قبل المعالجة	مرحلة المعالجة	مرحلة ما بعد المعالجة
استقبال الصورة	التقطيع واستخراج الخصائص	التصنيف والتعرف

### مرحلة ما قبل المعالجة:

اعتمدنا في هذه الدراسة على التعرف على حرف س في المخطوطات يمكن تطبيق هذه العملية على جميع حروف اللغة العربية لنتمكن في الأخير من انشاء قاعدة بيانات تحتوي على الخصائص التمييزية للحرف في المخطوطات العربية ( Mustapha Oujaoura, Rachid El Ayachi, Mohamed )  
 (20,2018,Fakir, Belaid Bouikhalene, Brahim Minaoui

### 1- استقبال صورة الحرف:

تتم هذه العملية عن طريق جهاز سكاينير لتحصل في الأخير على صورة رقمية للمخطوط إضافة الى استخراج حرف ال س المراد معالجته



الصورة رقم 3 نسخة من المخطوط الرقمي

## 2- قلب مصفوفة الصورة الرقمية inversion pixels:

يتم في هذه العملية قلب مصفوفات الصورة الرقمية وذلك من خلال عكس المربعات المكونة لصورة الى تحويل المربعات من اللون الابيض الى الاسود العكس يتم بالتوازي مع هذه العملية صورة لتسهيل معالجتها داخل الحاسوب، وذلك بإزالة جميع الشوائب الطارئة، والتي هي عبارة عن معلومات زائدة مزاحمة للمعلومات الأصلية الموجودة في الصورة، فقد تكون عبارة عن نقط سوداء وخطوط عشوائية ليس لها وظيفة في شكل الحرف ويمكن تعديل هذه المعلومات وإزالة شوائبها بعدة طرق وذلك بحسب درجتها المتواجدة في الصورة. ( M. Charfi, W. Boussellaa, M. Ben Halima, )  
(28,2014, M. Chakroun, S. Rojbi, A. M. Alimi

مرحلة المعالجة:

### 1- مرحلة التقطيع:

يكمن الهدف من هذه المرحلة هو تقسيم الجملة الى كلمة ثم الكلمة الى حروف باستعمال عدّة مؤثرات (Opérateurs) على الصورة، والمؤثر (Deriche canny) الأكثر استعمالا في معالجة الصورة، والأدق حساسية للشوائب، والأكثر دقة في تحديد محيط وحجم ومساحة الحرف لتسهيل عملية التقطيع وإنجاحها.

### 2- استخراج الخصائص التمييزية:

تعتبر هذه العملية المرحلة الفاصلة في كل هذا النظام او التقنية حيث ان حجم الخصائص التمييزية المستخرجة من الحرف هي التي تحدد مدى نجاح الشبكات العصبية الاصطناعية في التعرف على الحرف. يمكن استخراج الكثير من الصفات التمييزية للحرف لكن اكتفينا بذكر 3 امثلة لفهم مبدأ عمل هذه المرحلة:

#### 1- حساب محيط الصورة

2- حساب مركز ثقل الصورة

3- حساب المسافة بين مركز الثقل والمحيط

4- حساب نسبة التناظر المركزي للصورة بزاوية 180 درجة

### 3- مرحلة ما بعد المعالجة:

ان عملية تمييز صورة الحرف غاية في الصعوبة و ذلك انها تتأثر بمجموعة من العوامل مثل تشوهات الصورة لذلك اعلمب أنظمة التمييز تحاول حل هذه المشكلة بإنشاء قاعدة بيانات كبيرة تحتوي على جميع الاحتمالات التي قد تكون في الصورة اثناء عملية التمييز ، ولاكن هذا السلوب يأخذ الكثير من الوقت و سعة التخزين لذلك تم استخدام السلوب جديد وهو التمييز عن طريق الشبكات العصبية الالكترونية حيث تحتوي هذه الأخيرة على مجموعة من الطبقات تعمل كل طبقة على تخزين صفة تمييزية مستخرجة من الحرف و يتم تغيير ادخال هذه الخصائص كل مرة و طوال عملية التدريب ما يزيد من نسبة التعرف على حرف و ينهي مشكل التشوهات . ( منصف الشرفي، منجي خير الله، عبد الكريم البعتي، محمد عادل العليمي، 2007، 25)

### نتائج الدراسة:

- عملية التعرف على الخط العربي المخطوط أكثر من التعرف على الخط المطبوع نظرا الى ان الكاتب نفسه لا يعيد كتابة الحرف بنفس الشكل
- عملية تدريب الشبكات العصبية على التعرف على الحرف المكتوب بخط اليد لايزال في مرحلة التطوير والبحث ولم يصل ال مرحلة التصنيف الفعلي لكنها قابلة للدعم مع أنظمة أخرى كسلاسل ماركوف الخفية والمنطق الضبابي، للرفع من نسبة التعرف.
- ان عملية التعرف على الكتابة المتكونة من حروف متقطعة مثل اللغات الأجنبية أسهل من الأخرى المتصلة مثل الموجودة في اللغة العربية

- ان مرحلة التقطيع واستخراج الخصائص التمييزية هي المرحلة الحاسمة في هذه التقنية فحجم الاستخراج ونوعية الاستخراج يساعد كثيرا في تدريب الشبكت العصبية ومنه يتم اختصار الوقت في عملية التدريب والتعرف.

#### خاتمة:

لاشك في ان المخطوطات تعكس جوهر الحضارة العربية الإسلامية و خصوصيتها كما انه يمثل في الوقت نفسه بالنسبة لنا نحن العرب و المسلمين أبناء تلك الحضارة عنصر هوية ، و مقوم أساسي من مقومات ذاكرتنا و ماضينا و حامل من حوامل ثقافتنا و تاريخنا ، .و هذا ما جعله اهم تراث مكتوب بل لعله التراث الإنساني الوحيد الذي قاوم عوامل الزمن و بقيا محفوظا بصورة كبيرة قياسا بأوعية التراث في حضارات إنسانية الأخرى الغير إسلامية بالحديث عن حفظ و اتاحة المخطوطات و بالأخص في الآونة الأخيرة لم تعد تسائر هذه الاليات التقليدية واقع و الحال الذي الت اليه المخطوطات و هو ما جعلنا نفكر في اليات حديثة تحل مكان أساليب الحفظ التقليدية لنجد انفسنا امام حتمية تطبيق التكنولوجيات الحديثة في مجال المخطوطات وقد حاولنا من خلال هذه الدراسة تسليط الضوء على تطبيقات الذكاء الاصطناعي و التي تعد المستقبل الواعد في معظم مجالات الحياة. تناولته دراستنا مقارنة لكيفية دمج هذه التقنية في مجال معالجة نصوص المخطوطات تمكنا من عرض جميع مراجل هذه العملية إضافة الى اهم الصعوبات التي تواجه المطورين اثناء التعامل مع هذا النوع من اوعية المعلومات.

قائمة المراجع:

- 1-عاصم عبد الفتاح نبويّ، صبري عبد الله محمود: تمييز حروف اللّغة العربية المكتوبة آليا باستخدام الشبكات العصبية ذات الانتشار الرجوعي-ص:03
- 2-منصف الشّرفي، منجي خير الله، عبد الكريم البعتي، محمد عادل العليمي: التّعرف الآلي على العناوين البريدية المخطوطة بالعربية باستعمال تمثيل بيتا بيبضاوي للكتابة-. المجلة العربية لعلوم وهندسة الحاسوب- العدد الأول - ط1-2007م.
- 3-عمر ديدوح: مقارنة توصيفية للتعرف الآلي على الخط العربي اليدوي-ص:193  
بكر عبد الله خورشيد وآخرون: حوسبة الحرف العربي حرف الميم المعزولة بخط التّسخ أمودجا -ص:535
- 4-عاصم عبد الفتاح نبويّ، صبري عبد الله محمود: تمييز حروف اللّغة العربية المكتوبة آليا باستخدام الشبكات العصبية ذات الانتشار الرجوعي-ص:03
- 5-طارق ابوداود، الذكاء الاصطناعي، 2017، متاح على الخط [/https://www.nmthgiat.com](https://www.nmthgiat.com)  
اطلع عليه يوم: 2019/07/10
- 6-سميحة ناصر خليفة، تطبيقات الذكاء الاصطناعي، 2018، متاح على الخط  
<https://www.rqiim.com/mohamed-abdultawab>، اطلع عليه يوم: 2019/07/10
- 7-محمد عبد التراب، الفرق بن الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلة والتعلم العميق، 2017 متاح على الخط:  
[/https://www.noor-book.com](https://www.noor-book.com)، اطلع عليه يوم: 2019/08/02
- 8-امال الزيدي، الذكاء الاصطناعي تعلم الآلة والتعلم العميق، 2018 متاح على الخط: -  
<https://attaa.sa/library/view/159>، اطلع عليه يوم: 2019/08/11
- 9-Nicolas Barbey, Jean Guillemain, Géraldine Péoc'h, Patrice Ract : La renaissance du livre ancien : bilan du projet DEBORA et perspectives d'avenir- p: 04
- 10-Sylvie Calabretto, Andrea Bozzi, Jean-Marie Pinon : Numérisation des manuscrits médiévaux : le projet européen BAMBI

- 11-M. Charfi, W. Bousellaa, M. Ben Halima, M. Chakroun, S. Rojbi, A. M. Alimi: A new system for digitization and processing the images on Arabic old documents.
- 12-Zyad M. Shaaban : A New Recognition Scheme for Machine- Printed Arabic Texts based on Neural Networks- p : 469
- 13-Mustapha Oujaoura, Rachid El Ayachi, Mohamed Fakir, Belaid Bouikhalene, Brahim Minaoui : Zernike moments and neural networks for recognition of isolated Arabic characters.