استخدام تقنية (ICR: التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد) فى قراءة الوثائق والمخطوطات العربية، وانعكاس ذلك على مؤسسات حفظ التراث

د. نسمة عيد علي عبد الحميد

مدرس بقسم المكتبات والوثائق والمعلومات

كلية الآداب– جامعة القاهرة

قائمة المصطلحات

المصطلح العربى	المصطلح الأجنبى	الاستهلال
الذكاء الاصطناعى	Artificial Intelligence	AI
التعرف البصرى للحرف	Optical character recognition	OCR
التعرف الذكى للحرف	Intelligent character recognition	ICR
التعلم الآلى	Machine Learning	ML
معالجة اللغة الطبيعية	Natural Language processing	NLP
التعلم الخاضع للإشراف	Supervised Learning	ـــــ
التعلم غير خاضع للإشراف	Unsupervised Learning	ـــــ
التعلم شبه الخاضع للإشراف	Semi-supervised Learning	ـــــ
التعلم الآلى المعزز	Reinforcement Learning	ـــــ
الشبكة العصبية الاصطناعية	Artificial neural network	ANN
طبقة الإدخال	Input Layer	ـــــ
طبقة الإخراج	Output Layer	ـــــ
الطبقة المخفية	Hidden Layer	ـــــ
بيانات غير مهيكلة	Unstructured data	ـــــ
بيانات مهيكلة	Structured data	ـــــ
معالجة اللغة الطبيعية	Natural language processing	NLP
التعرف على الكتابة اليدوية	Hand written recognition	HTR
استخراج الخصائص	Feature extraction	ـــــ

الكلمات الدالة:

تقنية ICR، تقنية OCR، الذكاء الاصطناعى، المخطوط العربى، الوثائق العربية.

المستخلص

تناولت الدراسة تعريف تقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد ICR: Intelligent Character Recognition، وتعريف تقنية التعرف البصرى على الحروف OCR: Optical Character Recognition، وهما إحدى أشكال تطبيقات الذكاء الاصطناعى على مستوى التفكير العقلى والذهنى لمحاكاة الإنسان فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية سواء المكتوبة بواسطة الآلة، أو المكتوبة بخط اليد، مع توضيح الفرق بين التقنيتين. كما تناولت دراسة حالة لمشروعين من المشروعات التى طبقت تقنية ICR فى التعرف على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، أحداهما تم تطبيقه على نوعية معينة من المخطوطات العربية، وهو المشروع التعاونى بين المكتبة البريطانية وبين مكتبة قطر الرقمية، والآخر مشروع مصحف مسقط الإلكترونى، الذى تم تطبيقه على مصحف عُمان المخطوط خصيصًا لهذا الغرض، وطبقت الدراسة التقنية بالفعل على نماذج معينة من الوثائق العربية. وأخيرا مدى انعكاس استخدام هذه التقنية على مؤسسات حفظ التراث على مستوى العالم بصفة عامة، وعلى مستوى مصر بصفة خاصة.

استخدمت الدراسة منهج دراسة الحالة، من خلال أداة التحليل الموضوعى، مع أدوات أخرى منها التواصل المباشر مع الأشخاص القائمين على المشروعات التى تمت دراستها، وكذلك الاعتماد على المصادر المختلفة. وقد خلُصت الدراسة إلى الوقوف على أهم القضايا والمشكلات والتحديات، التى تقف عائقا أمام الوصول إلى مستوى الجودة المطلوب فى تطبيق هذه التقنية على المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد، مع محاولة للتطبيق الفعلى، وتوضيح بعض المقومات والعوامل التى تساعد على تفادى هذه المشكلات والتحديات .

المقدمة

تتناول هذه الورقة البحثية استخدام تقنية من تقنيات الذكاء الاصطناعى، وهى تقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد ICR: Intelligent character recognition، لقراءة المخطوطات والوثائق العربية، حيث إن مؤسسات المعرفة المسئولة عن حفظ التراث تزخر بالكثير من المخطوطات والوثائق التى تحتاج لتطبيق مثل هذه التقنيات للتمكن من قراءتها بسهولة ويسر، وذلك بهدف البحث والاسترجاع داخل النص؛ لما تشتمل عليه هذه المخطوطات والوثائق من معلومات تُساعد الباحثين فى جميع المجالات، فضلًا عن الاستعانة بها فى كتابة تاريخ الدولة ومؤسساتها وأفرادها.

هذه النوعية من مصادر المعلومات، خاصة الوثائق تُعد مرآة صادقة للعصر الذى كُتبت فيه؛ لما تتميز به من موضوعية؛ حيث إنه لم يقصد منشئوها من وراء كتابتها غير إتمام العمل المنوط بها، فلم يكن البحث العلمى وكتابة التاريخ مقصدًا مباشرًا من كتابتها. كما أن الوثائق تُعد معين لا ينضب من المعلومات.

تُعد تقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد حديثة نسبيًا مقارنة بتقنية التعرف البصرى على الحروف المطبوعة، أو المولودة رقميا منذ نشأتها، أى الإلكترونية والرقمية، والتى حققت تقدمًا ملحوظا فى معظم اللغات ومن بينها اللغة العربية. بينما لم تحقق حتى الآن تقنية ICR التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد مثل ما حققته تقنية OCR، وذلك لاعتبارات كثيرة سيتم تناولها فى هذه الورقة البحثية بالتفصيل.

١/ أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية هذه الدراسة في:- الأهمية المنبثقة من نوعية المواد التى تتعامل معها، وطبيعتها، وحداثة الموضوع، وما سوف يترتب عليه من فائدة على المستوى الفردى والجماعى، بل والعالمى. وإنعكاس تطبيق مثل هذه التقنيات على مؤسسات حفظ التراث القومية. ويمكن إيجاز الأهمية فى العناصر الآتية:-

١/١ تعريف تقنية ICR، وكيفية استخدامها ومراحل تطبيقها على المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد.

٢/١ توضيح قضايا ومشكلات تطبيق تقنية ICR، خاصة المرتبطة منها بطبيعة اللغة العربية، وطبيعة الكتابة بخط اليد.

٣/١ تقرير كيفية التعامل مع القضايا والمشكلات الخاصة بتطبيق مثل هذه التقنيات وطرق معالجتها.

٤/١ دراسة حالة لاثنين من المشروعات التى قامت بتطبيق تقنية التعرف الذكى للحروف العربية المكتوبة بخط اليد، دراسة مقارنة بهدف التطبيق على المخطوطات والوثائق العربية.

٥/١ التطبيق الفعلى على نماذج من الوثائق العربية.

٢/ أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

١/٢ إبراز أهمية تطبيقات الذكاء الاصطناعى وتوظيفها فى حفظ التراث المتمثل فى المخطوطات والوثائق.

٢/٢ توضيح مفهوم استخدام تقنية ICR، وأهميتها فى التعرف على حروف المخطوطات والوثائق المكتوبة بخط اليد.

٣/٢ تناول أهم القضايا والمشكلات الخاصة باستخدام تقنية ICR، خاصة المرتبطة باللغة العربية، والمرتبطة بطبيعة الكتابة اليدوية، وكذلك المرتبطة بالمسح الضوئى للمخطوطات والوثائق.

٤/٢ تقديم المعالجة المعيارية للمشكلات والقضايا الخاصة بالتطبيق.

٥/٢ التطبيق الفعلى لتقنية ICR على نماذج من الوثائق العربية.

٣/ تساؤلات الدراسة:

١/٣ ماهية تقنية ICR، وماهية تقنية OCR، وما الفرق بينهما.

٢/٣ ما أهمية االستخدام تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٢/٣ ما مراحل وخطوات تطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٣/٣ ما القضايا والمشكلات المرتبطة بتطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٤/٣ ما الأسباب التى تؤدى إلى القضايا والمشكلات الخاصة بتطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٥/٣ ما طرق معالجة المشكلات والقضايا الخاصة بتطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٦/٣ ما المشروعات التى طبقت تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٧/٣ ما إمكانية التطبيق الفعلى لتقنية ICR فى قراءة الوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؟

٤/ مشكلة الدراسة:

تكمن المشكلة فى الأسباب التى أدت إلى عدم تحقق المستوى المطلوب من حيث مدى استخدام تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد، والتى تكمن فى الأسباب المرتبطة بطبيعة اللغة العربية، والمرتبطة بطبيعة الكتابة اليدوية، والمرتبطة بالمشكلات التقنية فى التحول الرقمى من الشكل التقليدى إلى الشكل الإلكترونى. بالإضافة إلى أن هذه الأسباب أيضا مثلث عقبة فى طريق الوصول إلى مستوى الجودة المطلوب فى المنتج النهائى لتطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات العربية المكتوبة بخط اليد، مع عدم ظهور أى محاولة لاستخدام هذه التقنية فى قراءة الوثائق العربية التى ترجع لعصور متأخرة حتى الآن.

٥/ منهج الدراسة وأدواته:

تتبع الدراسة منهج دراسة الحالة، حيث تم دراسة لاثنين من المشروعات التى طبقت استخدام تقنية ICR فى قراءة المخطوطات العربية المكتوبة بخط اليد، وهما:

١– المشروع البريطانى القطرى، الذى تم تطبيقه على بعض المخطوطات المحفوظة فى المكتبة البريطانية الوطنية، واتاحتها على مكتبة قطر الوطنية الرقمية.

٢– مشروع مصحف عُمان، والذى تم تطبيقه على مصحف عُمان المخطوط خصيصًا لهذا المشروع، والمكتوب آياته بخط النسخ والمكتوب عناوين سوره بالخط الكوفى.

٣– وذلك من خلال مجموعة من الأدوات:

- التحليل الموضوعى.
- أدلة العمل الخاصة بكل مشروع.
- التواصل مع بعض القائمين على المشروعات المدروسة. ومنهم:

- د. محسن رشوان رئيس مجلس إدارة الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية RDI، الشركة المسئولة عن الشق العملى للمشروع البريطانى القطرى.
- د. هانى أحمد أحد المسئولين عن تطبيق المشروع البريطانى القطرى، ومدير فنى فى شركة RDI، وأحد الفائزين فى مسابقة (RASM2018&2019)، التى اقيمت على هامش المشروع البريطانى القطرى كخطوة أولى نحو التطبيق.

- د. أحمد عبد الراضى المدرس بقسم المكتبات والوثائق والمعلومات – كلية الآداب – جامعة القاهرة، أحد المساهمين فى مشروع مصحف مسقط الإلكترونى.

- المصادر العلمية المختلفة التى اعتمدت عليها الدراسة.

٦/ الدراسات السابقة والمثيلة:

هناك دراسات كثيرة تناولت تطبيق تقنية ICR على الكتابات العربية المكتوبة بخط اليد، ولكنها اعتمدت على كتابات اليد فى الفترة الحالية، إلا أن هناك دراسة تناولت تطبيق نظام مقترح لاستخدام تقنية ICR على الكتابات اليدوية المكتوبة بخط اليد بشكل عام، وهى دراسة:-

Al-Dulaimi, Buthainah F. Character Recognition System for Handwritten Arabic Corpus Implementing Neural Networks, Jamil, Layla Safwat (author). - المعلومات الجمعية لتكنولوجيا العراقية المجلة, مج ٥و ع ٢, المعلومات, لتكنولوجيا العراقية, 2013, pp 112:134. Available in:http://search.mandumah.com/Record/707741.

ويكمن الفرق بين الدراسة السابقة وهذه الدراسة أن هذه الدراسة تناولت عرض نماذج من المشروعات التى طبقت بالفعل استخدام تقنية ICR فى قراءة المخطوطات العربية المكتوبة بخط اليد، مع طرح محاولة للتطبيق الفعلى على الوثائق العربية.

وهناك دراسة أخرى تناولت التعرف الآلى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد باستخدام الشبكات العصبية، وهى:-

Al Shridah, Muhammad Aref Muhammad (Author), Sharieh, Ahmad Abd Alaziz (Super). Recognition of handwritten Arabic character via neural networks. Jordan. University of Jordan. College of Graduate Studies. Master's thesis, 20

استخدمت الشبكة العصبية فى التعرف على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، للتعرف على هيكل الكلمة العربية، ومقاطعها، واثبتت الدراسة أن استخدام الشبكات العصبية على الرغم من أنه لاقى نجاحًا كبيرًا فى تميز الأنماط، إلا أن استخدامها فى تقسيم الكلمات المتصلة أو الأرقام والحروف مازال قليلًا فى اللغة العربية.

ويكمن الفرق بين الدراستين أن الدراسة السابقة تناولت التعرف الآلى على الحروف المكتوبة باللغة العربية بشكل عام، دون التطرق إلى المخطوطات والوثائق العربية. فهى تتناول فقط مدى كفاءة استخدام الشبكات العصبية فى تقنية التعرف الذكى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، ومدى كفاءتها كذلك فى التغلب على بعض مشكلات الكتابة اليدوية باللغة العربية.

وهناك دراسة عربية صدرت مؤخرًا بعنوان: "القراءة الآلية للخطوط العربية: دراسة تطبيقية في تقنيات الذكاء الاصطناعى" (مروة عصام محمد، الأميرة أحمد السيد حسان، المجلة الدولية لدراسات المكتبات والمعلومات. المجلد الأول. العدد الرابع، أكتوبر ٢٠٢٢م) تناولت هذه الدراسة البحث عن الوسيلة المناسبة لقراءة الوثائق والمخطوطات في أقل وقت وأعلى جودة، وتطرقت فى سبيل ذلك إلى أنواع الخط العربى وأهميته وخصائصه وأحدث التقنيات االتى طرأت عليه فى إطار ما يُعرف بالتكنولوجيا المعلوماتية وتقنيات الذكاء الاصطناعى.

ويكمن الفرق بين الدراستين في أن الدراسة الأولى تعد دراسة تطبيقية تجريبية تناولت مجموعة من أدوات المعالجة التطبيقية، وأدوات التنصيف في التعرف على الخطوط العربية وخاصة خطي الرقعة والنسخ. مع التركيز على تقنية OCR التعرف الضوئى للحرف على اعتبار أنه من أوسع الأنظمة الآلية تطبيقا على النصوص العربية والكتابات اليدوية فى الوثائق والمخطوطات التراثية، دون التفرقة بين هذه التقنية وتقنية ICR التى تختص فعليا بالكتابات اليدوية دون غيرها، بينما ركزت هذه الدراسة على تقنية ICR في محاولة لتطبيقها على نماذج من الوثائق العربية المكتوبة بخط اليد فى فترة تاريخية ترجع للعصرين المملوكى والعثمانى.

٨/ محاور الدراسة: تناولت الدراسة:-

- تعريف تقنية ICR، وتعريف تقنية OCR، مع تناول الفروق الجوهرية بينهما.
- دراسة مشروع المكتبة البريطانية ومكتبة قطر الوطنية الرقمية فى تطبيق تقنية ICR على الكلمات الدالة لبعض المخطوطات العربية المحفوظة فى كل من المكتبتين.
- دراسة مشروع مصحف مسقط الإلكترونى فى تطبيقه لتقنية ICR.
- التطبيق الفعلى لتقنية ICR على نماذج من الوثائق العربية.

انتهت الدراسة بخاتمة اشتملت على النتائج والتوصيات. وأُلحقت بقائمة بالمصادر التى أعتمدت عليها الدراسة.

اللغة العربية والذكاء الاصطناعى:-

اللغة العربية، إحدى اللغات الرسمية الست للأمم المتحدة، وهي اللغة الأم لأكثر من ثلاثمائة مليون شخصًا في اثنين وعشرين دولة، بما في ذلك: أفغانستان وإيران والمملكة العربية السعودية ومصر والمغرب.(Cheriet.2006. 1: 21.)، يعتبر التعرف على النص المكتوب بخط اليد أمرًا صعبًا نظرًا لوجود طرق لا حصر لها تقريبًا يمكن للإنسان كتابة نفس الرسالة بها. (Ptucha, 2018, 1).

على الرغم من التحول العام نحو عالم غير ورقي، لا تزال هناك الكثير من الحالات التي يسود فيها التواصل عن طريق الوسائط المكتوبة بخط اليد. سواء كان القلم التقليدي على الورق أو القلم على الجهاز اللوحي، فإن المدخلات اليدوية غالبا ما تكون إما أكثر ملائمة أو كفاءة أو فعالية من حيث التكلفة، بالإضافة إلى أنها غالبا ما تحتوي الكثير من المستندات، مثل: الفواتير والضرائب والاستبيانات على حقول ملء الفراغات التي تحتاج إلى رقمنة.(Ptucha, 2018, 1).

على الرغم من توفر الكثير من تطبيقات OCR للتعرف على الحروف المطبوعة باللغة العربية في السوق، إلا أنه لا يوجد تطبيق تجاري OCR دقيق لما هو مكتوب بخط اليد من الناحية التشغيلية ومتوفر في السوق. وبالتالي، يجب أن يكون لنظام التعرف الضوئي على الحروف المكتوب بخط اليد باللغة العربية قيمة تجاريةكبيرة؛ خاصةً بعد إنشاء قواعد بيانات خط اليد اللاتينية، فقد تم تكريس جهود مماثلة متعلقة باللغة العربية لإنشاء قواعد البيانات لخط اليد العربي تكون مفيدة بشكل خاص لأغراض التدريب والمقارنة. حتى الآن، فإن درجة النجاح التي تحققت في التعرف على خط اليد العربي لم ترق إلى مستوى الهدف المتوقع. (Cheriet.2006.1: 21).

الذكاء الاصطناعى Artificial Intelligence:-

يُعد جزءا من الحوسبة فهو يهدف فى الأساس إلى التحول من العنصر البشرى إلى االستخدام الآلة فى القيام بالأعمال، التى يقوم بها الإنسان من خلال التعلم الآلى Machine learning[1] (Abdel-Baky et all .2021.3) **باستخدام طرق مختلفة فى هذا التعلم** (Subramanian.2021.1) **يختلف الذكاء الاصطناعى بطبيعة الحال عن الذكاء الطبيعى، إلا أنه يعتمد فى الأساس على الذكاء البشرى فى تصنيع الآلات و إعداد البرمجيات والتطبيقات التى تقوم به. مع تفاديه للجهد البدنى نتيجة لقيام الآلات بالعمل البشرى**(Lavanya.2021.12).

أولا: التعريف بتقنية ICR:-

تقنية ICR: Intelligent Character Recognition **التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد:**

يُعد التعرف على الحروف المكتوبة بخط اليد إحدى الأمور التى تتسم بالصعوبة؛ نظرًا لطبيعة البيانات التى يتعامل معها فالكتابة بخط اليد تختلف فى كثير من الأمور من حيث الخط والحروف وأشكالها وطريقة كتابتها من شخص لأخر، بالإضافة إلى أخطاء الكتابة، وبعض المشكلات المتعلقة بجودة الصورة ووضعها عند تصويرها وتحميلها فى صورة إلكترونية على الحاسب الألى للتعرف عليها (Ghadhban, 2020.358).

تستخدم هذه التقنية للتعرف على الحروف المكتوبة بخط اليد، باستخدام الشبكات العصبية ANNs، **والتى تعد فرعًا من فروع الذكاء الاصطناعى** Artificial Intelligence. **ويتم فيها تحليل النص باستخدام قواعد البيانات**

المشتملة على جميع الألفاظ والمصطلحات المستخدمة فى لغة النص، والتى تُستخدم بالفعل طبقا لمعناها المتفق عليه فى بيئتها الأصلية. (Buthainah.2013. 112).

تقنية OCR:Optical Character Recognition: هى التعرف على الحروف المطبوعة والتى مُسحت ضوئيا باستخدام الماسح الضوئى لتحويلها إلى نص يمكن تعديله بالحذف أو الإضافة فى بعض الحالات، كما يمكن البحث فيه داخل النص(Ptucha, 2018, 1) .، وهذه التقنية تُستخدم حاليًا للتعرف على الحروف المولودة إلكترونيا منذ نشأتها، أى ما يُعرف بالوثائق الرقمية.

الفرق بين تقنية ICR، وتقنية OCR: Optical Character Recognition هى أن التقنية الأولى هى التعرف على الحروف المكتوبة بخط اليد والممسوحة ضوئيا باستخدام الماسح الضوئى، بينما التقنية الثانية، هى التعرف على الحروف الرقمية، التى تمت كتابتها من خلال الحاسب الآلى، أو الإلكترونية، التى تم تحويلها من الشكل التقليدى إلى الشكل الإلكترونى، بحيث يُسهل التعامل مع النص مباشرة بالإضافة أو الحذف، أو التعديل؛ وذلك بغرض البحث داخل النص.

تعرف الذكي على الأحرف (ICR) هو مهمة فك رموز النص الرقمي المكتوب بخط اليد. على الرغم من أن التعرف الضوئي على الأحرف (OCR) يتضمن رسميا المسح الضوئي وفك رموز النص الذي تولده الآلة والإنسان، إلا أن الكثير من الباحثين يشيرون إلى OCR على أنه تحويل الصور التي يتم إنشاؤها بواسطة الآلة فقط إلى نص. باستخدام هذا التعريف المقيد للتعرف الضوئي على الحروف، يكون ICR أكثر صعوبة من OCR لأنه لا يوجد رمزان مكتوبان بخط اليد متطابقان. مثل OCR، تقوم أنظمة ICR أولا باستخراج أسطر النص. وبسبب صعوبة إيجاد مسافة بيضاء بين الكتل المكتوبة بخط اليد، فضلا عن المقصود

من السياق، تفضل بعض أنظمة ICR **معالجة أسطر النص في وقت واحد. بينما أنظمة** ICR **الأخرى تقوم أولا بتقسيم أسطر النص إلى كتل كلمات. كل كلمة كتلة من الرموز**(Ptucha,2018,1).

يوضح الجدول التالى الفروق الجوهرية بين التقنيتين:-

الاستهلال	OCR	ICR
التعريف	**التعرف البصرى على الحروف من خلال الآلة.** Optical Character Recognition	**التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد من خلال الآلة.** Character Intelligent Recognition
نوعية الوثائق	**الوثائق الإلكترونية والرقمية.**	**الوثائق الإلكترونية فقط.**
طريقة الكتابة	**مطبوعة، ومولودة إلكترونيًا**	**المخطوطات والوثائق، والوثائق المكتوبة حديثًا بخط اليد.**
مستوى الإجادة	**حققت مستوى متقدم من الجودة.**	**لم تصل حتى الآن إلى المستوى المطلوب، خاصة المكتوب منها باللغة العربية.**
البرمجيات المتاحة فى السوق التجارى	**متاحة، مثل:** Tesseract، **وهو مفتوح المصدر،** Finereader Engine، Google Cloud Vision API.	**لا يوجد حتى الآن، هناك فقط محاولات.**

على الرغم من وجود الفروق السابقة بين كل من التقنيتين، إلا أنه فى كثير من المصادر لا تفرق بينهما وتعبر عنهما باستخدام مختصر OCR على اعتبار أنه الأكثر استخداما، والأقدم من حيث التجربة، والأعلى مستوى من حيث الإجادة.

نبذة تاريخية عن استخدام تقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد:-

بدأت هذه التقنية فى الخمسينيات من القرن الماضى، وتم استخدامها فى ذلك الوقت للتعرف على الشيكات المصرفية والعناوين البريدية، إلى أن توسع الأمر باستخدام النظم المطورة فى التعرف على الحروف المطبوعة أو المكتوبة بخط اليد حاليا. إلا أن استخدام مثل هذه التقنيات فى المشرق العربى بدأت فى سبعينيات القرن الماضى، مع نشر أول عمل فى عام ١٩٧٥م عندما تم إستخدام تقنية OCR فى التعرف على النصوص العربية، إلا أنه مازال حتى الآن استخدام تقنية ICR يعتريه بعض المشكلات والصعوبات التى تعرقلها وتحد من وجود النظم التى تدعمها خاصة فى التعرف على الحروف العربية(Ghadhban, ,2020.359).

تتمثل الدوافع التى تدعم مثل هذه التقنيات التى تتعامل مع اللغة العربية سواء المطبوعة أو المكتوبة بخط اليد فى :–

١. كثرة الناطقين باللغة العربية، فهى بطبيعة الحال أداة للتواصل بين العرب فى جميع البلدان العربية وغير العربية.
٢. يُعد التعرف على الوثائق والمخطوطات العربية المكتوبة بخط اليد من أكبر وأهم الدوافع التى تحث على أهمية استخدام هذه التقنية؛ حيث تزخر المكتبات ودور الأرشيف سواء العربية أو الأجنبية بالكثير منها، والتى تحتاج للدراسة والبحث لما تحتويه من كنوز معرفية(Ghadhban, 2020.360).

إلا أنه على الرغم من قوة الدوافع السابقة، وأهميتها تمثل البرامج النصية باللغة العربية مشكلة صعبة، خاصة عند تجزئة الحروف و تعرف الآلة على الحروف المكتوبة بخط اليد . حيث إن هناك ثلاث فئات من الصعوبات الخاصة بالتعرف الآلى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، وهى:-

١- خصائص متأصلة في طبيعة النصوص العربية . ناتجة عن تبعية السياق لشكل الحرف العربي، لأن كل حرف يتغير شكله من خلال موقعه فى الكلمة (على سبيل المثال، مفرد، أول، وسط، آخر)، ولهذا قد يظهر نفس الحرف بشكل مختلف في كلمات مختلفة.

٢- خصائص تقع تحت مسئولية الكاتب اعتمادًا على أساليب الكتابة العربية والخط العربي المتنوع الأنماط. حيث إن لكل كاتب أسلوب كتابة يتفرد به. كما أن حالة الكاتب أثناء الكتابة تؤثر بشكل كبير فى طريقة كتابته.

٣- خصائص ناتجة عن جودة المستند الممسوح ضوئيًا، خاصةً لـــلوثائق التاريخية القديمة.

ونتيجة لما سبق من صعوبات مرتبطة بالخصائص المتأصلة في الكتابة اليدوية العربية، يصعب تطبيق الأساليب والتقنيات المستخدمة في سياقات اللغة الأخرى بشكل مباشر فى سياق اللغة العربية. فهذه الصعوبات تجعل تجزئة الكلمة العربية إلى حروف حساسة للغاية وغير مضمونة دائمًا. لذلك، يُعد استخدام نهج التجزئة من الكلمات إلى أحرف أولاً، متبوعًا بالتعرف على الأحرف الناتجة بعد ذلك، لا يعمل بشكل جيد مع النص المكتوب بخط اليد باللغة العربية، فهناك الكثير من القضايا في الكتابة اليدوية العربية لا تزال تشكل أسئلة مهمة تتعلق بعملية التطبيق، مثل: التجزئة، نماذج التعرف الآلى، وقضايا مرحلة ما بعد المعالجة، والبنية المعمارية لنظم

التعرف الآلى على الحروف، والأجهزة المستخدمة، والتطبيقات المستخدمة فى التعرف الآلى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد.

تحتاج مثل هذه القضايا إلى جهود بحثية متعمقة لتقديم حلول فعالة مع مراعاة بعض العوامل، مثل:التكلفة، والغرض من نظام التعرف الضوئي على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، ومدى تلبية احتياجات ومتطلبات مستخدمي التطبيق بشكل كبير. ومع ذلك، يبدو أن الحل الفعلى على أرض الواقع يعتمد على التطبيق، فإنه لا يوجد حل قياسي فريد . حيث إن جميع دراسات بحث OCR تتضمن إلزاميًا المعالجة المسبقة وتجزئة الصور لإعدادها لتجزئة النص والتعرف عليه

(Cheriet.2006.1: 21)

خطوات تطبيق تقنية ICR، والتعريف ببعض الطرق التقنية المستخدمة فى التطبيق:-

تُعد الشبكات العصبية:ANN ، وهى عملية معالجة لأنظمة المعلومات ذات السمات والخصائص المشتركة من حيث نظامها العصبي البيولوجى. كما أنها تُعد كذلك معالج طبيعى ضخم ومتوازٍ وفى نفس الوقت لديه القدرة على استيعاب وتخزين المعرفة التجريبية واتاحتها للاستخدام. ويتم ذلك عن طريق التعلم الآلى ML بمعنى تدريب الآلة على التعرف على الحروف، وبالفعل استخدمت هذه التقنية فى حل كثير من المشكلات المعقدة وثبت نجاحها فى الكثير من المجالات بما فى ذلك التعرف على الكلام، ومعالجة الصور.

يتكون نظام تطبيق تقنية ICR من مرحلتين، هما مرحلة التعلم، ومرحلة التعرف على الحروف والمرحلتان يتمان باستخدام التقنية الرقمية، وفى مرحلة التعرف

يتم مقارنة الحروف بما هو موجود بالفعل فى قواعد البيانات المحملة. من خلال تصميم نظام، أو تطبيق لتعلم و تعرف الآلة على الحروف المكتوبة والمتاحة عبر الانترنت؛ بحيث تُعرض مساحة النص باستخدام مصفوفات مختلفة الأبعاد، ثم بعد ذلك يتم تخصيص بيانات هذه المصفوفات كمدخلات للشبكة العصبية.

طريقة تعلم الآلة (Machine Learning(ML:

يستخدم النظام التطبيقى أبسط المعماريات المستخدمة فى الشبكات الطبيعية العصبية للذكاء الاصطناعى، بهدف سهولة الفهم والتطبيق. ويتم وصف التعلم الآلى للشبكة الطبيعية العصبية أولا، ثم يليها وصف معماريتها ثانيا. وفى هذا النظام تُستخدام طريقة التعلم الخاضع للإشراف، والتى تُعرف باسم Supervised manner لتعلم الآلة للحروف المختلفة، وفى هذه الطريقة يتم تعيين الحروف فى جداول معدة مسبقا تشتمل على الأشكال المختلفة للحروف وطريقة كتابتها؛ حيث أن الحرف الواحد فى اللغة العربية يشتمل على أشكال كثيرة ومختلفة، بالإضافة إلى أن طريقة الكتابة والخط تختلف من شخص لأخر بطبيعة الحال.

يتم تعليم الالة على التعرف على الحروف سواء فى طريقة التعلم الخاضع للإشراف أو غير الخاضع للإشراف عن طريق قياس أو تحديد وزن الحرف. ويتم ذلك عن طريق وضع الحرف فى مصفوفة يلاحظ من خلالها وزن الحرف مع تتبع البكسلس لكل حرف. وبهذه الطريقة تستطيع الآلة التعرف على الحروف من خلال مطابقتها مع الجداول المعدة مسبقا للحروف. (Bethania F. 2013. 116).

مراحل وخطوات التطبيق:-

١– مرحلة ما قبل المعالجة:–

تهدف هذه الخطوة إلى سهولة استخراج خصائص الحروف المكتوبة، وتعديل الصورة بإزالة الشوائب ومحاولة توحيد نمط الكتابة من شخص لآخر، وتتضمن هذه الخطوة تغيير سمك الكلمة إلى عدد ثابت من البكسل، وتقليل المسافة بين أجزاء الكلمة إذا لزم الأمر؛ وذلك كله بهدف سهولة التعرف على الحروف المكتوبة، تعد مرحلة المعالجة المسبقة مهمة جدا فى تحسين أداء النظام فبدونها ينخفض معدل التعرف على الحروف.

ثم نمذجة الكلمات وبناء القاموس: تعتمد على شكل الحرف فى اللغة العربية ومدى ارتباطه بالسياق؛ فهو يختلف بناء على موضعه من الكلمة إلى أربعة أشكال مفرد، وأول، ووسط، وأخر، بالاضافة إلى علامات الشكل وعلامات الكتابة النقطة والفصلة، وغيرها. ولتفادى ذلك تم إنشاء قاعدة بيانات مسبقة اشتملت على جميع حروف اللغة العربية وأشكالها بالاضافة إلى علامات الشكل. (Abdel Azeem & Ahmed, 2013.596).

٢– مرحلة المعالجة للتعرف على الحروف:

وهى عملية تقنية بحتة تعتمد على حساب وحدات البكسلس الخلفية والأمامية، مع تقسيم الحرف بطريقة أفقية ورأسية، وهذه العملية يصعُب على غير المتخصصين فى تكنولوجيا الحاسب الآلى القيام بها.

٣- مرحلة ما بعد المعالجة:-

فى هذه المرحلة يتم تخصيص الجزء الأكبر منها لمعالجة الأخطاء. من خلال التحليل الصرفي ومعالجة اللغة الطبيعية (NLP)؛ التى يتم استغلالهما بشكل مناسب في نظام التعرف على اللغة العربية. حيث إنه فيما يتعلق بالتعرف على خط اليد المكتوب باللغة العربية، هناك الكثير من الأسئلة التى تحتاج إلى إجابات: ومنها على سبيل المثال: هل نحتاج إلى الشكل الصرفي محلل؟ أو جذع؟ أو كلاهما؟، كما أن معالجة اللغة الطبيعية (NLP) يمكن أن تساهم بشكل فاعل فى تصحيح الخطأ على مستوى العبارة العربية. بالإضافة إلى التحليل النحوي الدلالي، والتحليل العملي اللذان يمكنهما معالجة عالية المستوى للأخطاء. (Abdel Azeem & Ahmed, 2013.596)

خطوات مرحلة ما بعد المعالجة:-

تتم عن طريق الجمع بين ثلاثة مستويات للإدراك، وهى: عالمى، وتحليلى، وشبه تحليلى.

١- المستوى العالمى:- نأخذ في الاعتبار المؤشرات المرئية، والتي يمكن إنشاؤها بواسطة علامات التشكيل و (اقتفاء الأثر) التي تشكل الأشكال الرئيسة للكلمة. بحيث يتم وصف كل كلمة على أنها سلسلة من المؤشرات المرئية، تتم معالجتها بواسطة مصنف "عالمي" بناءً على ماركوف المخفي (HMM)[٢]. يهدف هذا النهج إلى وصف الكلمة ككيان عالمي بتسلسل المؤشرات المرئية. لذلك، أولاً نكتشف مناطق المعلومات في الكلمة. وهذه المرحلة تتحقق من خلال استخراج ملامح الصورة الخارجية، والتى تمثل نوعان من المعلومات، هما: الصورة: التتبع، وعلامات التشكيل.

٢– في المستوى الثاني، يتم تقسيم الكلمة إلى حروف، وفى هذا المستوى لا يتم أخذ علامات التشكيل في الاعتبار، مما يسمح بتقليل العدد المقدر من نماذج الحروف.

٣– المستوى الثالث، المستوى المتوسط ، يعتمد على مفهوم الكلمات، مع مراعاة احتمال الانتقال بين الكلمات.(Cheriet.2006.1: 21) .

يعتمد الجزء الأكبر من مراحل التطبيق على استخدام تقنيات مُتقدمة تحتاج إلى متخصصين فى مجال الحاسبات الآلية، والذكاء الاصطناعى بشكل كبير، خاصة الجزء الخاص بتوظيف تقنيات الذكاء الاصطناعى فى تطبيق تقنيات التعرف الآلى على الحروف بشقيه OCR، و ICR. ولهذا لابد أن يكون هناك نهج تعاونى بين كل من المتخصصين فى مجال الوثائق فى الجزء الخاص بقراءة الوثائق ونشرها، والمتخصصين فى مجال الخط العربى فى الجزء الخاص برسم الحروف بجميع أشكالها باختلاف مواضعها فى الكلمة، والمتخصصين فى مجال الحاسبات الآلية والذكاء الاصطناعى فى الجزء الخاص بتطبيق البرمجيات والتقنيات المختلفة للتعرف الذكى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد. وهذه تُعد بمثابة حجر الأساس فى مرحلة التطبيق.

وهناك عوامل أخرى لابد أن تؤخذ كذلك فى الاعتبار منها على سبيل المثال: بداية مرحلة التطبيق بالوثائق والمخطوطات الحديثة من حيث الفترة الزمنية، وإختيار الوثائق التى تتميز بانتظام سطورها، ووضوح خطوطها بحيث تكون مقروءة لغير المتخصصين كمرحلة أولية. مع الأخذ فى الاعتبار جودة المسح الضوئى لصور الوثائق.

دراسة حالة لبعض المشروعات التطبيقية للتعرف الآلى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد:-

المشروع الأول:- مشروع إتحاد المكتبة الوطنية البريطانية مع مكتبة قطر الوطنية الرقمية للتعرف الآلى على الحروف لبعض المخطوطات العربية.

(https://blogs.bl.uk/digital-scholarship/2018/03/arabic-handwrittten- ocr.html.2022).

يُعد هذا المشروع نهجًا تعاونيًا بين المكتبة البريطانية ومكتبة قطر الرقمية بدعم خاص من معهد تورينج ومختبر أبحاث PRImA. فى محاولة للتعرف الذكى على حروف الكلمات الدالة فى بعض المخطوطات العربية المحفوظة فى المكتبة البريطانية، واتاحتها فى مكتبة قطر الوطنية. يرجع تاريخ هذه المخطوطات إلى القرنين الثامن عشر و التاسع عشر الميلاديين. من خلال منصة مفتوحة المصدر يتم من خلالها نسخ صور بعض صفحات من المخطوطات العربية عن طريق مجموعة من النُساخ المتطوعين، بحيث يقوم كل متطوع بإنشاء مجموعته الخاصة ويقوم بنسخها سواء بطريقة مكتوبة، أو مسموعة. ثم تقوم الآلة بالاستفادة منها فى تدريب الآلة على قراءة المخطوطات العربية فيما بعد.

تضم المكتبة البريطانية مجموعة من المخطوطات العربية المعترف بها دوليا باعتبارها واحدة من أكبر وأرقى المخطوطات في أوروبا وأمريكا الشمالية، وتضم ما يقرب من خمسة عشر ألف عملًا في حوالي أربعة عشر ألف مجلدًا. ومنذ عام ٢٠١٢، قامت المكتبة، بالشراكة مع مؤسسة قطر ومكتبة قطر الوطنية الرقمية، برقمنة وإتاحة أكثر من اثنين مليون صورةً مجانا، تضم التراث الثقافي والتاريخي لمنطقة الخليج والمنطقة ككل، واتاحتها على مكتبة قطر الرقمية. تتراوح المخطوطات من أوائل

القرن الثامن الميلادي إلى القرن التاسع عشر، وهي مأخوذة من كل من الدول العربية والبلدان الأخرى التي تضم جاليات عربية أو مسلمة بما في ذلك الهند والصين وإندونيسيا وماليزيا وغرب أفريقيا، وتُظهر اختلافات رائعة في الأسلوب والنص.

يستخدم هذا المشروع منصة مجانية ومفتوحة المصدر، والتي تسمح للمتطوعين من جميع أنحاء العالم تجربة المخطوطات عن قرب، والكثير منهم يقوموا بهذه التجربة لأول مرة، للمناقشة والتعلم وتبادل الخبرات في نسخها. تسمح المنصة للمتطوعين نسخ أكبر قدر ممكن أو أقل قدر من النماذج الخاصة بهم وقتما يشاؤون، حيث إن جميع المساهمات التى يقدمونها تُعد ذات قيمة وموضع تقدير كبير. وتقوم الشركة الراعية للمشروع، وهى شركة Cengage learning البريطانية (https://www.cengage.uk.2022) بالتحكم فى المنصة عن بُعد؛ لذلك لا داعي للقلق بشأن ارتكاب خطأ، وإعادة نسخ ما سبق نسخه من قبل متطوع أخر، أو تقديم نسخ غير مكتمل أو أقل من الكمال. يتم حفظ جميع التغييرات داخل النظام، لذلك يمكن استعادة كل شيء. (British library. 2018).

وكجزء من هذا المشروع، تم تنظيم مسابقة المجلس الدولى لحقوق الإنسان ٢٠١٨م حول المخطوطات العربية العلمية التاريخية (RASM2018,) على هامش المؤتمر الدولي السادس عشر حول الحدود في التعرف على الكتابة اليدوية، الذي عقد في أغسطس ٢٠١٨م في شلالات نياجرا (الولايات المتحدة الأمريكية). لإيجاد حل أمثل لنسخ الأرشيف الرقمي الواسع والمتنامي للمخطوطات العربية العلمية التاريخية المكتوبة بخط اليد بدقة وتلقائية داخل مكتبة قطر الرقمية. والهدف من ذلك هو تحسين إمكانية الوصول إلى هذا المحتوى الغني من خلال تمكين البحث عن النص الكامل واكتشافه، بالإضافة إلى تمكين تحليل النص على نطاق واسع. وفى هذه

المسابقة تم الإعلان عن فائزين استخدما طريقة تجزئة الصفحة، وتجزئة السطور والتعرف على النص باستخدام خاصية استخراج الخصائص feature extraction ، هما:

١- بيرات كورار بركات، جامعة بن غوريون في النقب. والذى قام بالتعرف على النص من خلال تجزئة الصفحة.

٢- هاني أحمد، شركة RDI، جامعة القاهرة. والذى قام بالتعرف على النص من خلال تجزئة سطر النص والتعرف على النص.(RASM2018).

وفى عام ٢٠١٩م تم تنظيم مسابقة ثانية استكمالًا لنجاح المسابقة الأولى (RASM2018)، وهى مسابقة (ICDAR2019) على هامش المؤتمر الدولى الخامس عشر لتحليل الوثائق والتعرف عليها، الذى عقد فى سبتمبر ٢٠١٩م فى سيدنى – أستراليا. وكان الهدف منها إيجاد حل أفضل للنسخ التلقائى للمخطوطات العربية العلمية التاريخية المكتوبة بخط اليد، مع الوضع فى الاعتبار التعرف على الهوامش بالإضافة إلى النص الأصلى. وفى هذه المسابقة قارن PRImA بين االنظم المستخدمة في التعرف على الحروف – Tesseract 4.0 و ABBYY FineReader Engine 12 (FRE12) و Google Cloud Vision API وبين أساليب شركة RDI المقدمة على اعتبار تحقيقها لنتائج جيدة فى المسابقة السابقة، وقد شاركت شركة RDI فى تحديين، هما: تجزئة سطر النص، والتعرف الضوئى على الحروف، ولم ترغب فى التحدى الخاص بالتعرف على حروف الهوامش.

https://blogs.bl.uk/digital-scholarship/2019/09/rasm2019-results.html.2022).

يعتمد هذا المشروع على بناء مجموعات بيانات ضخمة من النماذج المنسوخة للمخطوطات العربية بشكل تعاونى على نطاق واسع باستخدام الخبرات الجماعية للمتطوعين فى جميع أنحاء العالم، سواء كانوا علماء، أو من عامة الناس، أو متخصصين فى علوم الحاسب الآلى، أو طلاب، أو غير ذلك. ويكمن جوهر هذا النهج فى التزام المكتبة البريطانية الوطنية بخلق طرق جديدة ومثيرة للاهتمام لربط مجتمعات متنوعة من الاهتمام والخبرة. واستخدم لهذا الغرض منصة مجانية مفتوحة المصدر باستخدام from the page (https://fromthepage.com/. 2022)، والتى تسمح لأى شخص مهتم بالمخطوطات العربية التاريخية بالتعامل معها عن قرب، وتعلم ومشاركة الخبرة فى نشرها، وهناك الكثير منها لم يُنشر من قبل. (British library. 2018).

من خلال هذا المشروع، يعمل علماء الكمبيوتر والعلماء فى مجال المخطوطات على هذا التحدي، حيث يبنون أنظمة يمكنها تلقائيًا نسخ صور النص المكتوب بخط اليد. بهدف دعم البحث المستمر في هذا المجال من خلال المساهمة في مجموعات بيانات الصورة المفتوحة والحقيقة الأرضية للنصوص العربية التاريخية المكتوبة بخط اليد؛ لضمان استمرار المجموعات العربية التاريخية في الاستفادة من أحدث التطورات في التعرف على النصوص المكتوبة بخط اليد (HTR).

أهداف المشروع:-

١– تسعى المكتبة البريطانية لجعل التراث الفكرى فى متناول الجميع للبحث.

٢– زيادة الوعى بالمخطوطات العربية، وخاصة العلمية منها، وذلك على نطاق واسع من الجمهور فى جميع أنحاء العالم بداية من المستخدم العادى ونهاية بالمتخصص سواء فى مجال الحاسب الآلى، أو فى مجال المخطوطات التاريخية.

٣- دعم التعاون الحديث والمستمر فى مجال علوم التعرف الآلى على الحروف والوقوف على القضايا والتحديات فى عمليات النسخ التلقائى للنصوص العربية التاريخية.

٤- إنشاء قاعدة بيانات ضخمة مرخصة من مخطوطاتنا العربية لمساعدة الباحثين العاملين على أحدث برامج التعرف على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد.

٥- التجريب الجماعي لنسخ المخطوطات المكتوبة بخط اليد من أجل خلق موارد حقيقة على نطاق واسع.

التطبيق[٣]:-

قامت الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية RDI (https://rdi-eg.ai/ar.2022) بتولى مهمة تحويل الصور إلى نصوص عن طريق تقنية ICR التعرف الآلى على التعرف الذكى على الحروف، وتم العمل على المخطوطات العربية التى يرجع تاريخها إلى القرنين الثامن عشر، والتاسع عشر الميلاديين، والتى تمت طباعتها بالحجر[٤]، وقد تم ذلك من خلال:

١- التعرف على الصفحات التى يمكن التعرف عليها آليا.

٢- تفريغ يدوى للكلمات الدالة فقط فى النص؛ حيث إن الهدف الأساسى من المشروع البحث فى الكلمات المفتاحية فقط الدالة فى المخطوطات العربية المختارة.

خطوات التطبيق:

١- جمع بيانات مشابهة للمخطوطات التى يتم العمل عليها.

٢- تقسيم السطور واستخراجها، ثم كتابة النص المقابل لها.

٣– تدريب نموذجين:

٣. يقوم النموذج الأول باستخراج السطور بعد ذلك تلقائيا.

٤. ويقوم النموذج الثانى بالتعرف على النصوص فيما بعد تلقائيا.

٤– تجميع نصوص مشابهة لتكوين ما يعرف بال Corpus[٥] ، وبعد ذلك يتم تدريب نموذج ثالث يعرف باسم language model[٦]، وذلك لمساعدة النموذج الثانى فى التعرف على النصوص بطريقة صحيحة متجنبًا الوقوع فى الخطأ.

فريق العمل:

١– الجزء الخاص بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعى يقوم به مجموعة من المهندسين المتخصصين فى مجال الحاسبات الآلية والذكاء الاصطناعى، من خلال التعلم العميق Deep learning [٧] باستخدام الشبكات العصبية Neural network[٨].

٢– الجزء الخاص بالنشر وتفريغ النصوص يقوم به مجموعة من العاملين فى الشركة معظمهم خريجى كلية دار العلوم.(هانى، ٢٠٢٢).

المشروع الثانى: مشروع مصحف مسقط الإلكترونى.

(https://mushafmuscat.om.2022)

يعتبر مصحف مسقط أول مصحف يتم ترميزه وبرمجته إلكترونيًا؛ بحيث يكون كل حرف وكل حركة في القرآن الكريم مبرمجًا رقميًا ليتوافق مع الشبكة العالمية في جميع الظروف دون الحاجة إلى برنامج مشغل أو مستعرض، ويتميز المصحف باحتوائه خطوط النسخ الموافقة للرسم العثماني وفق ما هو متاح؛ بحيث تُعرض كل كلمة بدلالتها ومثيلتها من خطوط النسخ التى اتفق عليها علماء القراءات، وقد ساهم

ببرمجته طوماس ميلو بتكليف من وزارة الأوقاف العُمانية. وهذا المصحف متاح مجانا للباحثين والدارسين المهتمين بالخط العربى أولا، ثم المهتمين بجماليات الخط العربى ثانيا، ثم المتهمين بالعلوم والدراسات القرآنية ثالثا.(منصور. ٢٠١٦. ٣٤٣).

يُعد هذا المشروع نهجا تعاونيًا بين هوندا وعمان من خلال طوماس ميلو من هولندا، وهو أحد المتخصصين وصاحب باع طويل في مجال رقمنة الحرف العربي، وهو مؤسس شركة Deco Type التي وضعت أول خط نسخي/رقعي يدوي يستعمل في أنظمة النشر Deco Type Naskh و Deco Type Ruqaa إضافة للخط المتميز Deco Type Thulth، وهي خطوط معروفة ومشهورة لدى مستخدمي الإصدار العربي من Microsoft Office. فضلاً عن كونه عضوًا فاعلاً في المنظمة الدولية لتوحيد اللغات الطباعية الـ UNICODE وكان له الفضل ولايزال في مجال دعم وتطوير المحارف العربية (المقصود بها الحروف المتصلة مع بعضها) لتكون متطابقة مع العصر الرقمي. (https://ar-ar.facebook.com . 2022).

طريقة الاستخدام والبحث داخل مصحف مسقط الإلكترونى:-

تم توظيف نظام الإسطرلاب للبحث، باسم السورة، أو رقمها، بحيث يقوم نظام البحث بالإسطرلاب الدائرى بتحديد موقعها فى صفحات المصحف. كما توجد قائمة على يمين البرنامج بأرقام الأجزاء للوصول المباشر للجزء المراد بتحديد رقمه.

الخط المستخدم:-

تم اختيار خط النسخ لكتابة آيات القرآن الكريم، واختيار الخط الكوفى لكتابة أسماء السور على اعتبار أنه أول خط كُتب به القرآن الكريم، كما يوفر المصحف

خاصية اختيار نوع الرسم العثمانى وإظهار كل الاحتمالات المستخدمة فى كتابة الكلمة داخل الآية الواحدة، ومنها:–

٥. تغيير شكل الحروف وطريقة رسمها.
٦. التحكم فى المسافة بين الأحرف والبُعد بين الكلمات.
٧. طريقة رسم التشكيل والنقاط والإشارات واختلاف المدود وتدرجاتها، مع خاصية تلوين النقاط والحركات والوقفات.

اعتمد هذا المشروع على المصحف المخطوط فى عام ٢٠٠٧م، والذى عُرف باسم مصحف عُمان، ثم تبعه فى عام ٢٠٠٨م المصحف العُمانى، الذى استغرق خطه وزخرفته اثنتى عشر عامًا. (https://www.youtube.com.2022). ومنذ ذلك الوقت كانت بداية التفكير فى هذا المشروع إبان إطلاق المصحف العُمانى الورقى مباشرة؛ حيث قامت وزارة الأوقاف العُمانية بهذا المشروع، الذى يُعد الأول من نوعه على مستوى العالم؛ حيث يظهر فيه التفاعل بين المستخدم وبين النص القرآنى من ناحية الرسم العثمانى للآيات، وتُعد هذه الخاصية أهم ما يميز مصحف مسقط.(منصور. ٢٠١٦. ٣٤٢، ٢٤٠).

طريقة التطبيق:-

اغفلت المصادر التى تم الاعتماد عليها فى هذا المشروع طريقة التطبيق اغفالًا تامًا، وقد يرجع ذلك إلى سياسة الخصوصية للشركة التقنية التى قامت بتنفيذ هذا المشروع كحق من حقوق الملكية الفكرية الخاص بها.

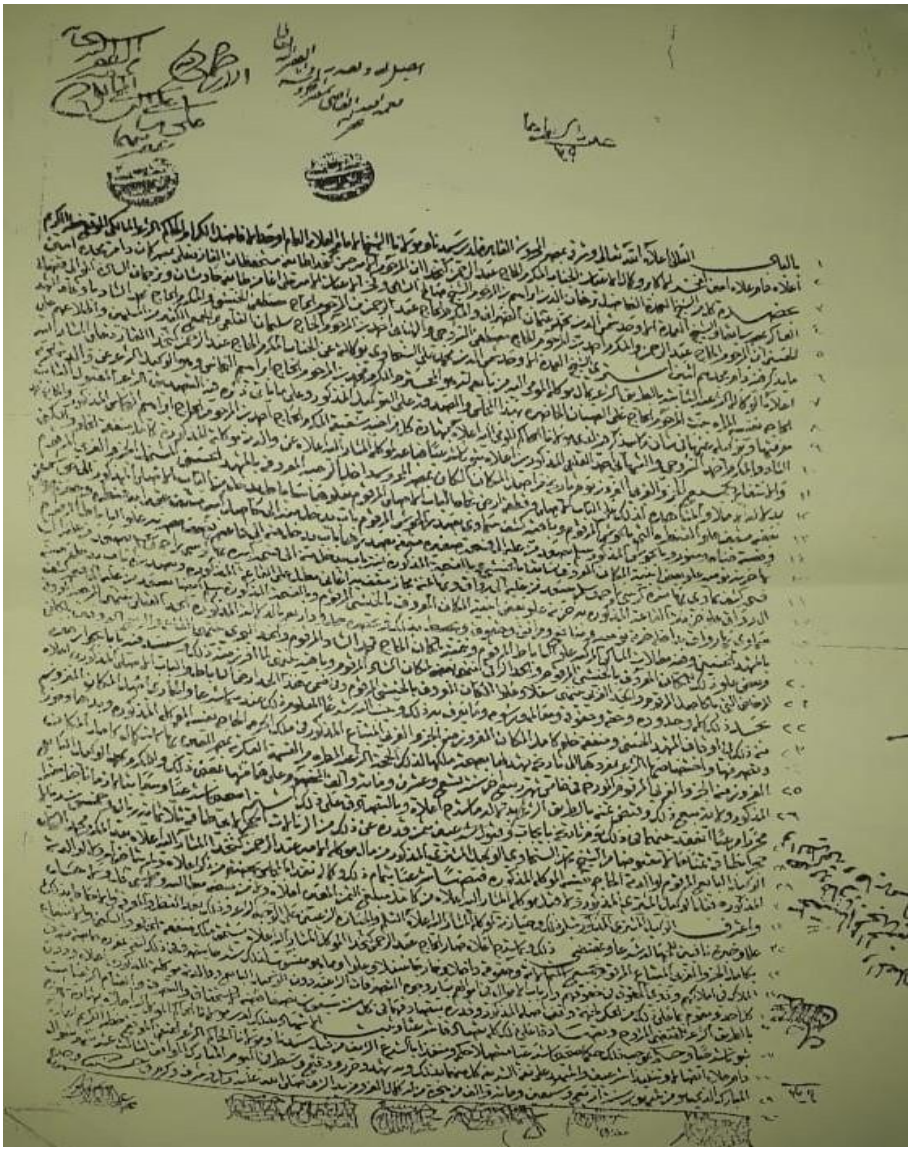
يوضح الجدول التالى مقارنة بين المشروعين موضوع دراسة الحالة:–

جدول(٢) مقارنة بين المشروع الأول، وبين المشروع الثانى

عناصر المقارنة	المشروع الأول	المشروع الثانى
المسمى	مشروع إتحاد المكتبة البريطانية الوطنية مع مؤسسة قطر، مكتبة قطر الوطنية الرقمية للتعرف الآلى على الحروف لبعض المخطوطات العربية.	مصحف مسقط.
النهج التعاونى	المكتبة البريطانية الوطنية ومكتبة قطر الرقمية بدعم خاص من معهد تورينج ومختبر أبحاث PRImA	هولندى عُمانى.
مواد العمل	بعض المخطوطات العربية، خاصة العلمية التى يرجع تارخها إلى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين.	القرآن الكريم المخطوط آياته بخط النسخ، و الخط الكوفى لأسماء السور.
النص المستهدف	الكلمات الدالة فى النص.	القرآن الكريم كاملًا.
أدوات العمل.	المنصة الإلكترونية المجانية مفتوحة المصدر من خلال .From the page	مصحف عُمان ٢٠٠٧م، وتبعه المصحف العُمانى المخطوط ٢٠٠٨م.
الشركة المسئولة عن الجزء الخاص بالتعرف الآلى للحروف فى المشروع.	شركة الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية RDI	شركة Deco Type، من خلال مؤسسها طوماس ميلو.
طريقة التطبيق.	استخدمت طريقة التجزئة للسطور ثم الكلمات.	ــــــــــــــــــــــــ

ثالثًا: التطبيق العملى لتقنية ICR على نماذج من الوثائق العربية فى العصر العثمانى:-

هذه محاولة للتطبيق الفعلى لتقنية ICR التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد على نماذج من الوثائق العربية، فقد تم التواصل مباشرة مع مسئولى الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية RDI، وعلى رأسهم رئيس مجلس إدارة الشركة أ.د/ محسن رشوان، ود. هانى أحمد وهما القائمان على الشق العملى فى المشروع الأول الخاص بمخطوطات المكتبة البريطانية الوطنية واتاحتها على مكتبة قطر الوطنية الرقمية. فى بادئ الأمر تم إرسال بعض نماذج من صور الوثائق العربية فى العصر العثمانى، إلا أن هذه النماذج لم تحظ بفرصة التجربة عليها لصعوبة قراءتها على غير المتخصصين، بسبب تداخل الحروف بعضها البعض؛ لقرب المسافات بين الكلمات، وعدم انتظام سطورها كما هو الحال فى كثير من الوثائق العربية خاصة التى تنتمى لعصور متأخرة، مثل: وثائق العصر المملوكى وبدايات العصر العثمانى.



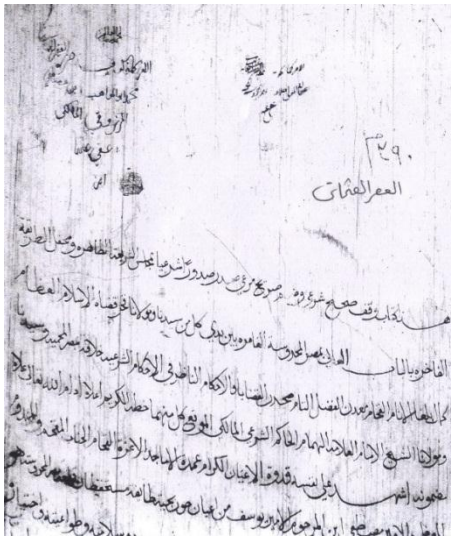
الشكل (١) وثيقة مفردة من محكمة الباب العالى فى العصر العثمانى ١١٧٤هـ

ثم بعد ذلك تم الاتفاق على إرسال نماذج أخرى بشرط وضوح الخط، وسهولة قراءتها، وانتظام سطورها، ووضوح صورتها. وبالفعل تم إرسال مجموعة نماذج من صور الوثائق التى ترجع إلى فترة متقدمة من العصر العثمانى، وتم التجريب عليها، وفيما يلى خطوات ومراحل عملية التطبيق.

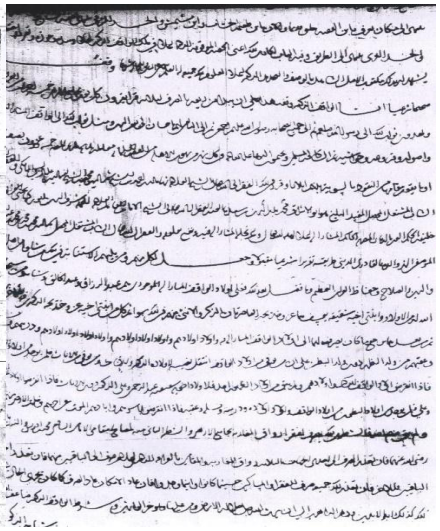
أولًا: المدخلات:-

تم الاعتماد فى هذه المرحلة على أربعة نماذج من وثائق العصرين المملوكى والعثمانى، مأخوذة من المتكاملة الأرشيفية لحجج الأمراء والسلاطين المحفوظة فى دار الوثائق القومية. وبالفعل تم اخضاعها للتجربة من قِبل شركة RDI. وفى هذه المرحلة هناك طبقة تُعرف باسم طبقة الإدخال Input Layer: تقوم هذه الطبقة فى الشبكة العصبية باحضار البيانات الأولية إلى النظام للمعالجة الإضافية بواسطة طبقات لاحقة من الشبكة، وتعتبر طبقة الإدخال المرحلة الأولى من سير العمل للشبكة العصبية الاصطناعية. تمر البيانات عبر طبقة الإدخال إلى الطبقة التالية، والتى تكون عادة الطبقة المخفية. (وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. مادة طبقة الإدخال).

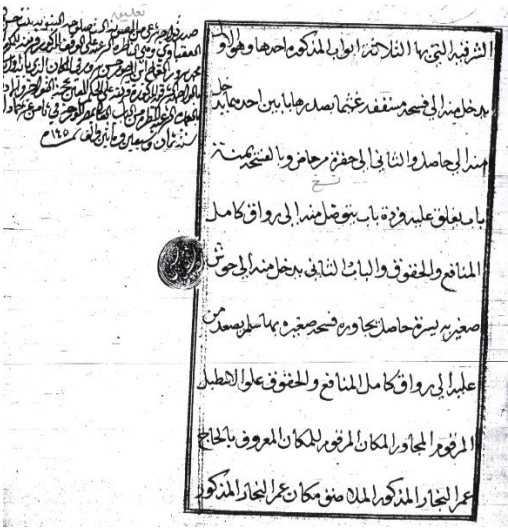
نموذج(١) من العصر المملوكى.



نموذج(٢) من العصر العثمانى



نموذج(٣) من العصر العثمانى.



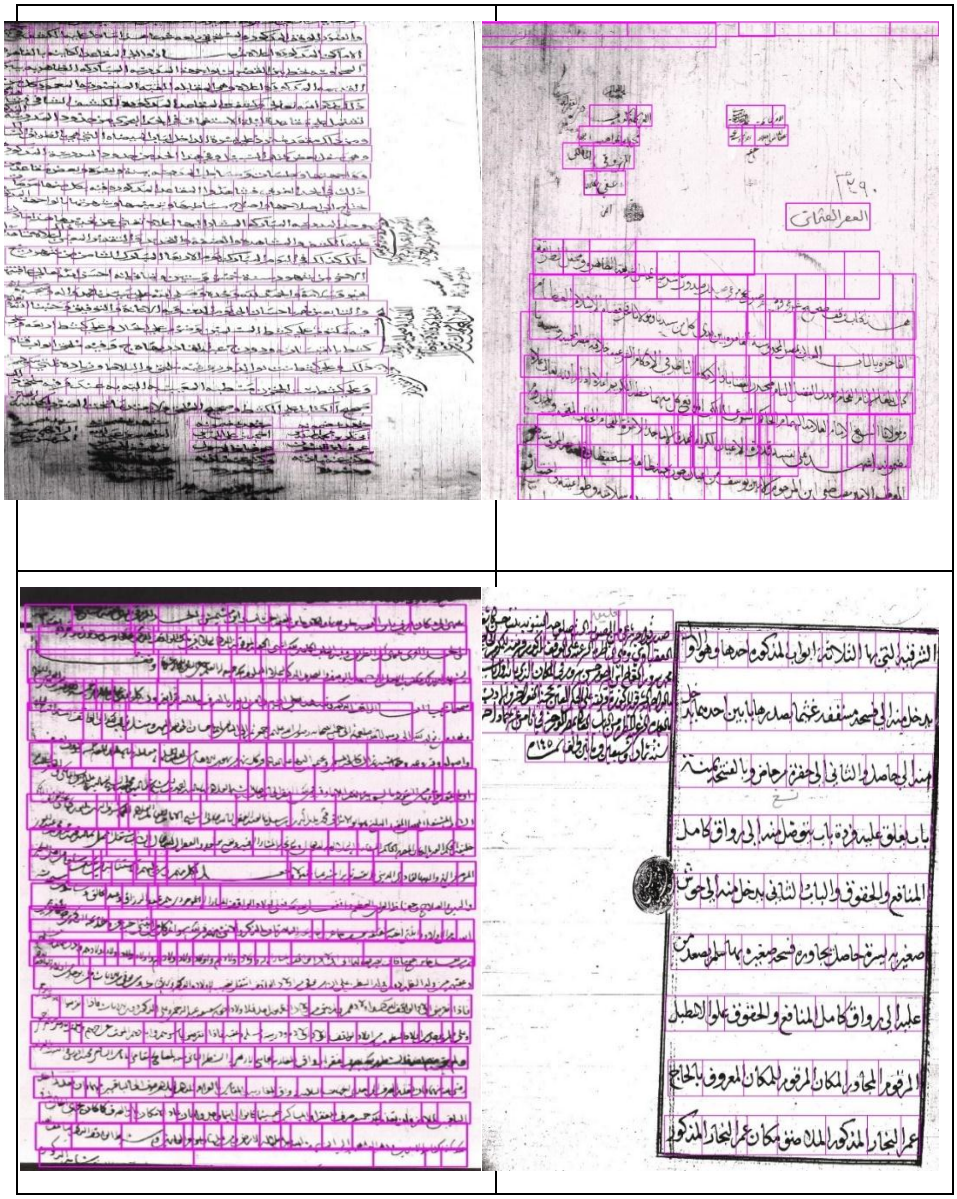
نموذج(٤) من العصر العثمانى.

الشكل (٢) نماذج من صور الوثائق عينة التطبيق.

ثانيًا: المعالجة:-

تمت عملية المعالجة على النماذج عينة التطبيق، عن طريق تجزئة أسطر النص كما هو موضع فى اللوحات الآتية. يقوم بهذه المرحلة مجموعة من المهندسين المتخصصين فى تقنيات التعرف الذكى على الحروف سواء المطبوعة، أو المكتوبة بخط اليد. وتُعد هذه المرحلة الطبقة الوسطى بين طبقة الإدخال وطبقة الإخراج، وهى فى الغالب طبقة مخفية Hidden Layer: فى الشبكة العصبية تعالج البيانات؛ ففى كل طبقة مخفية تأخذ الخلايا العصبية الاصطناعية مجموعة من المدخلات الموزونة وتنتج مخرجات من خلال وظيفة التنشيط. ويمكن أن تحقق الطبقات المخفية المختلفة مخرجات مختلفة، فيركز البعض منها على معالجة الصور، والبعض الآخر، مثل: الشبكات العصبية المتكررة تعمل على التعرف على الكلام. (وزارة التصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. مادة. الطبقة المخفية).

وفي هذه المرحلة يبدأ كل من التعلم الآلي، والتعرف على الأنماط، ومعالجة الصور، باستخراج الخصائص من مجموعة أولية من البيانات المقاسة ويبني القيم المشتقة، التي تهدف إلى نتيجة جيدة وغير زائدة عن الحاجة، مما يُسهل خطوات التعلم والتعميم اللاحقة، ويرتبط استخراج الخصائص بتقليل أبعاد النص. (Sarangi, et all, .2020.104).



الشكل (٣) نماذج تعرض نتائج تقطيع سطور النص وكلماته في الوثائق عينة التطبيق.

التطبيق:

استخدمت مراحل التطبيق التى تم استخدامها فى المشروع الأول؛ وذلك لقيام الشركة المسئولة عن الشق العملى فى المشروع الأول بالتطبيق الفعلى على نماذج من صور الوثائق، فقد استخدمت طريقة التجزئة فى تجزئة السطور، ثم تجزئة الكلمات لسهولة تدريب الآلة على التعرف على الحروف المكتوبة بخط اليد. من خلال مرحلة المعالجة التى يتم التعامل فيها مع الوثائق المراد التعرف على حروفها، واختبارها بطرق ووسائل تقنية بحتة لا يستطع غير المتخصصين فهمها وإدراك فحواها.

ثالثا: المخرجات:-

تُعد طبقة الإخراج Output Layer: هى الطبقة الأخيرة من الخلايا العصبية التى تنتج مخرجات معينة. فبمجرد دخول البيانات إلى الشبكة العصبية من خلال طبقة الإدخال، تتم معالجتها أو تحويلها بواسطة الخلايا العصبية فى الطبقة المخفية، ثم تخرج من الشبكة العصبية من خلال طبقة الإخراج.(وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. مادة: طبقة الإخراج).

وبدراسة المخرجات الناتجة عن التطبيق الفعلى لتقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد لمجموعة نماذج الوثائق السابقة، ومقارنتها مع نشر هذه النماذج لاختبار مدى كفاءة الآلة فى قراءتها. اتضح الآتى:–

٨. فشل الآلة بنسبة كبيرة فى التعرف على حروف ثلاث نماذج من مجموع أربعة نماذج، فهناك أخطاء كثيرة فى قراءة الكثير من الكلمات، بالإضافة إلى وجود الكثير من الكلمات والعبارات التى ليس لها أى علاقة بالنص

المكتوب فى الوثيقة، وقد يكون ذلك ناتج عن الخطوات المتبعة فى التطبيق، مثل: الخطوة الخاصة بتجميع مواد مشابهة للنص المكتوب.

٩. نجاح الآلة إلى حد متوسط فى قراءة نموذج واحد فقط من النماذج التى تم التطبيق عليها، ولعل السبب فى ذلك يرجع إلى توافر مجموعة من العوامل التى ساعدت الآلة فى التعرف على الحروف، ومنها: وضوح الخط، وسهولة قراءته، وبعد المسافات إلى حد ما بين السطور وبعضها البعض، وبين الكلمات وبعضها البعض، وانتظام السطور، وغير ذلك.

وفيما يلى عرض لنموذجين من النماذج التى تم التطبيق عليهما أحدهما يثبت فشل الآلة بشكل كبير، والآخر يثبت إمكانية الاستفاة من هذه التقنية بالفعل فى قراءة بعض الوثائق والمخطوطات:-

١- النموذج الأول:-

وثيقة مفردة من متكاملة حجج الأمراء والسلاطين المحفوظة بدار الوثائق القومية، مكتوبة بخط الريحان (عبد الحميد، . ٢٠٢٢. ملحق١. ١٠)، مؤرخة فى عام ٨٦٥هـ، تنتمى للعصر المملوكى. وقد تم الاعتماد عليها فى التطبيق لما تتميز به من وضوح الخط، وسهولة القراءة، وانتظام السطور إلى حد كبير. وفيما يلى ملاحظات على نتائج مخرجات التطبيق:-

ملاحظات على النموذج الأول:-

نلاحظ فى هذا النموذج عدم تمكن الآلة من التعرف على كثير من كلمات النص، بالإضافة إلى إضافة كلمات كثيرة ليست لها علاقة بالنص المكتوب. على الرغم من وضوح الخط إلى حد كبير، وانتظام السطور، إلا أن المسافات بين

الكلمات قليلة إلى حد كبير، وقد يكون ذلك أحد أهم الأسباب التى أدت عدم الوصول إلى الجودة المطلوبة فى الأداء. ويُلاحظ كذلك عدم التطبيق على هامش نص الوثيقة عينة التطبيق.

٢– النموذج الثانى:–

وثيقة مفردة من متكاملة حجج الأمراء والسلاطين المحفوظة بدار الوثائق القومية، مكتوبة بخط النسخ (عبد الحميد. ٢٠٢٢. ملحق١. ٢٨)، ومؤرخة فى عام ١٢٨٧هـ، تنتمى لوثائق العصر العثمانى. وقد تم الاعتماد عليها فى التطبيق لما تتميز به من وضوح الخط، وسهولة القراءة، وانتظام السطور وتباعد المسافات بينها إلى حد كبير. وفيما يلى ملاحظات على نتائج مخرجات التطبيق:–

ملاحظات على النموذج الثانى:–

بمقارنة النتيجة التى توصلت إليها الآلة فى نشر هذه الوثيقة لوحظ الآتى:–

١. استطاعت الآلة بدرجة متوسطة فى التعرف على معظم كلمات الوثيقة، إلا أنها مع ذلك أخطأت فى قراءة بعض الكلمات التى تعد قليلة نسبيا مقارنة بعدد الكلمات المقروءة بشكل صحيح.
٢. تكمن المشكلة فى إضافة الآلة لمجموعة من السطور التى تحتوى على مجموعة من العبارات الخارجة تماما عن النص المنشور، وقد يرجع السبب فى ذلك كما ذكر إلى خطوات التطبيق.

٣. نلاحظ أن الكلمات المقروءة قراءة خاطئة تم وضعها بين قوسين، والعبارات الخارجة عن النص تم وضعها بين معكوفتين، والمكتوبة بخط سميك كلمات لم تُقرأ فى النص.

٤. نلاحظ على الرغم من تجزئة السطور الخاصة بهامش النص، إلا أن النشر الخاص بالهامش لم يظهر فى النتيجة المخرجة، ولعل السبب فى ذلك فشل الآلة فى التعرف على حروف الهامش؛ للأسباب الآتية:

- اختلاف نوع الخط فقد كُتب بخط النستعليق(عبد الحميد. ٢٠٢٢. ملحق ١. ٢٨).
- قرب المسافات بين السطور.
- صغر حجم الخط المكتوب به.
- قرب المسافات بين الكلمات.
- بالإضافة إلى ما سبق قد يرجع السبب إلى الشركة القائمة بالتطبيق، على اعتبار أنها لم ترغب بالتحدى الخاص بالتعرف على حروف الهوامش فى مسابقة (ICDAR2019).

النموذج الأول

وكشفت المقاعد المذكورة للكشف الشافي

تشتمل على عدة أمثلة على الاستغراق في الجيد البحري من حدود المدينة

وما ذكره هذا الرد على الشرط داخل الباب البيضاء التي هي بالطريق الثناء

وهي بأسفل بعض كذا في النسب وفي هذا الحد من حدود المدرسة المذكور

ومما جهينة أو طيب الهدف يمنة ويسرة وبعض مقاعد

ذلك في الجحد ذكرنا هذه القاعدة المذكورة فيه بكل منها مريم

لبسنا أمرا اصلاحها واحد طيبها منها وشهوتها بالواحدة

وجد البدر المباركة المشار إليها أعلاه لا تغني عن تحديدها هذا صائم

قطعوا والمشاهدة والصفة التي تمد البعير لئلا

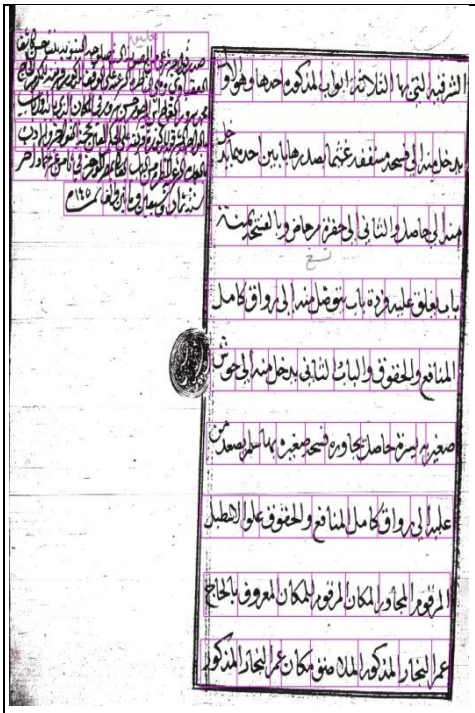
ولا كذلك في اليوم المبارك يوم الاربعاء الثامن من شهر

الآخر من شهور سنة خمس سنين أو في زمانه أحسن الله تعالى عاقبة

الشكل (٤) نموذج (١) من عينة التطبيق.

يعكس صندوق النص على اليمين نتيجة تطبيق تقنية التعرف الذكى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد على النموذج الأول من عينة التطبيق.

النموذج الثاني

الشرقية التي بها الثلاثة الأبواب المذكورة أحدها وهو الأول يدخل منه إلى فسحة (سقفهما) غشيما بصدرها بابين أحدهما (بدا) (المسند) إلى حاصل والثاني إلى حفرة مرحاض (وبالفتح الجنة) [صحيح زادوا على المفعولية أي الوجه حسن المعتبر عدم على الناظر على الوقف المذكور مجوس الحرائر في المكان الذي باليد كنوزه ديته على الجاني الحجر أدب المدام الأمراء كامل الدعاء الرجز في ثامن عشر جماد ثمان وتسعين ومائتين والف] باب يغلق عليه (فروة) باب يتوصل منه إلى رواق كامل المنافع والحقوق والباب الثاني يدخل منه إلى حوش صغير به (ليسرقه) حاصل يجاوره فسحة صغيرة بها (سمر) يصعد(ن) (علمه) إلى رواق كامل المنافع والحقوق علو (الاصطبل) المرقوم المجاور المكان المرقوم للمكان المعروف بالحاج عمر النجار المذكور الملاصق مكان عمر النجار المذكور	 الشكل (٥) نموذج (٢) من عينة التطبيق. يعكس صندوق النص على اليمين نتيجة تطبيق تقنية التعرف الذكى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد على النموذج الثانى من عينة التطبيق.

انعكاس تطبيق تقنية ICR فى التعرف الذكى للحروف العربية المكتوبة بخط اليد فى قراءة المخطوطات والوثائق على مؤسسات حفظ التراث:-

تزخر مؤسسات حفظ التراث فى كثير من دول العالم، مثل: مصر، وعمان، وقطر، والسعودية، وبريطانيا، وتركيا، وغيرها من البلاد بكم هائل من المخطوطات والوثائق العربية المحفوظة بها، والتى تحتاج إلى الدراسة والبحث لما تحتوى عليه من معلومات تساعد بشكل كبير فى التعرف على الكثير من تاريخ وحضارات الدول العربية. ويكمن السبيل إلى تحقيق ذلك إلى نشر وتحقيق هذه المخطوطات والوثائق العربية، والبحث المباشر داخل نصوصها. ومن هنا تظهر أهمية تطبيق تقنية التعرف الآلى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد، وذلك لسببين الأول أن معظم هذه المخطوطات والوثائق كتبت بخط اليد، والثانى أن الآلة قادرة على التعامل مع البيانات الضخمة التى تعجز القوة البشرية عن التعامل معها والإلمام بها.

فإذا أخذنا مصر على سبيل المثال، نجد أنها تتمتع بكثير من مؤسسات حفظ التراث، مثل: دار الكتب والوثائق القومية التى تحتفظ بكم كبير من المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد منذ أقدم العصور وحتى العصر الحديث، ودار المحفوظات العمومية بالقلعة التى تحتوى على متكاملات أرشيفية ذات أهمية كبيرة، مثل: مكلفات الأطيان، وفهارسها، ومكلفات عوايد الأملاك، وملفات الخدمة لموظفى الحكومة المصرية، وسجلات المواليد والوفيات وغيرها من المتكاملات الأرشيفية. والجهاز المركزى للتعبئة العامة والإحصاء، والذى يحتوى على أول إحصاء سكانى فى عام ١٨٤٦م.

والهيئة العامة للمساحة، والتى تضم مجموعة كبيرة من الخرائط، وبطركيات الأقباط بمصر، والتى تضم الكثير من وثائق الوقف الخاصة بالأقباط فى مصر فى العصور المختلفة، ووزارة الأوقاف المصرية، التى تحتوى أيضا على مجموعة كبيرة من وثائق الوقف فى العصرين المملوكى والعثمانى، ودير سانت كاترين، والذى يحتوى على مجموعة كبيرة من المخطوطات والوثائق التى تؤرخ لحقبة مهمة فى تاريخ مصر فى منطقة دير سانت كاترين. وحاخمخانة اليهود بالعباسية، والتى تحتوى على كم هائل من الوثائق الخاصة باليهود فى مصر فى العصر الحديث، وترجع أهميتها فى دراسة طرق التقاضى، وكيفية عرض المشكلات والمنازعات الخاصة باليهود فى ذلك الوقت، أى أنها تؤرخ للحياة السياسية والاجتماعية لليهود فى مصر.

والمجمع العلمى المصرى والجمعية الجغرافية، ومركز الإسكندرية للمحافظة على التراث، ومجلس الدولة، وجامعة القاهرة، والشهر العقارى، والمحاكم الشرعية، والوزارات والهيئات والمؤسسات وغيرها من المؤسسات الخاصة بحفظ التراث فى مصر. نجاح تطبيق هذه التقنية سيؤدى بالضرورة إلى سهولة البحث والاسترجاع لما تحتويه هذه المؤسسات من مخطوطات ووثائق عربية مكتوبة بخط اليد. كما أنه سيؤدى إلى سهولة البحث داخل نصوصها لاسترجاع المعلومات والبيانات المهمة دون بذل الوقت والمجهود كما هو الحال فى الوقت الحالى. كما أن النجاح فى تطبيق هذه التقنية سيعمل بشكل مباشر على حل مشكلات كثير من العمليات الفنية الخاصة بالمخطوطات والوثائق، مثل: سهولة الفهرسة للمخطوطات، والوصف الأرشيفى للوثائق، وسهولة عملية التكشيف لتعامل التقنية المباشر مع النص المكتوب كما هو الحال بالنسبة لعملية التكشيف، وغيرها من العمليات الفنية الأخرى التى تساعدنا فى إعداد وسائل الإيجاد الخاصة بالتراث المحفوظ.

الخاتمة

تناولت هذه الدراسة التعريف بتقنية ICR: وهى تقنية التعرف الذكى على الحروف المكتوبة بخط اليد، وتُعد هذه التقنية إحدى تقنيات الذكاء الاصطناعى الذى يهدف بدرجة كبيرة إلى إحلال الآلة محل العامل البشرى فى أداء المهام والأعمال. وقد أثبت هذا المجال نجاحه الملحوظ فى الأعمال التى تعتمد على القوة البدنية من خلال الربوتوتات التى استطاعت أن تقوم بنفس الأعمال التى يؤديها الإنسان فى كثير من الأماكن، بل فى كثير من الأحيان تفوقت على الأداء البشرى. وتخطى مجال الذكاء الاصطناعى الآن هذا المفهوم ليصل إلى جعل الآلة تؤدى المهام والأعمال الفكرية، التى تعتمد على ذكاء وفكر الإنسان.

وتطبيق هذه التقنية يُعد واحدًا من أمثلة تلك التقنيات الذكية، فهى ببساطة تعمل على التعرف على الحروف المكتوبة بخط اليد فى محاولة لفهمها، بل أكثر من ذلك فى محاولة للبحث داخل النص واسترجاع كلماته وعباراته. وفى هذه الورقة البحثية تم التعريف بتقنية ICR، مع توضيخ الفروق بينها وبين تقنية OCR، ومدى جودة المستوى فى أداء كل تقنية من التقنيتين، وطريقة التطبيق وخطواته، كما تناولت القضايا والمشكلات المتعلقة بطبيعة اللغة العربية، وكذلك المشكلات المتعلقة بطبيعة الكتابة اليدوية، وأيضا المشكلات المتعلقة بالمسح الضوئى للمخطوطات والوثائق التى تعمل عليها التقنية، فى محاولة لوضع حلول مبدئية لتفادى هذه المشكلات، وتذليل العقبات فى سبيل تطبيق هذه التقنية لما لها من أثر ونفع كبير فى التعامل مع الكم الهائل من التراث العربى الذى تزخر به مؤسسات حفظ التراث فى كثير من دول العالم.

قامت الدراسة بدراسة حالة لاثنين من المشروعات التى طبقت هذه التقنية، فى محاولة لمعرفة طرق التطبيق وخطواته وأهدافه ومدى الاستفادة منه. وهذان المشروعان هما:-

المشروع الأول: المشروع التعاونى بين المكتبة البريطانية الوطنية و بين مكتبة قطر الوطنية الرقمية لاستخدام تقنية ICR فى التعرف على حروف الكلمات الدالة فى بعض المخطوطات العربية خاصة العلمية منها، من خلال منصة مجانية مفتوحة المصدر تتيح للمتخصصين فى مجال التحقيق والنشر، والمتخصصين فى مجال علوم الحاسب، وحتى غير المتخصصين التعامل عن قرب مع مثل هذه النوعيات من أوعية المعلومات المتمثلة فى المخطوطات التاريخية فى محاولة منهم لنسخها، ونشرها؛ كل ذلك بهدف بناء مجموعة ضخمة من البيانات للمخطوطات التى تم نسخها من خلال المنصة مفتوحة المصدر للعمل عليها فى مجال التعرف الذكى على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد.

المشروع الثانى: هو مشروع مصحف مسقط الإلكترونى بالتعاون بين شركة ديكو تايب من خلال مؤسسها الهولندى طوماس ميلو أحد المتخصصين فى مجال رقمنة الحرف العربى. وقد قام هذا المشروع على نسخة المصحف العُمانى المخطوط بداية من ٢٠٠٨م إلى أن تم تدشين المشروع فى ٢٠١٧م. ليصبح أول مصحف إلكترونى من نوعه لتعامله المباشر مع كلمات وآيات القرآن الكريم، على اختلاف أشكالها وطرق كتابتها.

اخيرا تناولت هذه الورقة البحثية محاولة للتطبيق الفعلى على نماذج من صور الوثائق العربية، لتكون بذلك أول دراسة تحاول تطبيق هذه التقنية بالفعل على الوثائق العربية. وعلى الرغم من أن هذه المحاولة لم تلق نتيجة جيدة على المستوى

العام إلا أنها تُعد محاولة أولى يمكن تطويرها والاستفادة منها، ومن الأسباب التى أدت إلى عدم الوصول فيها إلى مستوى الجودة المطلوب. وقد توصلت هذه الدراسة إلى مجموعة من النتائج والتوصيات يمكن اجمالها فيما يأتى:

أولًا: النتائج:

١. إمكانية تطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد، على الرغم من القضايا والتحديات التى تقف عقبة فى سبيل الوصول إلى الجودة المطلوبة.

٢. حققت تقنية OCR بالنسبة للكتابات العربية مستوى عال من الجودة مقارنة بتقنية ICR.

٣. تطبيق تقنية ICR والوصول فيه إلى الجودة المطلوبة يتوقف على عوامل كثيرة، منها:–

- عوامل تقنية تتمثل فى المتخصصين فى مجال علوم الحاسب الآلى والذكاء الاصطناعى، ومدى توافر الإمكانات التى يمكن من خلالها تطبيق التقنية والتى تتمثل فى الأجهزة والبرمجيات الخاصة بتطبيق هذه التقنية.
- الاستعانة بالمتخصصين فى مجال تحقيق ونشر المخطوطات والوثائق بجانب المتخصصين التقنيين أمر لابد منه لتمكنهم من قراءة المخطوطات والوثائق قراءة صحيحة بحكم الخبرة والممارسة. كما أن وجودهم مهم فى مرحلة المراجعة لمعرفة مدى نجاح الآلة فى التعرف على حروف النص وقراءته قراءة صحيحة.

- مازالت هذه التقنية فى محاولة التجربة، وتحتاج لمزيد من الوقت والممارسة للوصول إلى المستوى المطلوب من الجودة.
- من خلال الدراسة يمكن القول أن هذه التقنية قد تصل إلى مستوى متقدم من الجودة، ولكن يصعب أن تحل الآلة محل العامل البشرى تماما خاصة فى قراءة أنواع معينة من الوثائق العربية، مثل: وثائق السجلات، والتى يصعب على المتخصصين أحيانا قراءتها؛ بسبب خطها، وطريقة كتابتها، واختلاف كُتابِها، واختفاء الإعجام من بعض حروفها، وتشابه حروفها خاصة فى الجزئية الخاصة بأسماء الأشخاص.

٤. القيام بأول محاولة لتطبيق تقنية ICR على نماذج من الوثائق العربية.

ثانيا:- التوصيات:-

١. تكثيف المحاولات والمشروعات التى تعمل على تطبيق تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد؛ وذلك لما تزخر به مؤسسات حفظ التراث من هذه المواد المهمة، بالإضافة للفائدة المتوقعة من تطبيق هذه التقنية سواء على مستوى قراءة النص بشكل عام، أو على مستوى التعامل مع جزئياته المثمثلة فى الحروف، والكلمات، والعبارات.

٢. التعاون المشترك بين المتخصصين فى مجال علوم الحاسب الآلى والذكاء الاصطناعى لقدرتهم المهنية فى تطبيق التقنية، وبين المتخصصين فى مجال نشر وتحقيق المخطوطات والوثائق لقدرتهم على قراءة النص ومعرفة مصطلحاته وألفاظه، بالإضافة إلى أهمية وجودهم فى مرحلة المراجعة، وأخيرا بين

المتخصصين فى مجال الخط العربى لمعرفتهم أنواع الخطوط وطريقة كتابتها وكيفية كتابة حروفها باختلاف أشكالها.

٣. التعامل مع استخدام تقنية ICR فى قراءة المخطوطات والوثائق العربية على اعتبار أنه مشروع ضخم، لابد من عمل دراسة كبيرة لتطبيقه فى مراحل للوصول إلى المستوى المطلوب من الجودة، فعلى سبيل المثال: كمرحلة أولى يمكن اختيار مجموعة من المخطوطات أو الوثائق الحديثة نسبيا، والتى تتمتع بخط مقروء، وسطور منتظمة، ومكتوبة بنوع واحد من الخطوط، أو مكتوبة بيد خطاط بعينه، وهكذا، ثم بعد ذلك نتخطى هذه المرحلة للمرحلة الأصعب فالأصعب إلى أن نصل إلى استخدام التقنية على جميع أو أغلب المخطوطات والوثائق العربية المكتوبة بخط اليد.

هوامش الدراسة:

(١) التعلم الآلى Machine learning: في عام ١٩٥٩ ، تم تقديم مصطلح "التعلم الآلي" لأول مرة من قبل آرثر صموئيل.وهو مجال من مجالات الذكاء الاصطناعي. يستخدم أساليب إحصائية لإعطاء الكمبيوتر القدرة على "التعلم" من البيانات ، دون أن يتم برمجتها صراحة. ينقسم التعلم الآلى إلى أربع فئات، وهى: التعلم الآلى الخاضع للإشراف Supervised learning من خلال البيانات المهيكلة فى جداول معدة مسبقا، والتعلم الآلى غير خاضع للإشراف Unsupervised learning من خلال بيانات غير مهيكلة، والتعلم الآلى شبه الخاضع للإشراف Semi-supervised learning وهو مزيج بين النوعين السابقين من التعلم الآلى، والتعلم الآلى المعزز من خلال التجربة، وتعلم الآلة بالإصابة والخطأ Reinforcement learning (Abdel-Baky et al,.2021.3).

(٢) استخدام طريقة ماركوف المخفى HMM: وهو عبارة عن مجموعة محددة من الانتقالات تخضع لمجموعة محددة من الانتقالات تسمى احتمالات الانتقال، فى حالة معينة يمكن إنشاء ملاحظة وفقا لتوزيع الاحتمالات المرتبط تبعا لتسلسل الملاحظة، وتتعامل HMM مع جميع ملاحظات الميزات فى جميع الحالات، ثم ينبعث منه توزيع احتمالى يشير إلى تحديد الحرف الذى يمثله النموذج بناء على تسلسل الميزات المستخرجة من النمط غير المعروف، من خلال ايجاد نموذج يولد أقصى احتمال.(Abdel Azeem & Ahmed, (2013.596).

(٣) المصدر: د. هانى أحمد مدير تقني فى الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية. من خلال التواصل عبر رسائل الواتس اب بتاريخ ١٥/٧/٢٠٢٢م.

(٤) الطباعة الحجرية تم اكتشافها فى عام ١٧٩٦م على يد الكاتب والمخترع الألمانى سونوفيلدر من خلال اكتشاف نوع خاص من الأحجار ذات قدرة طبيعية على امتصاص المواد الدهنية والماء على سطحه، وابتكر أسلوبًا طباعيًا جديدًا لم تعرفه البشرية من قبل، وهو أسلوب الطباعة الحجرية. وهذه الطريقة تشبه بدرجة كبيرة المخطوطات المكتوبة بخط اليد مما يوقع بعض المفهرسين فى الخطأ عند فهرستها على اعتبار أنها كتبت بخط اليد.(المشوخى. ٢٠٠٠. ١٢٥:١٢٧).

(٥) Corpus : مجموعة، مدونة، مكتز (www.almaany.com.2022).

(٦) النموذج Model فى الذكاء الاصطناعى: هو إشارة إلى عملية صنع القرار التى تمكن كل الأتمتة والفهم. وهو كذلك خوارزمية يمكنها التعلم بمرور الوقت لتحسين قراراتها، باستخدام البيانات والمدخلات البشرية لتكرار الخيارات التى قد يتخذها خبير بشرى فى نفس الموقف. ويحاول النموذج اتباع نفس العملية التى يتبعها فريق من البشر، فى حال ما كان لديه إمكانية الوصول إلى جميع البيانات المتوفرة.(وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. مادة النموذج).

(٧) التعلم العميق Deep learning : شكل من أشكال الخلايا العصبية الاصطناعية التى تتكون من أكثر من طبقة مخفية، وتعتبر الشبكة أكثر عمقا عندما يكون لديها عدد طبقات أكثر. وتبنى خوارزمية لتعلم العميق نموذجًا معقدًا بشكل متزايد باستخدام ما تتعلمه من كل مستوى كمُخرج حتى يصبح الناتج دقيقًا. (وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. مادة التعلم العميق).

(٨) الشبكة العصبية الاصطناعية Artificial neural network(ANN): أحد نماذج الذكاء الاصطناعى المستوحاة من الشبكة العصبية البيولوجية. وتتكون تلك الشبكات من وحدات متعددة تسمى بالخلايا العصبية الاصطناعية وتتصل ببعضها البعض لنقل المعلومات، وتتعلم الشبكات من هذا النوع من خلال دراسة الأمثلة وتوليد خصائص تعريف محددة ثم تتعلم تحديد أمثلة جديدة. فعلى سبيل المثال: يمكن لشبكة عصبية اصطناعية دراسة صور السيارات ثم التعرف على السيارات فى صورة منفصلة بدون برمجة خاصة أو مساعدة بشرية. (وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات، ٢٠٢٠. مادة: الشبكة العصبية الاصطناعية).

قائمة المصادر

١. جمهورية مصر العربية. دار الوثائق القومية. وثائق مفردة " حجج أمراء وسلاطين". وثيقة رقم ٣١٩.

٢. جمهورية مصر العربية. دار الوثائق القومية. وثائق مفردة " حجج أمراء وسلاطين". وثيقة رقم ٣٩٠.

٣. جمهورية مصر العربية. دار الوثائق القومية. وثائق مفردة " حجج أمراء وسلاطين". وثيقة رقم ٣٧١م.

٤. جمهورية مصر العربية. دار الوثائق القومية. وثائق مفردة " حجج أمراء وسلاطين". محفظة ٢٠. وثيقة رقم ١٢٦.

٥. طوماس ميلو مصحف مسقط. (١٢ يوليه ٢٠٢٢). متاح على:
https://www.facebook.com/events/%D8%A7%D9%84%D9%82%D9%84%D9%85-al-qalam/.

٦. عبد الحميد، نسمة عيد على. ٢٠٢٢. خطوط الوثائق العربية فى العصرين المملوكى والعثمانى.– القاهرة: المؤلف.

٧. قاموس المعانى متعدد اللغات والمجالات. (١٦ يونيه ٢٠٢٢) متاح على:
https://www.almaany.com.

٨. تعرف على مميزات مصحف مسقط. (٠٥ يوليه ٢٠٢٢). متاح على:
https://www.youtube.com/watch?v=uTM1a8pheV4

٩. محمد، مروة عصام&حسان، الأميرة أحمد السيدن أكتوبر ٢٠٢٢. القراءة الآلية للخطوط العربية: دراسة تطبيقية فى تقنيات الذكاء الاصطناعى. المجلة العربية الدولية لدراسات المكتبات والمعلومات. المجلد الأول. العدد الرابع. ص ص ١٣٣: ١٨٠.

١٠. المشوخى، عابد سليمان، ٢٠٠١. المخطوطات العربية: مشكلات وحلول.– الرياض: مكتبة الملك فهد الوطنية.

١١. مصحف مسقط الإلكترونى. (٢٣ يوليه ٢٠٢٢) متاح على:
https://mushafmuscat.com./.

١٢.مكتبة قطر الرقمية. (٣١ يوليه ٢٠٢٢). متاح على:
https://www.qdl.qa/%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B1%D8%A8%D9%8A%D8%A9.

١٣.منصور، أحمد. ٢٠١٦. مصحف مسقط الإلكتروني: أول المصاحف الإلكترونية ذات التفاعل مع النص. وزارة الأوقاف والشؤون الدينية. مج ١٤. ع ٥٣ (٣٠ يونيو ٢٠١٦) ص ص ٣٣٩– ٣٤٦.

١٤.وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات. ٢٠٢٠. معجم المصطلحات التقنية. متاح على:
https://techtionary.thinktech.sa./

15. Abdel Azeem, Sh & Ahmed, H.2013. Effective technique for the recognition of offline Arabic handwritten words Using hidden Markov models: International Journal on Document Analysis and Recognition (IJDAR) · December 2013.P592:597.
16. Abdel-Baky., Aboulmagd .H., Attia . N., Sayed. D., Shamandi . A. 2019, 2021. Course Guide. Artificial Intelligence Analyst 2021. Course code SAAI ERC 3.0. International Business Machines Corporation.
17. Al Shridah, M., Sharieh, A. 2000. Recognition of handwritten Arabic character via neural networks. Jordan. University of Jordan. College of Graduate Studies. Master's thesis.
18. British library.2018. Arabic Scientific Manuscripts of the library. Getting Started: Transcription Guidelines for Ground Truth. Updated 03 March.
19. Buthainah F, .2013. Character Recognition System for Handwritten Arabic Corpus Implementing Neural Networks, Jamil, Layla Safwat .- المجلة العراقية لتكنولوجيا المعلومات الجمعية العراقية لتكنولوجيا المعلومات, مج ٥و ع ٢, 2013, pp 112:134. Available in: http://search.mandumah.com/Record/707741.
20. Cheriet, M .2008.Visual Recognition of Arabic Handwriting: Challenges and New Directions. In D.S. Doermann and S. Jaeger (Eds.): SACH 2006, LNCS 4768, pp. 1–21, 2008. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008.

21. Clausner, C., Antonopoulos, A., McGregor, N. Wilson-Nunn, D.2018. «ICFHR 2018 Competition on Commission of Historic Arabic Scientifical mists - RASM2018, » process of the 17-internesth wornest oure ouring ide.
22. Ghadhban, H., Othman. M, Samsudin. N., Ismail. M. 2020. Survey of Offline Arabic Handwriting Word Recognition.- Malaysia: Software Engineering Department, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat 86400, Johor.
23. Lavanya, C. 2021. ARTIFICIAL INTELLIGENCE. In: Learning outcomes of classroom research, edited by J. Karthikeyan, Ting Su Hie, Ng Yu Jin .- India: L Ordine Nuovo Publication.
24. Ptucha, R .2018. Intelligent character recognition using fully convolutional neural networks/Felipe Petroski Such a , Suhas Pillai a , Frank Brockler b , Vatsala Singh b , Paul Hutkowski b, a Rochester Institute of Technology, Rochester, NY,USA b Kodak Alaris, Rochester, NY,USA, Available online 17 December.
25. Sarangi, S. ; Sahidullah, Md; Saha, G. (September 2020). "Optimization of data-driven filterbank for automatic speaker verification". Digital Signal Processing. 104: 102795. arXiv:2007.10729. doi:10.1016/j.dsp.2020.102795. S2CID 220665533.
26. Subramanian, M .2021. Artificial Intelligence's Impact on Our Everyday Lives. In: Learning outcomes of classroom research, edited by J. Karthikeyan, Ting Su Hie, Ng Yu Jin .- India: L Ordine Nuovo Publication.
27. RDI. (2022, June 15). Retrieved from https://rdi-eg.ai/ar.
28. "Simply the finest crowdsourcing manuscript transcription software on the planet." (2022, May 29). Retrieved from https://fromthepage.com/.
29. Digital scholarship blog. (2022, June 14). Retrieved from https://blogs.bl.uk/digital-scholarship/2018/03/arabic-handwrittten- ocr.html.

30. Results of the RASM2019 Competition on Recognition of Historical Arabic Scientific Manuscripts. (١٥ يوليه ,٢٠٢٢). Retrieved from https://blogs.bl.uk/digital-scholarship/2019/09/rasm2019-results.html.
31. Cengage Solutions. Created with Educators. Built for Learners. (2010, October 13). Retrieved from https://www.cengage.uk/.