

التعرف على خط اليد في المخطوطات العربية التاريخية
وتحويلها إلى نصوص مكتوبة قابلة للفهرسة والبحث
باستعمال تقانات التعلم العميق

Handwritten Recognition of Arabic Historical Documents Transforming it to Indexed Searchable Texts Using Deep Learning Technologies

د. محمد سعيد دسوقي¹

الجامعة العربية الدولية، استرداد درعا غباغب سورية

s-desouki@aiu.edu.sy

¹ <https://www.aiu.edu.sy/ar/31-12893/%D8%A3.-%D8%AF-%D9%85%D8%AD%D9%85%D8%AF-%D8%B3%D8%B9%D9%8A%D8%AF-%D8%AF%D8%B3%D9%88%D9%82%D9%8A>

الملخص

تعتبر المخطوطات العربية كنزاً حضارياً وفكرياً ضخماً يوثق تقدم العرب في مختلف العلوم. تتوفر مجموعة كبيرة من هذه المخطوطات في مكتبات مختلفة من العالم وفق صيغ الكترونية على شكل صور أو ملفات PDF، يحتاج تحقيقها والاستفادة من معلوماتها القيمة إلى جهود كبيرة ووقت كثير، إذ لا يمكن إدراجها ضمن فهارس محركات البحث أو البحث ضمنها واسترجاع معلوماتها. يهدف هذا البحث إلى بناء نظام حاسوبي يسمح بالتعرف على النصوص المكتوبة بخط اليد في المخطوطات العربية القديمة وتحويلها إلى نصوص قابلة للتعديل يمكن فهرستها في محركات البحث، بما يسمح بسهولة البحث ضمنها، فيما يعرف اليوم بالتعرف غير المتصل على خط اليد **offline handwritten recognition**. يعتبر التعرف غير المتصل على الخط المكتوب باليد من المسائل الصعبة في هندسة البرمجيات، التي تم التصدي لها بمنهجيات مختلفة. تزداد صعوبة التعرف في اللغة العربية لما لهذه اللغة من خصائص ولما تطرح من اختلافات عند الكتابة بخط اليد. نقترح التصدي للمسألة وفق مقارنة تعلم تراكمية وباستعمال شبكة عصبونية للتعلم العميق، تأخذ بعض الصفحات التي جرى التعرف عليها يدوياً للتعرف على باقي الصفحات.

الكلمات المفتاحية

التعرف على خط اليد، تحقيق المخطوطات، التعلم العميق.

Handwritten Recognition of Arabic Historical Documents Transforming it to Indexed Searchable Texts Using Deep Learning Technologies

**التعرف على خط اليد في المخطوطات العربية التاريخية
وتحويلها إلى نصوص مكتوبة قابلة للفهرسة والبحث
باستعمال تقانات التعلم العميق**

Mohammad Said Desouki²

**Arab International University, Daraa Highway
Ghabagheb, Syria**

s-desouki@aiu.edu.sy

² <https://www.aiu.edu.sy/en/31-12893/Prof.-Dr.-MHD-Said-Desouki>

Abstract

Historical Arabic documents can be considered as a huge cultural and intellectual treasure documenting the progress of Arabs in various sciences. A large number of these documents is available in different libraries around the world in electronic formats as images or PDF files which require great efforts and long time to benefit from their valuable information, as it cannot be included in search engines indexes to retrieve their information. The aim of this research is to build an Offline Handwritten Recognition system to recognize texts written in Historical Arabic documents to transform it to transcripts of editable texts that can be indexed by search engines and searched easily. The offline recognition of handwritten is considered one of the difficult problem in software engineering that were conducted by different approaches. The difficulties are more with Arabic due to its special nature and diversity of Arab handwritten. We propose to tackle the problem using an incremental learning approach and using a deep learning neural network that takes some pages that were recognized manually to learn how to recognize other pages.

Keywords

Handwritten Recognition, Historical Documents, Deep Learning.

مقدمة

تتوفر مجموعة كبيرة من المخطوطات العربية في مكتبات مختلفة من العالم وفق صيغ الكترونية على شكل صور أو ملفات PDF، يحتاج تحقيقها والاستفادة من معلوماتها القيمة إلى جهود كبيرة ووقت كثير، إذ لا يمكن إدراجها ضمن فهرس محركات البحث أو البحث ضمنها واسترجاع المعلومات القيمة التي تحويها . نطمح في هذا المشروع إلى بناء نظام حاسوبي يسمح بالتعرف على النصوص المكتوبة بخط اليد في المخطوطات العربية التاريخية القديمة، وتحويلها إلى نصوص قابلة للتحليل يمكن فهرستها والبحث ضمنها بسهولة وإدراجها في فهرس محركات البحث ونظم استرجاع المعلومات، وذلك باستعمال شبكة تعلم عميق عصبونية يجري تدريبها على بعض الصفحات التي جرى التعرف عليها يدوياً لتتعلم التعرف على باقي الصفحات.

نعتد في هذا البحث على منهجية تعلم تراكمية تبدأ بتدريب شبكة عصبونية الثقافية
تكرارية على أقل ما يمكن من الصفحات والتي جرى التعرف عليها يدوياً من مخطوطة
تاريخية عربية، لتتعرف على صفحات جديدة بنسبة مقبولة يمكن أن يقوم محقق خبير
بتصحيحها في بداية التعلم للمضي قدماً في مرحلة التدريب وتعليم الشبكة كيفية
التعرف، ثم الاستمرار بالتدريب التراكمي إلى حين الوصول إلى تعرف كامل على
باقي صفحات المخطوطة.

الأعمال السابقة

يعتبر التعرف غير المتصل على الخط المكتوب باليد من المسائل الصعبة في هندسة
البرمجيات التي تم التصدي لها بمنهجيات مختلفة بعضها تقليدي يتناول المسألة
باعتبارها مسألة تصنيف، ويعتمد على معالجة الصور وتقسيمها إلى صور صغيرة

على مستوى الحرف ثم تصنيفها بحسب مطابقتها لصور الحروف الموجودة سلفاً. لم تحقق هذه المنهجيات نجاحاً كبيراً خصوصاً في اللغة العربية لما لهذه اللغة من خصوصية ولا سيما عندما تكتب بخط اليد. تكمن صعوبة المسألة في خصوصية اللغة العربية والكتابة بخط اليد فيها من حيث وجود أشكال متعددة للحرف نفسه بحسب موقعه من الكلمة، ووجود حروف منقطة وغير منقطة لها الشكل نفسه، مع احتمال عدم تنقيط الحروف المنقطة في الكتابات القديمة، أو إمكان اجتماع عدة حروف في المساحة الأفقية المخصصة لحرف واحد، أو الاختصارات أو الإضافات المتعددة التي يستعملها المؤلفون مثلاً في التنقيط والتشكيل، مما يجعل احتمال الخطأ في التعرف أكبر. ناهيك عن أن خط اليد يختلف من كاتب إلى آخر وربما يختلف عند نفس الكاتب من فترة إلى أخرى. تضيف المخطوطات التاريخية تحديات أخرى

تتمثل في تغيير طريقة الكتابة أو عدم وضوح النصوص أو فقدان أجزاء منها نظراً
لقدمها.

للتغلب على الصعوبات المذكورة يلجأ الباحثون غالباً إلى تقسيم صور المخطوطات
إلى صفحات أو أسطر أو كلمات أو مقاطع كلمات أو حروف. ثم تجري مطابقة
التقسيم المعتمد مع ما يقابله من نصوص في مجموعة المعطيات المستعملة. يمكن
أن تجري هذه المطابقة عن طريق التصنيف بالطرق التقليدية أو عن طريق التعلم
بالشبكات العصبونية.

قد يكون التقسيم إلى سطور سهلاً إذا اتبع المؤلف حجماً واحداً للخط في جميع
الصفحات لكن في معظم المخطوطات ومن بينها المخطوطة التي بين أيدينا نجد
حجوماً مختلفة للخط ضمن النصوص تكون أحياناً كبيرة للعناوين أو صغيرة

للحواشي. يمكن أن نجري تعريفاً على حجم الخط مما يساعد في عملية التقسيم إلى
سطور بعد ذلك [3].

التقسيم على مستوى الكلمة قد يكون أسهل لكن سيزداد فضاء الحالات بشكل كبير
ليشمل جميع كلمات اللغة العربية مما يستدعي استعمال المعاجم اللغوية ونظم
الاشتقاق والتصريف وموارد لغوية أخرى. حيث يمكن أن يكون لدينا عدة مراحل من
المقارنات:

1. مع كلمات مستخرجة من نظام تحصيل الكلمات بعد تطبيقه على نسخ
مختلفة في حال توفر أكثر من نسخة من المخطوطة نفسها.

2. مع كلمات القرآن الكريم في حال كان المخطوط شبيهاً بالمثال الذي نعمل
عليه حالياً.

3. مع كلمات من كتب شبيهة من المكتبة الشاملة مثلاً.

4. مع جميع كلمات اللغة من طول معين.

5. مع جميع كلمات اللغة.

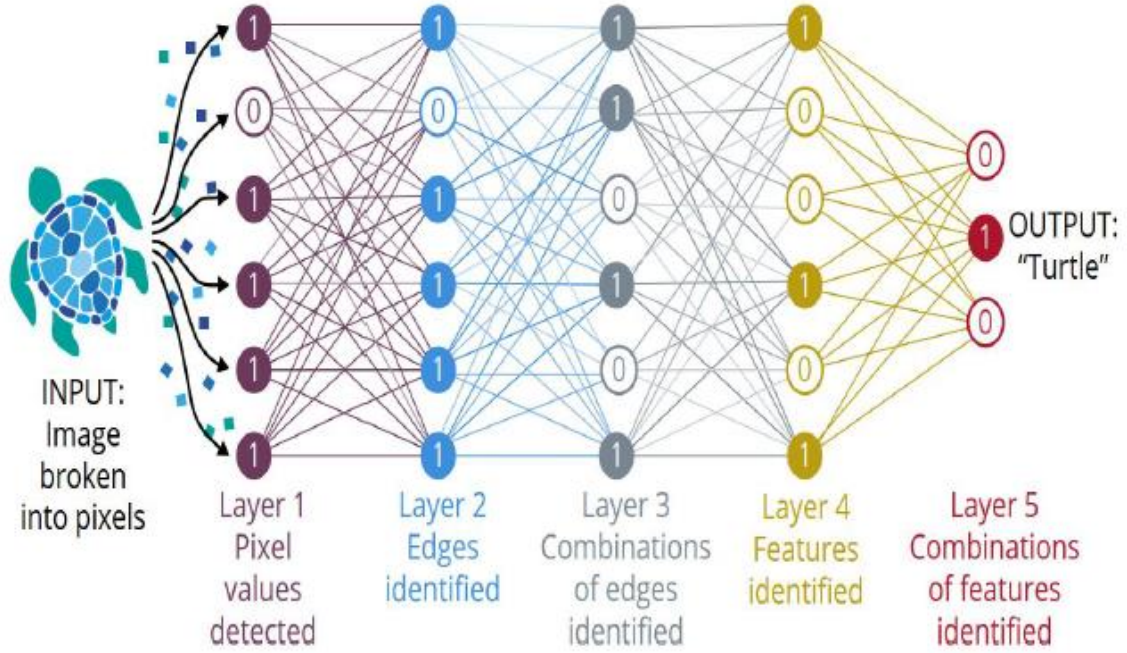
بالعمل على مستوى الحرف نقوم بتقسيم الصورة برمجيّاً إلى صور صغيرة جداً يتضمن كل منها حرف واحد، نقابله مع حروف اللغة العربية. بذلك ننقل المسألة إلى مسألة تصنيف عدد الأصناف فيها : 28 حرف أول الكلمة + 28 حرف وسط الكلمة + 28 حرف آخر الكلمة، طبعاً عدا الحروف التي تكتب بنفس الطريقة في كل الأماكن، وباستثناء الحالات التي تتجم عن الحروف التي لا تأتي بعد بعضها. لكن يبدو أن هذا التقسيم سيكون صعباً جداً انطلاقاً من الصورة الأولى بسبب طبيعة الكتابة باللغة العربية بخط اليد وتراكب الحروف، لذلك يمكن أن يكون في مرحلة ما بعد التقسيم إلى كلمات [2].

تعتمد الطرق التقليدية على تصنيف الكلمات أو مقاطع الكلمات أو الحروف بحسب مطابقتها مع عناصر مجموعة المعطيات. استعملت هذه الطرق لوقت طويل في التعرف وحقت نتائج جيدة لكنها غير فعالة في حالة المخطوطات. يمكن أن تتبع هذه العمليات طريقة هرمية تنازلية كما في [10] أو تعتمد على معالجات أولية يمكن أن تستعمل التعلم العميق كما في [17]، أو على مقاربات هندسية لأشكال الحروف كما في البحث المنشور [15].

تُستعمل اليوم تقانات التعلم العميق لتدريب الشبكات العصبونية على مجموعات من المعطيات تتضمن مسائل محلولة، لتتمكن فيما بعد من إيجاد حلول لمسائل جديدة تُعطى لها ضمن مجموعات معطيات أخرى. ظهرت مؤخراً تطبيقات كثيرة تستعمل هذه التقنيات في مجال المعالجة الآلية للغات الطبيعية، توجه بعضها لمعالجة اللغة العربية.

مع تقدم تقانات التعلم العميق واستعمالها في مجال المعالجة الآلية للغات الطبيعية، بدأت تظهر مؤخراً منهجيات للتعرف على خط اليد تعتمد على هذه التقانات. لكن بحسب معرفتنا القليل من العمل تم إنجازه في التعرف على النصوص العربية المكتوبة بخط اليد باستعمال تقانات التعلم العميق ولم يستعمل أي منها منهجية تدريب تراكمي باستعمال شبكات عصبونية التفاضلية تكرارية.

الشبكات العصبونية التفاضلية هي شبكات عصبونية هرمية عميقة متعددة الطبقات بأوزان قابلة للتدريب وفق خوارزميات النشر العكسي التي تم استلهاها من طريقة معالجة المعلومات في الدماغ البشري. تظهر الصورة التالية منهجية عمل التعلم العميق باستعمال الشبكات العصبونية.



منهجية عمل التعلم العميق باستعمال الشبكات العصبونية

يمكن لهذا النوع من الأعمال تناول المسألة على مستوى مقاطع الكلمات كما في

[1]. ومنها ما يعتمد على نافذة منزقة تمثل كثافة النقاط في الكلمة مثل [4]. في

عمل آخر [15] يستعمل شبكة عصبونية التفاضلية لتقدير تكرار السلاسل من طول n

لصورة كلمة. في [7] يقترح المؤلفون استخراج الميزات باستعمال الشبكة ثم استعمال

نموذج ماركوف لقياس التشابه بين ميزات الكلمات.

لم تتطرق الأعمال السابقة لنصوص المخطوطات المكتوبة بخط اليد بل تناولت خط

اليد عموماً فتجاوزت الكثير من التحديات التي تفرضها طبيعة المخطوطات القديمة.

المخطوطة المستعملة

فتح المنان في تفسير القرآن المعروف بتفسير العلامة لقطب الدين محمود بن

مسعود بن مصلح الشيرازي

تتوفر لدينا نسختان من هذه المخطوطة: نسخة أسعد أفندي المؤلفة من 192 صفحة،

ونسخة حكيم أوغلو المؤلفة من 191 صفحة. تم تحقيق جزء من هذه المخطوطة في

رسالة ماجستير للطالب محمد نور كنجو في معهد العلوم الاجتماعية في جامعة

مرمرة، وقد استعنا ببعض أجزاء من النص المحقق بهدف توفير بعض الصفحات
المفرغة من المخطوطة، كما قمنا يدوياً بتفريغ أجزاء أخرى نصياً من المخطوطة
بهدف توفير معطيات أكثر للتدريب. في الصفحات التالية نماذج من المخطوطة،
الأولى من نسخة أسعد أفندي والثانية من نسخة حكيم أوغلو.

نلاحظ من الصور المرفقة التحديات التي تطرحها هذه المسألة من تنوع طرائق الكتابة
وأحجام الخطوط وميلان الخط ووجود الفراغات والاختصارات والتنقيط وعلامات
التنقيط والفواصل بين الجمل.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ وَمَا تَفْقَهُ إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَالِیْهِ اِنْبِیْ
 الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِیْ سَهَّلَ لِعِبَادِهِ الْمُتَّقِیْنَ اِلَى مَرْضَاتِهِ سَبِيْلًا وَاَوْضَحَ لَهُمْ طَرِیْقَ الْهُدٰی وَجَعَلَ اِتِّبَاعَ الرَّسُوْلِ
 عَلَيْهِمَا دَلِیْلًا وَاَتَّخَذَهُمْ عَسِیْكَالَهُ فَاَقْرَبَ لَهُ بِالْعُبُوْدِیَّةِ وَلَمْ یَتَّخِذْ وَا مِنْ دُوْنِهِ وَكَلِیْلًا وَكَتَبَ فِی قُلُوْبِهِمْ
 الْاِيْمَانَ وَاَبْرَزَ رُوحَ مَنْهٖ لَمَّا رَضُوْا بِاللَّهِ رَبًّا وَبِآلِهِ سَلَامًا دِیْنًا وَبِالْقُرْآنِ اِمَامًا وَبِمُحَمَّدٍ رَسُوْلًا
 وَاَقَامَ لَهُمْ مِنَ الْاٰیٰتِ الْعَصِیْمَةِ وَالدَّرَاهِیْنِ الْعَقِیْمَةِ دَلِیْلًا وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِیْ اَقَامَ فِی رِضْنِهِ الْقُرْآنَ
 مِنْ یُّوْنُسَ بَیِّنًا زَنْ سَنَ الْمُرْسَلِیْنَ كَفِیْلًا وَاَحْصَى هَذِهِ الْاُمَّةَ بِاَنَّهُ لَا یَزَالُ طَائِفَةٌ عَلَی الْحَقِّ لَا یُضِلُّهُمْ مِنْهُمْ
 وَلَا مِنْ خَالِفِهِمْ حَتّٰی یَأْتِیَ اَمْرٌ وَلَوْ اَجْمَعَ النَّفُوْنُ عَلٰی حَرِّیْمٍ قَبِیْلًا یَدْعُوْنَ مِنْ قَبْلِ اِلٰهِمْ یُصِرُّوْنَ
 مِنْهُمْ عَلٰی الْاِزٰی وَیَبْقُرُوْنَ بِوَدَّ اِلٰهٍ اَهْلَ الْعَمٰی وَیَحِیوْنَ بِكَلَامِ الْوَفٰی فَهَلْ حَسَنَ اِنَّا نَسْهَدُ بِكَ
 وَاَقُوْمُ بِكَ اَحْمَدُ اَنْ عَلَمْنَا كَلَامَ قَوْلِكَ اَنْ تَزِیْلُوْا وَفَعَلْنَا خَطَاِیَ فَنَبْتَئِلُ اِلَیْهِ تَهْمِلُیْنَ وَاشْكُرْ
 شَكَرًا یُّوْنُسَ زِیَادَةً نَعْمَةً كَفِیْلًا وَاسْتَقَمَّ طَائِفًا ذَلِیْلًا مَعْتَمِدًا مُسْتَقِیْلًا وَاشْهَدُ اَنَّ اِلٰهًا لَا اِلٰهَ اِلَّا اِلٰهُ
 وَحْدَهُ لَا شَرِیْكَ لَهُ مِنْهَا دَعَا تَنْتَبِهُ الْمَشَاهِدُ اِذَا كَانَ مَسْئُوْلًا وَتَوَلَّیْهُ اِذَا صَادَرَ اِلَى الْهَدْمِ حَمْلًا وَاشْهَدُ
 اَنَّ مُحَمَّدًا عَبْدُهُ وَرَسُوْلُهُ الَّذِیْ اَتَّخَفَ نَبِیًّا وَرَسُوْلًا وَضَلِیْلًا وَشَرَحَ مِدْرَهٗ فَكَانَ بِمَا اَلَقَ مِنْ نَفْسِ رَسُوْلًا
 وَنَزَلَ عَلَیْهِ بِاٰیٰهَا الْمَزْمَلُ قَرَالِیْلًا اِلَّا قَلِیْلًا صَلَّى اِلٰهُ وَسَلَّمَ عَلَیْهِ وَعَلٰی اٰلِهِ وَاصْحَابِهِ الَّذِیْنَ كَسَبُوا
 الصَّلٰیٰتِ وَدَتَّلُوا الْقُرْآنَ تَزِیْلًا وَفَلَّوْا بِالسِّیْطَةِ سَبِیْحًا وَقَدَسُوا وَتَهَلَّلُوا وَبَعْدُ فَهَذَا كِتَابُ
 اِتِّخْتَبَةِ لِنَفْسِیْ لِمَنْ شَاءَ اِلٰهُ مِنْ خَلْقِهِ مِنْ كِتَابِ اِتِّخَاتِ سَیْرِ الْمَصْنُفَةِ فِی سَائِرِ عُلُوْمِهِ الْمَوْقُوْفَةِ وَلِیُجْعَلَ
 لِنَفْسِیْ تَهْرَاقًا سَوٰی النُّقْلِ وَالْاِتِّخَاتِ مَتَجَنِّبًا حُدَّ السُّطُوْلِ وَالْاَطْنَابِ وَیَجِدُ تَرْغِیْلًا سَنَادًا وَعَنْ وَجْهِ
 الْقُرَآءَاتِ وَعِلَلِهَا وَعَنْ اِسْتِقَافِ الْكَلِمَةِ وَتَهْرِیْفِهَا وَوَجْهِ اَعْرَابِهَا اِلَّا قَلِیْلًا فِی بَعْضِ الْمَوَاضِعِ الَّتِیْ یَحْتَاجُ
 اِلَیْهَا وَاصْغَرَتْ عَلٰی مَعْنٰی الْكَلِمَةِ وَتَفْسِیْرَ اٰیَةٍ وَسَبَبِ نَزْوِیْهَا وَاخْتِلَافِ اَطْلَافِهَا فِی تَاْوِیْلِهَا وَمَا یَنْتَقِی
 بِهَا مِنْ اَلْاَحْكَامِ وَاحَادِیْثِ الْمَصْطَفٰی خَيْرِ الْاَنَامِ وَمَا یُنَاسِبُهَا مِنْ حِكَايَاتِ اَسْلَفِ الْاَكْرَامِ وَمَقْصُوْدُ
 تَرْكِ النَّفْعِ لِمُسْتَعْمِلِ الْعَوَامِ وَعِلْمُهُ تَكْوِیْنُ النُّفُوسِ وَزَخِیْرَةُ اَبْوَابِ رَحْمَتِیْ وَكَلَامٌ صَالِحًا مَعْدُودٌ

الصفحة الأولى من مخطوطة فتح المنان في تفسير القرآن المعروف بتفسير العلّامي لقطب

الدّین محمود بن مسعود بن مصلح الشّیرازی، نسخة أسعد أفندي.

ملك لصاحبها دون السخاء والامنة قد اجتمع على ان الطفل والسخا وسائر البهائم مرزوقون وان الله تعالى يرزقهم مع كونهم غير مالكين فعلم من هذا ان الرزق هو الغذاء ولان الامة ايضا مجبوعون على ان العبيد والامام مرزوقون وان الله تعالى يرزقهم مع كونهم غير مالكين فعلم بهذا ان الرزق ما قاله اهل السنة لا ما قاله المعتزلة والدليل على انه لا رازق سواه قوله الحق هل من خالق غير الله يرزقكم من السما والارض وقوله تعالى ان الله هو الرزاق ذو القوة المتين وقوله تعالى وما من امة في الارض الا على الله رزقها وهذا دليل قاطع فانه تعالى هو الرزاق حقيقة وابن ادم رازق بجار لان ابن ادم يملك ملكا منتزعا كما قد مناه انه مرزوق حقيقة كالبهائم التي لا ملك لها الا ان الشئ اذا كان مادونا له في تناوله فهو حلال حكما وما كان غير مادونا له في تناوله فهو حرام وجميع ذلك رزق وفخرج بعض السلف قول الله سبحانه تعالى كلوا من رزق ربكم واشكروا له بلدة طيبة ورب غفور قالوا ان الله تعالى ذكر المغفرة مشبرا الى الرزق وقد يكون منه حرام واختلف المعسرون في قول الله تعالى وما رزقناهم سقون ما المراد بالفقراء هاهنا فقال بعضهم المراد بها الزكاة المفروضة وقال بعضهم المراد بها نفقة الرجل على اهله وقال المراد بها الفقه في سبيل الله وقال المراد بها صدقة التطوع وقيل المراد بها سائر الحقوق الواجبة العارضة في الاموال ما عدا الزكاة وقيل هي عامة في جميع وهذا هو الصحيح والله تعالى اعلم **قوله عز وجل والذين يؤمنون بما انزل اليك** يا محمد وهو القرآن والمعنى صدقون بالقرآن المنزل عليكم وما انزل من قبلك يعني الكت المتقدمة مثل صحف ابراهيم وموسى والزبور والانجيل وغيرها بخلاف ما فعله اليهود والنصارى حسب ما اخبر الله عنهم بقوله تعالى واذا قيل لهم امنوا بما انزل الله قالوا نؤمن بما انزل علينا ويكفرون بما اولاه روي ان لما انزل قوله الذين يؤمنون بالغيب قالت اليهود والنصارى نحن امننا بالغيب فلما قال تعالى ويقيمون الصلاة قالوا نحن نقيم الصلاة فلما قال وما رزقناهم سقون قالوا نحن نفقون ونصدق فلما قال والذين يؤمنون بما انزل اليك وما انزل من قبلك نفروا من ذلك واعصوا عن ابي ذر رضي الله عنه قال قلت يا رسول الله كم كتابا انزل الله تعالى قال مائة كتاب واربعة كتب انزل الله على شت حنين صحيفة وعلى نوح ثلاثين صحيفة وعلى ابراهيم عشرين صحيفة وانزل على موسى

نموذج من نسخة حكيم أوغلو من مخطوطة فتح المنان في تفسير القرآن المعروف بتفسير

العلامي لقطب الدين محمود بن مسعود بن مصلح الشيرازي.

نموذج التدريب التراكمي

نقترح بناء نموذج تدريب تراكمي يبدأ بتدريب شبكة عصبونية الثقافية تكرارية على حدٍ أدنى من الصفحات التي جرى تفريغها من مخطوطة تاريخية عربية، لتتعرف هذه الشبكة فيما بعد على صفحات جديدة، بحيث يمكن لمحقق خبير أن يصححها، ليعاد استعمالها في آلية التعلم مما يؤدي إلى تحسن التعلم وزيادة نسبة التعرف، مع الاستمرار بالتدريب التراكمي وفق هذه الطريقة إلى حين الوصول إلى تعرف كامل على باقي صفحات المخطوطة.

يمكن توضيح منهج العمل هذا بالخطوات التالية:

1- تدريب شبكة عصبونية الثقافية تكرارية على حد أدنى من الصفحات التي

جرى تفريغها.

2- التعرف على صفحات جديدة بنسبة مقبولة.

3- تصحيح الصفحات التي تم التعرف عليها بتدخل محقق خبير.

4- التعلم من الصفحات المصححة لتصحيح معاملات التدريب.

5- تكرار العمل إلى حين الوصول إلى التعرف على كامل صفحات المخطوطة.

من الناحية التقنية سيلزمنا لبناء هذا النموذج تحديد مستوى التقسيم الذي سيؤثر بشكل

كبير على صحة التعرف، ثم تعريف شبكة عصبونية تكرارية التفاضلية وتدريبها على

مجموعة من الصفحات تشكل معطيات التدريب ثم اختبارها على صفحات أخرى

تشكل معطيات الاختبار.

بناء النموذج المقترح

الهدف بناء نظام يأخذ في دخله المخطوطة على شكل ملف بصيغة pdf ، ونص

مفرغ لجزء من المخطوطة على شكل ملف نصي بصيغة وورد، ويعطي في الخرج

المخطوطة كاملة على شكل ملف نصي بصيغة وورد.

سيلزم لذلك بناء الأنظمة البرمجية التالية:

1. نظام تقسيم المخطوطة المعطاة بملف بصيغة pdf إلى صفحات (صورة

لكل صفحة).

2. نظام تقسيم الصفحات إلى أسطر.

3. نظام تقسيم النص المفرغ بصيغة وورد إلى أسطر ووضع كل سطر في ملف

نصي منفصل.

4. برنامج لتحويل الملفات النصية المنفصلة للأسطر إلى ملفات تحتوي ترميز

رقمي للأحرف.

5. نموذج التعرف ويتم بناؤه عن طريق التدريب على صور أسطر جزء التدريب

من المخطوطة وملفات الترميز الرقمي لمحتوى كل سطر.

6. برنامج لتحويل خرج نموذج التعرف إلى ملف وورد بمقابلة صفحة بصفحة

ملف pdf الأصلي للمخطوطة.

7. واجهات استخدام مناسبة للتعامل مع النظام الرئيسي.

مجموعة المعطيات

- تم تشكيل مجموعة تدريب مؤلفة من 50 صفحة من صفحات مخطوطة فتح المنان في تفسير القرآن المعروف بتفسير العلّامي لقطب الدّين محمود بن مسعود بن مصلح الشّيرازي نسخة حكيم أوغلو من بداية تفسير سورة الفاتحة.
- تم اعتماد التدريب على مستوى الأسطر حيث يجري التقسيم الآلي للصفحات إلى أسطر بحسب الخوارزمية المنشورة في [8]. ثم يجري التدريب على النص المفرغ لها الموجود في ملف نصي مستقل لكل سطر.
- تم تخصيص نصف الأسطر للتدريب ونصفها للتحقق.

الشبكة العصبونية

استعملنا شبكة عصبونية التفاضلية تكرارية تعتمد على العمل المنشور في [11]

الذي يستعمل طبقات التفاضلية لمكدس 13 (مرشحات 3×3 ، خطوة 1×1) يتبعها

ثلاث طبقات ذواكر بأقل مدى قصير ثنائية الاتجاه مع 256 وحدة في كل طبقة.

أجرينا بعض التعديلات على هذه الشبكة لتلائم العمل. كان عدد الحقب حتى

توقف التجربة 107 وحجم الدفعة 8 وكان عدد التكرارات 26 للتدريب ومثلها

للتحقق.

اختبار عمل النموذج على معطيات المخطوطات

نورد فيما يلي نتائج التجارب التي قمنا بها باستعمال النموذج المقترح وتطبيقه على المخطوطات.

اختبار برنامج التقسيم إلى أسطر بتطبيقه على الصفحة الأولى من مخطوطة

فتح المنان في تفسير القرآن المعروف بتفسير العلامة لقطب الدين محمود بن

مسعود بن مصلح الشيرازي، نسخة أسعد أفندي:

بسم الله الرحمن الرحيم وما توفيقي إلا بالله عليه توكلت وإليه أنيب

أما الرسول

الحمد لله الذي سهل لعباده المتقين إلى مرضاته سبيلا وأوضح لهم طريق الهداية وجعل أتباعه

عليها دليلا واتخذهم عبيدا له فاقواله بالعبودية ولم يتخذوا من دونه وكبرا وكتب في قلوبهم

الإيمان وأيدهم بروح منه لما رضوا بالله رباً وبآله أسلاماً ديناً وبالقرآن إماماً وبمحمد رسولا

وأقام لهم من الآيات العظيمة والبراهين الصحيحة دليلا والحمد لله الذي أقام في أرضه القرائن

من يكون ببيان سنن المرسلين كفيلا واختص هذه الأمة بأنه لا ينزل طائفة على الحق لا ينصرون من بعدهم

ولا من خالفهم حتى يأتي أمرهم ولو اجتمع الشكوك على حرمهم قبيلا يدعون من ضل إلى الهدى ويصبرون

منهم على الأذى وينصرون بنور الله أهل العبي وبحيون بكلمة الحق فهم أحسن الناس هديا

اختبار شبكة التعرف:

الصور المدخلة من المخطوطة بعد أن تم تقسيمها إلى أسطر:

فقد كفر **وقال** صلى الله عليه وسلم أول ما يسأل العبد يوم القيامة عن الصلاة فإن أكملها **والا**
نظر في تطوعه **وقد** قرن الله عز وجل الصلاة بتوحيده في مواضع كثيرة من كتابه العزيز فقال
تعالى أنتي أنا الله لا اله الا أنا فاعبدني واثم الصلاة لذكرى **وقال** تعالى الذين يؤمنون بالغيب ويقيمون
الصلاة **وقال** تعالى فان يا بوا واقاموا الصلاة **وقال** تعالى واقموا الصلاة ولا تكونوا من الكافرين
وقال تعالى قل لعبادي الذين امنوا اقيموا الصلاة **وقال** تعالى حاكما عن عيسى عليه السلام واوصاني
بالصلاة والزكاة فادمت حيا **وقال** تعالى وما امروا الا ليعبدوا الله مخلصين له الدين حنفا
ويقوموا الصلاة **وقال** تعالى فاذكروا ما اوحى اليك من الكتاب واثم الصلاة ان الصلاة تنهي عن الفحشاء
والمنكر **فصل في ما جاء في فضل الصلاة وفضل الركوع والسجود** **عن** ابي مالك الاشعري
رضي الله عنه قال قال رسول الله صلى الله عليه وسلم الطهور شرط الايمان والحمد لله تملأ الميزان
وسبحان الله والحمد لله تملأان او تملأ ما بين السما والارض والصلاة نور والصدقة برهان والصبر
ضياء والقرآن حجة لك او عليك رواه مسلم **وعن** ابي ذر رضي الله عنه ان رسول الله صلى الله
عليه وسلم خرج في الشتاء والورق يتهافت فاخذ بغصن من شجرة فجعل ذلك الورق يتهافت

فقال يا اباذر فلت لييك يا رسول الله قال ان العبد المسلم ليصلي الصلاة يريد بها وجه الله
تتشاف عنه ذنوبه كما تتشاف هذه الورق عن هذه الشجرة ۞ رواه الامام احمد بن حنبل
وعن معمر بن سفيان قال لقنن بن ربيعة عن النبي صلى الله عليه وسلم فقلت اخبرني

النص الناتج:

فقد كفر . وقال صلى الله عليه وسلم أول ما يسأل العبد يوم
القيامة عن الصلاة . فأن أكملها و لا

نظر في تطوعه وقد قرن الله عز وجل الصلاة بتوحيده في
مواضع كثيرة من كتابه العزيز . فقال

تعالى نني أنا الله لا اله الا أنا فعبدني وأقم الصلاة لذكري .
وقال تعالى الذين يـ منون بالغيب و يقيمون

الصلاة . وقال تعالى فـن تابوا وأقاموا الصلاة . وقال تعالى
وأقيموا الصلاة و لا تكونوا من المشركين .

وقال تعالى قل لعبادي الذين منوا يقيموا الصلاة . وقال تعالى
حاكيا عن عيسى عليه السلام وأوصاني

فل بقربا بيه الرم بنا اللنكة . الخلأ وللا حمها لحوم فين
ابصق الي بضبة ول

فى سلابا مييب ايه تتالة مره عن خول تايد الزط لاي أدزل المك
الله عهالا

فل بن تال قام الام الهرة اليا قل الك الياء فتقك . اليم الرينين
للة

عم تخريب م ل امان . عل توهده مه الة . وقل اللاماليه للين المال
قول ما أله مد ل اللي عا اللم قال اللايا وسلافة فن . قاك لقب
قه قعبو الحيه

فاب الالباهات هان كل تال وهول اصعوى اللان انه قال قن الل
يبر سعيت

مم صلي اللاء بون مال منف أا ل اليانل فل العوايم فون قنا
مشير لتاية

بان ولقافي فرن الل برء وبولف ولدة قباى امواهين وسعويمه لوا
أسام يوح فن الوين

بي الملب اله وقلد قان وقعد قال فوه اين ولتيل ام أقم اللرق
علن اصلفة .

الان مماة شا مبا فوماك الرهه عا لين . الو وترب فمتلي
فيل أمتاه

التعليق على النتائج

عند استخدام صور لأسطر سبق للنظام التدريب عليها كان النجاح تام تقريباً، أما عند استخدام صور أسطر جديدة فقد كانت النتائج سيئة وهذا متوقع لقلة معطيات التدريب. في النتائج السابقة الصور الخمسة الأولى سبق للنظام التدريب عليها، أما الصور العشرة التالية فلم يتدرب عليها النظام من قبل.

الخلاصة

قدمنا في هذا العمل نظاماً للتعرف على الخط المكتوب في المخطوطات العربية القديمة يعتمد على منهجية تعلم تراكمي باستعمال شبكة عصبونية تكرارية التفاضلية. استعرضنا ضمن المقال أهمية وتحديات مسألة التعرف والأعمال السابقة فيها ثم عرضنا نموذجاً تراكمياً للتعلم يمكن الاستفادة منه لتحقيق المخطوطات القديمة وفق مقارنة تعرف ثم تصحيح ثم تعلم من التصحيحات. نرجو في الأعمال المستقبلية

زيادة الأداء من خلال تخفيض عدد الصفحات المطلوبة للتعليم ورفع نسبة التعرف
للتقليل من عمل المحقق قدر الإمكان.

المراجع

1. Alaasam R. Kurar B. Kassis M. and El-Sana J.,
Experiment study on utilizing convolutional neural
networks to recognize historical Arabic handwritten text.
*In 2017 1st International Workshop on Arabic Script
Analysis and Recognition (ASAR)*, pages 124–128.
2. Ali AAA. Suresha M., Arabic handwritten character
recognition using machine learning approaches. In:
*International conference on image information
processing (ICIIP), IEEE; 2019. p.187—192.*

3. Ali AAA. Suresha M., Survey on Segmentation and Recognition of Handwritten Arabic Script, *Springer Nature Singapore Pte Ltd 2020, SN Computer Science*, (2020) 1:192.
4. AlKhateeb, J. H., Ren, J., Jiang, J., and Al-Muhtaseb, H. (2011). Offline handwritten Arabic cursive text recognition using hidden Markov models and re-ranking. *Pattern Recognition Letters*, 32(8):1081-1088.
5. Almazroon, Bader, et al. "A survey of Arabic handwriting recognition: Features, methods, and challenges." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 33.1 (2021): 15-31.
6. AL-Saffar Ahmed et all, Deep Learning Algorithms for Arabic Handwriting Recognition: A Review,

International Journal of Engineering & Technology,
September 2018.

7. Amrouch M. and Rabi M., Deep neural networks features for Arabic handwriting recognition. In Ezziyyani, M., Bahaj, M., and Khoukhi, F., editors, *Advanced Information Technology, Services and Systems*, pages 138–149, Cham. *Springer International Publishing* 2018.
8. Arivazhagan M. Srinivasan H. Srihari S., A statistical approach to line segmentation in handwritten documents, , Published in *Electronic Imaging* 29 January 2007.
9. Ashiquzzaman A. and A.K. Tushar., Handwritten Arabic numeral recognition using deep learning neural networks. *in Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR), 2017 IEEE International Conference on. 2017.*

10. Asi A. El-Sana J., and Mrgner V, Hierarchical scheme for Arabic text recognition. *In 2012 11th International Conference on Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA)*, pages 1266-1271.
11. Edgard Chammas Chafic Mokbel Laurence Likforman-Sulem, Handwriting Recognition of Historical Documents with Few Labeled Data, *13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)*, 2018.
12. Elleuch, M. N. Tagougui and M. Kherallah, Optimization of DBN using Regularization Methods Applied for Recognizing Arabic Handwritten Script. *Procedia Computer Science*, 2017. 108: pages 2292-2297.

13. Gu J. Wang Z. Kuen J. Ma L. Shahroudy A. Shuai B. Liu T. Wang X. and Wang G., “Recent advances in convolutional neural networks,” *arXiv preprint arXiv:1512.07108*, 2015.
14. Moysset B. Kermorvant C. and Wolf C., “Full-page text recognition: Learning where to start and when to stop,” *arXiv preprint arXiv:1704.08628*, 2017.
15. Poznanski, A. and Wolf L., CNN-n-gram for handwriting word recognition. *In 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 2305–2314.
16. Saabni R. and El-Sana J., Hierarchical on-line Arabic handwriting recognition. *In 2009 10th International Conference on Document Analysis and Recognition*, pages 867–871.

17. Wshah, S., Govindaraju, V., Cheng, Y. and Li H. A novel lexicon reduction method for Arabic handwriting recognition. *In 2010 20th International Conference on Pattern Recognition*, pages 2865-2868.