القراءة الآلية للخطوط العربية: دراسة تطبيقية في تقنيات الذكاء الاصطناعي

د. مروة عصام محمد
باحثة بوزارة الثقافة المصرية
Maro_elshorbagy@gmail.com
م. الأميرة أحمد السيد حسان
مهندس تحليل وتصميم نظم

المستخلص:

تكمن أهمية هذا البحث في الاهتمام بمجال الوثائق والمخطوطات والاستفادة من استثمار التقنيات التكنولوجية الحديثة في القراءة الآلية للخطوط العربية خاصة أننا نشهد تزايدا مستمرا في كمية المعلومات الناتجة عن الانفجار المعلوماتي، الشيء الذي يجعلنا نبحث عن الوسيلة المناسبة لقراءة الوثائق والمخطوطات بشكل سريع ودقيق والتعرف على أنواع الخط العربي وأهميته وخصائصه وأحدث التقنيات التي طرأت عليه في إطار ما يعرف بالتكنولوجيا المعلوماتية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي مستعرضًا في ذلك مفهوم وماهية الذكاء الاصطناعي وأهميته وخصائصه، وأهم تطبيقاته الآلية في التعرف على اللغات الطبيعية والكلام المكتوب من خلال الخطوات الإجرائية لمعالجة النصوص الكتابية وقراءة الخطوط العربية كتقطيع وتقسيم وعزل الحروف لتصنيفها وتجميعها واستخلاص ملامحها ومواصفاتها بطريقة تجعل عملية القراءة سهلة ودقيقة وموفرة في الوقت، معتمدا في ذلك على المنهج الوصفي التحليلي والتجريبي من أجل التعرف على المشكلة وتحليل عناصرها وتفسيرها ومعالجتها بطريقة رقمية حديثة، وفي إطار تلك المنهجية توصل البحث إلى مجموعة من النتائج أهمها: التعرف على المعوقات التي تواجه صعوبة قراءة الخطوط العربية ، التعرف على أدوات المعالجة الآلية للحروف العربية ، التوصل إلى الخطوات الإجرائية في قراءة الخطوط العربية بطريقة دقيقة، وعليه يوصي البحث بـ: التوعية بأهمية تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي على واحد من أبرز الفنون الإسلامية وهو فن الخط العربي، تعظيم دور التكنولوجيا المستحدثة في إيجاد وتطوير طرق بديلة للحفاظ على الهوية.

الكلمات المفتاحية: الخطوط العربية؛ القراءة الآلية؛ تقنيات الذكاء الاصطناعي

تاريخ استلام البحث: 2022/10/2 **تاريخ إجازة البحث: 2022/10/8**

تمهيد:

شهد العالم منذ فترة ليست ببعيدة نهضة تكنولوجية كبيرة غزت جميع مجالات الحياة وجوانبها خاصة مع ظهور الابتكارات الإبداعية ذات المستوى العالي من التقنية مستعينًا بالحوسبة الإلكترونية والذكاء الاصطناعي الذي لم يعد مجرد ضربا من الخيال، ومن الأمثلة البارزة للذكاء الاصطناعي: القراءة الآلية. إذ تعد القراءة الآلية من التكنولوجية الحديثة التي ظهرت مع التطور السريع للإلكترونيات والشائع استخدامها في كثير من المجالات، ومجال التعرف على الخطوط العربية من أبرز مجالاتها، لأن الخطوط العربية تواجه تحديات راهنة ومستقبلية كثيرة في قراءتها والتعرف على مضمون نصوصها؛ مما استدعي النهوض بواقعها ومعالجة المشكلات المتصلة بها من خلال مميزات تطبيقات القراءة الآلية التي تعمل على ترقيتها وتطويرها لاعتبارها رمزًا من رموز الهوية، وركيزة من ركائز المعرفة لإثراء المحتوى الرقمي للخطوط العربية، فالخط العربي من أبرز الفنون الإسلامية، ونحن بحاجة لإحياء تراث الخط العربي والتعرف على نصوصه وشرحها ونشرها نشرًا علميًا ليكون محورًا لنهضة فنية تراثية، وبهذه الطريقة نستطيع فهم أسرار الخط العربي وأنواعه وتطويره بطريقة تواكب الثورات التكنولوجية وترقيته إلى أفاق أرحب تتساوي مع الثورات الفنية في كل انواع فنون المعرفة .

هدف البحث:

إن الهدف من هذا البحث هو التعرف على ماهية الخطوط العربية وأهميتها وأساليب الكتابة المختلفة، وأبرز الاستراتيجيات والتقنيات المبتكرة لتطبيقها على أنواعها لقراءتها بطريقة آلية وبسرعة فائقة من أجل بناء قاعدة بيانات رقمية لأنواع الخطوط العربية كخطوة هامة نحو عملية رقمنة واسعة النطاق لمواجهة التحديات واستشراق مستقبل جديد نحو الخطوط العربية وأنواعها من خلال إيجابيات تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في تسليط الضوء على مستحدثات تطبيقات تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي وإمكانية توظيفها في الخطوط العربية، لتزويد الباحثين المهتمين بالمخطوطات والوثائق التراثية بتقنيات تساهم في الاستغلال الأمثل لقراءة الخطوط العربية بسهولة ودقة ويسر، مما تساعدنا في التعرف أكثر على أصل وتاريخ الوثائق التراثية.

مجال البحث:

تطبيقات الذكاء الاصطناعي على الوثائق والمخطوطات

منهج البحث:

اعتمدنا في بحثنا على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال دراسة وتحليل الدراسات والأبحاث العلمية المرتبطة ببحثنا، من أجل التعرف على الأساس النظري لتطبيقات الذكاء الاصطناعي وخصائصه وكيفية الاستفادة منه في قراءة الخطوط العربية لاستخراج مميزات وخصائص الخط العربي والتغلب على أهم صعوباته، لذلك اعتمدنا أيضًا على المنهج التجريبي من أجل الحصول على نتائج دقيقة للعلاقة بين المتغيرات الكتابية وتأثيرها في أشكال الحروف ومواضعها لفحصها والتأكد من دقة نتائجها أثناء قراءتها بشكل موضوعي دون تحيز شخصي ومن ثم الوصول إلى الحقائق والمعلومات .

مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في التعرف على أنواع الخطوط العربية المكتوب بها الوثائق والمخطوطات التراثية، إذ تختلف أشكال الحروف العربية المكتوبة بخط اليد بين الكتَّاب كون الحرف العربي المكتوب بخط اليد ليس له نمط ثابت، مما يجعل التعرف عليه أكثر صعوبة، هذا بالإضافة إلى أن الوثائق والمخطوطات قد تكون متهالكة وتالفة وباهتة نظير العوامل الطبيعية والظروف البيئية للحفظ، مما يصعب قراءتها،لذلك كان لابد من تسليط الضوء على التطبيق الأمثل للذكاء الاصطناعي في مجال القراءة الآلية للخطوط العربية التراثية ودوره المهم في التغلب على تحديات قراءة الخطوط، وإعطاءنا فرصة أكبر للاطلاع والتعرف على مضمون الرصيد الأرشيفي للخطوط العربية المحفوظ والموجود بالمؤسسات الثقافية والمعرفية بطريقة سهلة وسريعة من دون التعدي على مهام المهنيين في المجال بل على العكس تماما يزيد من مهاراتهم التقنية .

أسئلة البحث:

وللإجابة على مشكلة البحث المتعلقة بتحديات قراءة الخطوط العربية، يثير البحث الأسئلة التالية:

- ما هي أنواع الخطوط العربية؟ وأهمية تداولها في ظل استخدام القراءة الآلية؟
- ما هو الذكاء الاصطناعي وما هي خصائصه وأهميته؟
- ما هي تطبيقات الذكاء الاصطناعي وأدواته الرقمية؟ وهل تعد أدوات فعالة في قراءة الخطوط العربية؟
- كيف يمكن توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي في قراءة الخطوط العربية؟

الدراسات السابقة:

- هدفت دراسة (Al-Shatnawi, Atallah M, 2015) إلى اقتراح نموذج معالجة مسبقة للتعرف على النص العربي المكتوب بخط اليد وذلك لضمان التعرف على النص بدرجة عالية من الموثوقية والاستفادة بشكل أفضل من البيانات الموجودة في النص المكتوب بخط اليد، مستخدما في ذلك أسلوبًا هندسيا يُدعى مخططات فورونوي [VD] Voronoi Diagrams، وهو أسلوبًا يضم أربعة خطوات للمعالجة الأولية والمسبقة للنص العربي المكتوب بخط اليد كنوع من تجزئة النص لتحديد الخط الأساسي وحوافه وكشف الخطوط المائلة والمستقيمة من أجل تطويره وتجهيز النص العربي للمرحلة التحضيرية التالية معتمدًا في ذلك على المنهج الوصفي التحليلي بغرض جمع البيانات والحقائق المتعلقة بالخطوط العربية من أجل الوقوف على الخصائص الخاصة بكل حرف وأهم الأوضاع التي يتعرض لها الحرف.
- تناولت دراسة(R. Marwa & S. Noura,2014) نظامًا للتعرف على الحروف العربية باستخدام مجموعة من السمات الإحصائية الفعالة والثابتة مستخدمًا في ذلك تقنية القوة العشوائية random force technique RFT، والأداة الرقمية KNN، لمعرفة معدل فاعلية كل منهما على النصوص العربية، إذ حققت RFT معدل تمييز 98 ٪ مقارنة بـ 87 ٪ باستخدام KNN. بينما تميزت KNN بسرعتها في تدريب واختبار مجموعات البيانات مقارنةً بـ RFT. كما أظهرت النتائج التجريبية أيضًا أن كلاً من KNN وRFT حساسان جدًا للبيانات الصاخبة. معتمدا في ذلك على المنهج التجريبي لدراسة التأثير والمتغيرات البحثية على النصوص العربية من أجل الوصول إلى حقائق ونتائج دقيقة توضح العلاقات بين المتغيرات وتفسرها.

التعليق على الدراسات

- جاءت أهمية وأهداف هذه الدراسات للكشف عن التطبيقات التقنية للكتابة العربية وأهمية الأدوات التقنية في معالجة النصوص العربية، وإلى أي مدى يمكن قراءة الخطوط العربية وفقا لدرجة دقة تلك الأدوات من خلال اتباع الطرق المنهجية والتقنية للقراءة الآلية ويتفق هذا الهدف مع أهداف البحث الحالي. كما اعتمدت هذه الدراسات على المنهج الوصفي التحليلي والتجريبي لجمع الحقائق والبيانات وتصنيفها وتبويبها ومحاولة تفسيرها وتحليلها من أجل الكشف عن نواحي الضعف والقصور في إجراءات العمل، والوصول إلى نتائج وحقائق علمية دقيقة، وتتفق دراستنا الحالية مع تلك الدراسات في استخدامها للمنهج الوصفي التحليلي من أجل التعرف على المشكلات واستخلاص النتائج ووضع التوصيات الملائمة لمواجهتها.

الاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة

- تنوعت الدراسات في تناولها لموضوع معالجة النصوص العربية وتصنيفها من خلال التعرف على أدوات المعالجة والتصنيف وخصائصهما ومهامها وتوظيف دورهم على النصوص العربية، فمثلًا في دراسة (Al-Shatnawi, Atallah M, 2015) تناولت الأسلوب الهندسي في تطبيق المعالجة الأولية، بينما في دراسة R. Marwa & S. (Noura,2014) قدمت تقنية RFT في تدريب واختبار بيانات النصوص العربيةالدراسات السابقة الدراسات السابقة الدراسات السابقة الدراسات السابقة الدراسات السابقة،
- وتختلف تلك الدراسات عن دراستنا الحالية بأن دراستنا الحالية تناولت مجموعة مختلفة من أدوات المعالجة التطبيقية، وأدوات التصنيف في التعرف على الخطوط العربية وخاصة خطي الرقعة والنسخ بهدف إنشاء قاعدة بيانات رقمية تضم مميزات وخصائص الحروف العربية المقروءة آليا مما يسهل من قراءتها وبدقة عالية.

مقدمة:

الخط والكتابة وجهان لعملة واحدة، إذ يقترن مفهوم الخط اقترانا شديدا بمفهوم الكتابة في المعنى والاستخدام حتى يصبحان شيئا واحدا لما بينهما من علاقة ترادف لغوي ودلالي دقيقة وقوية، تستند إلى كون الخط من معاني الكتابة وفقا للتعريف بالمعاجم، لأن مفهوم الكتابة يُعني الأصل اللغوي والمعرفي للخط، وهو ما نطلق عليه عمومية الكتابة وخصوصية الخط، ومن هنا تُعد الكتابة عملية رسم للفظ أو المعنى أي صوت الكتابة، والخط هو صورة الكتابة ومصور المعني، ولذلك عرفه العرب بأنه لسان اليد، وعقال العقل.

وللكتابة العربية وحروفها ميزة جمالية، نظرًا لطبيعة الكتابة وما فيها من قابلية المد والاستمداد والاستداريات التي تكسب الكتابة جمالا وبهجة وتزيل عنها الصفة الهندسية، فمكنت الكاتب من أن يجد من الحروف والكلمات العربية رسومًا زخرفية رائعة، جعلته يستخرج أنماطًا زخرفية متطورة وحسنة الإبداع من الخطوط العربية تسعد النفس عند رؤيتها، وهذا ما يوافق ما قاله الأمام علي بن أبي طالب (أكرموا أولادكم بالكتابة فإن الكتابة من أهم الأمور ومن أعظم السرور)

الخط العربي وماهيته:

الخط العربي هو الدليل الناطق للغة العربية كونه لغة القرآن الكريم، فهو فن جميل ومن أسمى الفنون الإسلامية الراقية، ووسيلة تعبيرية عن إبداعات الكتاب، فهو أحد أعمدة الفن الإسلامي الشامخة وأهم عنصر من عناصر الزخرفة الإسلامية، كما يعدُّ فنّاً أصيلاً تميزت به أمة العرب، مع ما تميزت به من علوم وفنون ومعارف أخرى على مستوى الأمم والحضارات، ويعدُّ تفردها بفن الخط العربي كونه لم يتأثر بأي فن من الفنون الأخرى التي اطلع عليها العرب في تطوُّر الفنون، وقدسية ومكانة حروفه التي منحها القرآن له، فليس هناك تشريفًا أرفع لفن الخط من إضافة الله سبحانه وتعالى تعليم الخط لنفسه في قوله تعالى " وربك الأكرم، الذي علَّم بالقلم، علَّم الإنسان مالم يعلم". (حنش،2008)

الخط العربي وخصائصه:

جعل الله التفاهم بين الناس باللسان والقلم، وجعل الكتابة وسيلة الإقرار وتوثيق العقود وحفظ العلوم والتراث الثقافي والحضاري للأمم عبر التاريخ ، فالخط وسيلة هامة للمعرفة والتواصل والتدوين وأحد صور الحفاظ على الكتابة، خاصة عندما بدأ العرب في استخدامه لجمع القرآن الكريم وتدوينه، كما قال الله سبحانه وتعالى "يا أيها الذين آمنوا إذا تداينتم بدين إلى أجل مسمى فاكتبوه" ولولا هذا التدوين لضاع تراثنا؛ لذلك تُعد الأمة العربية الأولى في أن تتصدى لحفظ تراثها بالتدوين والكتابة. (الكردي،1939)

لا يشكل الخطُّ العربي فقط أداة تجسيد اللغة الحاملة للخصائص الحضارية والثقافية والتاريخية للأمم العربية بل يزيد من جمال هذا الفن الرائع شكل الخط العربي وجمال الحرف وأناقته، فالخط العربي عبارة عن مجموعة من الحروف والعبارات المختلفة التي تأخذ شكل هندسي مميز ونمط خاص بها، كما يحتوي على الكثير من القواعد والعلامات، فهو الخط المعروف في كثير من الدول المختلفة بكثرة مفرداته وتركيب كلماته وتشكيلها بأشكال مختلفة وفقا لمجموعة من القواعد والعلامات لوصف المعاني والأشياء بطريقة واضحة والتعبير عنها لتحقيق الهدف المرغوب منها، وبالتالي فهو من السهل تمييزه عن باقي الخطوط. وقد عرَّفه ابن خلدون بأنه رسوم وأشكال حرفية تدل على الكلمات المسموعة الدالة على ما في النفس، من معانٍ ومشاعر فالخط أصيل في الروح وإن ظهر بآلة الجسد. (الألوسي،2008)

وتتشكل الخطوط العربية من خطين أساسيين وهما: الخط المستقيم، الذي يقابل قطر الدائرة والخط المنحني الذي يقابل محيطها، وأن أوضاع هذين الخطين هما الأساس في تركيب شكل حروف الخط العربي، والتي قد تظهر في خط واحد أو بشكل مركب لأكثر من وضع للخطوط الهندسية، وللحروف العربية حيوية ناشئة من استدارتها وبناؤها على أصول هندسية ثابتة وقواعد رياضية معروفة، فأصل الحرف العربي الألف (أ) وهو خط مستقيم وأصبح قطر الدائرة، أما عن بقية الحروف فهي أجزاء من الدائرة المحيطة بهذا القطر والمنسوبة إليه، وقد أثبتت الدراسات أنه لو تم إزالة تقوس الحروف وأُعيدت إلى التسطيح لأصبحت كلها من الألف بنسبة ثابتة معينة، لذلك فلكل حرف من الحروف العربية هندسته الخاصة جعلت من الكتابة فنا دقيقا ثابت الأسس وموحد القواعد، لذلك فالخط العربي يُعد المرتبة الثانية من الدلالة

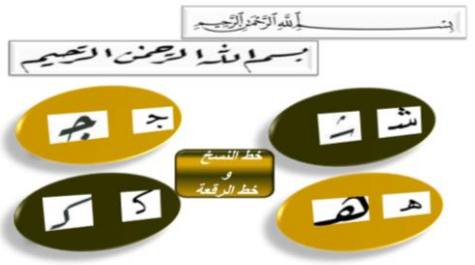
اللغوية كونه فنًا تشكيليًا يوزع كثافة الخطوط توزيعًا عادلًا.(الكردي، 1939)، ونستنتج من ذلك أن الخط العربي يتميز بمجموعة من المميزات التي تزيد من جماله ومن أهمها:

- يتمتع بالكثير من القواعد اللغوية والنحوية
- الامتزاج الروحي والفني بين المفردات والكلمات
- تناسق وجمال الحروف
- قابلية الخط العربي للتشكيل
- المرونة والليونة في أشكال الحروف ونقاطها
- تنوع موضع الحرف الواحد وفقا لوروده إما في بداية الكلمة، أو وسطها، أو نهايتها
- تنوع أشكال الخط العربي ما بين المنحنى والمستقيم
- تَيَّمنَ الخط أي اتجاه الكتابة والتدوين من اليمين إلى اليسار
- اختلاف أدوات ومواد الكتابة للخط العربي التي بدورها تؤثر على الكتابة وشكل الحروف وفقا لطول القلم وسمكه، فمثلا كان يصنع القلم من البوص أو السعف أو الغاب أو القصب وغيرها ويستخدم في كتابة العناوين والكلمات الكبيرة، بينما كان يستخدم أقلام أخرى كالسلاية المعدنية لكتابة الحروف الدقيقة، وهناك أقلام أخرى للكتابة السريعة، لذلك اختلفت أشكال الحروف وتنوعت الكتابة وفقا للغرض منها.

الخط العربي و أنواعه:

إن التنوع في الخط هو ظاهرة مقصودة مبنيه على التباين في الشكل والوظيفة والتسمية، فنوع الخط هو جوهر المصطلح الفني للخط العربي وأساسه المعرفي المميز له، ولذلك لم يكتفِ الفنان العربي أن يبتكرَ خطّاً واحداً فقط، بل تعددت وتنوَّعت بشكل كبير، حتى وصل عدد الخطوط في العصر العباسي إلى أكثر من ثمانين نوعاً، ولكن بحلول القرن الثامن الهجري أخذ الخط العربي يستقر على أشكال خاصة، وهي الخطوط المعروفة: كالنسخ ،والرقعة، والنستعليق، والديواني، والكوفي، والثلث، والتوقيع، والإجازة، والمحقق، والطغراء،... وغيرها من الخطوط، وفيما يلي سنعرض خطي الرقعة والنسخ كنماذج تطبيقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي من أجل التعرف على خصائصهما وكيفية قراءتهما بطريقة آلية. (الألوسي،2008)

- خط الرقعة، وهو الخط اليومي وأصل الخطوط العربية وأسهلها وأسرعها لما يتميز به من جمال واستقامة وقلة دورانه وميله، فحروفه قصيرة وغير ممتدة، مما يسهل في قراءته وكتابته خاصة وأنه يعتمد على النقطة التي تكتب وتوضع على الحرف بشكل معروف (٨) مما يسرع في كتابته، وهو من الخطوط التي استخدمت في كتابة عناوين الصحف والكتب والمجلات واللافتات والدعاية ورؤوس الأخبار، ولأنه يكاد يخلو من التحسينات الشكلية والزخرفية فاحتفظ بمميزاته وقواعده دون تغيير أو اشتقاق إلى خطوط أخرى تختلف عنه في القاعدة، مما جعله خطا للمعاملات الرسمية وكتابات دواوين الدولة. (الألوسي، 2008، 56)
- خط النسخ ، وهو أحد فروع خط الثلث، ولكنه أقل صعوبة وذو قواعد محددة، إذ يتميز بالكتابة الأنيقة والملائمة وتصف الحروف والكلمات بشكل واضح وتترك مسافات مناسبة بينهما مما يزيد من تناسقه وجماله، وبفضل تناسقه أصبح يستخدم في كتابة القرآن الكريم ، مما جعل المصاحف المكتوبة بخط النسخ أكثر عددًا من المصاحف المكتوبة بالخطوط العربية الأخرى لكونه خط جميل وبسيط وواضح دون تعقيد، كما استخدم أيضا في كتابة اللوحات بالمساجد، والتحف المعدنية، والأخشاب، والنسيج، والنقود، وغيرها من المنتجات الفنية الإسلامية، مما أصبح خطًا للطباعة في جميع البلاد العربية سواء كان للكتب أو المجلات أو الصحف، ونظرًا لاستخداماته بكثرة في الطباعة، فقد تم تطويره ليناسب كافة المطابع والآلات الكاتبة والحاسبات الآلية، وأُطلق عليه خط الصحفي. (الألوسي،2008، 47)



شكل (1): يوضح نوعي الخط العربي (النسخ والرقعة)

الخط العربي وأهميته

لماذا أدرجته منظمة اليونسكو ضمن قائمة الإرث الثقافي غير المادي؟

إن "إدراج الخط العربي في القائمة التمثيلية للتراث الثقافي غير المادي لليونسكو، يسهم بشكل فعال في تعزيز التراث الثقافي غير المادي، وبشكل خاص في فنون الخط، فالخط العربي من أجمل الخطوط حيث نستطيع أن نتفنن ونبدع فيه، إذ أصبح لفنون اللغة العربية والخط العربي معارض تقام بين الحين والآخر، لأنه ارتبط بالتراث الإسلامي، فصار يزين واجهات دور المساجد والأضرحة وغيرها من تصاميم العمارة الإسلامية في أنحاء العالم. وعلى الرغم من ذلك تم تسجيله كخط عربي وليس إسلامياً، فهو يؤكد عروبته، لأنه عربيًا وليس إسلامياً، وعليه فعرفته اليونسكو بأنه "ممارسة فنية لكتابة النصوص العربية باليد بطريقة سلسة لتبرز التناسق وأناقة الحركة والجمال، فالكتابة هي أساس قيام الحضارات".

وتهدف هذه القائمة إلى زيادة الوعي بالتراث غير المادي وضمان الاعتراف بتقاليد المجتمعات وتنوعها الثقافي، وهذا الاعتراف والضم لقائمة اليونسكو يمكن أن يولد شعوراً بالفخر، علماً بأن الحفاظ على التراث غير المادي يحصل عندما يهتم به الأجيال، وعليه يُعد إنجازا جديدا في مجال صون وحفظ الهوية العربية، اعتبارًا لأن الخط من أهم مفردات الحضارة العربية وأحد الوسائل الفاعلة في التعريف بها، مما يسهم في الحوار بين الثقافات العالمية ويدعم جهود إلقاء الضوء على تاريخها، وذلك من خلال الاهتمام بتأصيله ثقافياً، والعناية بإحيائه فنياً عبر العديد من الفعاليات العلمية والفنية، والبرامج التعليمية والتطويرية التي يمكن أن تتبناها أو ترعاها المؤسسات الرسمية والمجتمعية ذات الصلة بإحياء الخط العربي ويعود ذلك لضرورة إعادة الاعتبار المعرفي لفن الخط العربي.(اليونسكو،2022)

الخط العربي والتقنية

ما هي الخطوة الداعمة للخط العربي في سبيل الحفاظ على الهوية العربية؟ وما مدى أهميتها؟

التكنولوجيا؛ إذ أصبحت التكنولوجيا واحدة من أهم الركائز التنموية للمجتمع على المستويات كافة ولا تتوقف على مجال الاتصالات وحدها، الأمر الذي يؤدي إلى إدراج التكنولوجيا وأدواتها الرقمية في الخطط التنموية، والاستفادة من الفرص الهائلة التي توفرها، والتي بدورها تؤدي إلى الحفاظ على الهوية بطريقة رقمية حديثة.

كيف تأثر الخط العربي بالتكنولوجيا المعاصرة؟

مما لا شك فيه أن للثورة التكنولوجية التي يشهدها العالم لها أثرا بالغا على كافة نواحي الحياة، ومع تطور التقنيات التكنولوجية في العصر الحديث اتجه العالم إلى استخدام مفهوم الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة في مجالات متعددة والتي من ضمنها القراءة الآلية للنصوص العربية وكذلك الخطوط العربية، إذ يعتبر التعرف على الكلام العربي المخطوط بخط اليد من الأمور الهامة في مجال القراءة الآلية، ولذلك سنعرض فيما يلي مفهوم الذكاء الاصطناعي وأهم خصائصه وكيفية توظيفه في مجال قراءة الخطوط العربية.

استراتيجيات تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي

- **التعريف بالذكاء الاصطناعي وأهميته**

الذكاء الاصطناعي؛ هو أداة آلية إذا أحسنت إليها المدخلات أحسنت إليك المخرجات. فهو العلم المعني بجعل الحواسيب تقوم بمهام مشابهة لعمليات الذكاء البشرية منها كالتعلم، والاستنباط، والإدراك، والتخطيط، واتخاذ القرارات؛ لأن الحاسوب لديه المقدرة على حل المشكلات واتخاذ القرارات بأسلوب منطقي ومرتب وبنفس طريقة تفكير العقل البشري، فهو علم يُميكن السلوك الإنساني من خلال نظام بيانات لتمثيل المعلومات والمعرفة، وخوارزميات لرسم طريقة استخدام هذه المعلومات، ولغة برمجة لتمثيل كلاً من المعلومات والخوارزميات؛ فهو يبحث أولاً في تعريف الذكاء الإنساني وتحديد أبعاده ، ومن ثم محاكاة بعض خواصه ومن ثم ترجمة هذه العمليات الذهنية إلى ما يوازيها من عمليات محاسبية تزيد من قدرة الحاسب على حل المشاكل المعقدة، وبالتالي فالذكاء الاصطناعي مرتبط بتمثيل نموذج محاسبي لمجال من المجالات، ومن ثم استرجاعه وتطويره، ومقارنته مع مواقف مجال البحث للخروج باستنتاجات مفيدة.(آلان،1993)

وهنا السؤال: هل الذكاء الاصطناعي يُغني عن وجود الذكاء الإنساني؟

بالطبع لا؛ لأن الإنسان له دور كبير في الاختراع والابتكار وتطوير الذكاء الاصطناعي وقادر على التحليل والاستنتاج، في حين أن النموذج المُصطنع هو تمثيل لنموذج سبق استحداثه في ذهن الإنسان، ويقتصر على استنتاجات محدودة طبقاً لبديهيات وأوامر برمجية ومصفوفات رياضية

وقوانين متعارف عليها تم برمجتها في البرنامج نفسه لفهم آلية التفكير البشري وكيفية معالجة المعلومات وتخزينها واسترجاعها عند الحاجة إليها، وهو ما جعل الآلة تتصرف بذكاء نيابة عن الإنسان بكل فاعلية ومرونة.

- **مميزات وخصائص الذكاء الاصطناعي**

للذكاء الاصطناعي خصائص كثيرة ومتنوعة، نذكر منها ما يلي: (العريان، وآخرون، 2019)

1. المعالجة المتوازية، فهو يستخدم أسلوب مقارن للأسلوب البشري في حل المشكلات المعقدة حيث يقوم الحاسوب بالبحث في الخيارات المتاحة أمامه وتقييمها طبقا لمعايير موضوعة له أو أرقام هو باستنباطها بنفسه ثم يقرر الحل الأنسب من خلال عمليات التحليل والمقارنة المنطقية.
2. حل المشكلات، وفيه يتطلب بناؤه تمثيل كميات هائلة من المعارف الخاصة بمجال معين لتكوين قاعدة بيانات عن المجال، مع إثارة أفكار جديدة تؤدي إلى الابتكار من أجل وجود حل متخصص لكل مشكلة ولكل فئة متجانسة من المشاكل بهدف محاكاة الإنسان فكرا وأسلوبا
3. السرعة والدقة في الأداء، حيث يتعامل مع الفرضيات بشكل دقيق وبسرعة عالية وبمستوى علمي واستشاري ثابت من أجل تنفيذ عدة أوامر في وقت واحد دون الشعور بالملل أو الإجهاد.

- **الذكاء الاصطناعي وأهم تطبيقاته التقنية (تقنية القراءة الآلية والتعرف على الكلام)**

تطبيقات الذكاء الاصطناعي كثيرة جداً ومن أكثرها شيوعاً:

- التعليم وتعليم الآلات machine learning
- تطبيقات الألعاب Game Playing.
- تطبيقات الرؤية والصورة عن طريق الآلة .Machine Vision
- تطبيق التخطيط والاتمتة (كالإنسان الآلي) Planning & Robotics.
- تطبيق التعرف على الكلام والكتابة وأنواع اللغات الطبيعية ومجالات معالجتها Natural Language Processing

وما يهمنا في دراستنا هو تطبيق التعرف على الكتابة واللغة، لأن تمييز وفهم اللغات الطبيعية يحتاج إلى معرفة مكثفة بالعالم الخارجي والقدرة على التحكم به. كونه واحدًا من المشاكل الرئيسة في معالجة اللغات الطبيعية، خاصة وأن النصوص المكتوبة، تمر عند تحليلها بِعدّة مراحل مختلفة، والتي تتمثل في: (فيران،2021)

التحليل الصرفي: وهو الذي يهتم بمعرفة نوع الكلمات، وضمائرها وغيرها من المعلومات الصرفية كتحديد هل هي جمع أم مفرد، صيغة تذكير أم تأنيث، صيغة ماضي أم مضارع، بالإضافة إلى تحديد أصل الكلمة والزوائد الدخيلة عليها.

التحليل النحوي: وهو المُعتمد على الصرفي، ويهتم بهيكلة الجملة وعلاقة كلمات بعضها مع بعض، وغيرها من المعلومات النحوية كتحديد الفعل والفاعل والمفعول به، لتحليل البنية النحوية للجملة إن كانت اسمية أو فعلية أو مشروطة محددا أداة الشرط وجواب الشرط.

التحليل الدلالي: وهو المُعتمد على المرحلتين السابقتين، ويهتم بقصد الجملة عن طريق الربط المنطقي بالمعلومات الموجودة في الجملة وبين العالم الواقعي.

وعن المجالات الرئيسة لمعالجة اللغة هي:

- القراءة الآلية للنصوص وتمييز الكلام
- تنقيح النصوص وتوليد النصوص أو الكلام آليا
- استخلاص وإيجاد المعلومات وفهم الأسئلة والإجابة عليها
- الترجمة الآلية والتلخيص الآلي

وهنا في بحثنا نركز على مجال تطبيق تقنية القراءة الآلية للنصوص والتعرف على الكلام

- **التعريف بالقراءة الآلية وأهمية تطبيقها على الخطوط العربية**

القراءة الآلية، هي من جماليات الذكاء الاصطناعي في التعرف على الحروف العربية، والتي تهدف إلى محاكاة بعض قدرات البشر، لقدرتها على التعرف على أنماط الخطوط وتميزها، كما تشمل القراءة الآلية معالجة الصور كتحديد مواضع الكتابة في الصور، وتحسين جودة الصور لتسهيل التعرف على خطوطها وكتابتها، وتصحيح نتائج التعرف الآلي على الكتابة لغويًا. (حسين، علي، 1990)

- **أنواع القراءة الآلية وأهم النظم التطبيقية لقراءة الخطوط العربية (أنظمة القراءة الآلية).** (Noman&etc,2016)

هناك العديد من أنظمة التعرف على النصوص المكتوبة آليا، والتي تتمثل في:

- التعرف الذكي للحرف intelligence character recognition (ICR)
- التعرف الذكي للكلمةintelligence word recognition (IwR)
- التعرف الضوئي للحرف optical character recognition (OCR)

ويعتبر هذا التعرف الأخير من أوسع الأنظمة الآلية تطبيقًا على النصوص العربية والكتابات اليدوية في الوثائق والمخطوطات التراثية، إذ يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في برنامج OCRلتحقيق تقنيات أكثر تميزًا لأنواع الخطوط العربية وقراءتها بطريقة آلية (الحاسوب) غير مرئية، من خلال استخراج الحروف من الصور، وتحويلها إلى كلمات، ثم يقوم بتجميع الجمل، مما يسمح بالوصول إلى النص الأصلي وتعديله، وتحريره وتنسيقه والبحث فيه وقراءته آليا كما لو كان مكتوب باستخدام معالج النصوص word ويمكن استخدامه بعد ذلك لمعالجة البيانات.

- **خصائص برنامج القراءة الآلية للخطوط العربية (OCR)** (MD&etc,2019)

1. إمكانية التعرف على أنماط الخطوط العربية المشكولة وغير المشكولة
2. الأداء الناجح لاختبار البرنامج مما يساعدنا في القدرة على الاستنتاج وإعطاء النتائج المحتملة والممكنة بعد استخلاص المعلومات والبيانات الدخيلة
3. التعرف على طريقة جديدة ودقيقة في قراءة الخطوط العربية بطريقة رقمية
4. التصنيف Classification وذلك من خلال وجود مجموعة من الأصناف Classes وكل صنف له خصائص features مشتركة، حيث يقوم البرنامج بربط الخصائص بصنف معين ليسهل عليه قراءة الخط
5. الارتباط Regression وهو أسلوب إحصائي يستخدم في قياس مدى العلاقة الدلالية بين أنواع الجمل والتعابير الاصطلاحية وصفات الأسماء والتقديم والتأخير وأساليب الكتاب
6. التجميعClustering وفيه يتم تقسيم البيانات إلى مجموعات غير معروفة مسبقا وكل مجموعة يتم التعامل معها على أنها صنف ونوع جديد لتحليلها والتوصل إلى وصف منطقي

فإن تقنية التعرف الضوئي على الحروف (OCR) هي تقنية رائعة ذات إمكانات هائلة لقراءة المخطوطات والوثائق المكتوبة بخط اليد ورقمنتها بطريقة آلية دقيقة. إذ يستعد الذكاء الاصطناعي(AI) وتطبيقاته التقنية ليصبح أحد أكثر الاتجاهات تأثيرًا في السنوات المقبلة، نظرًا لأن هذه التقنيات أصبحت أكثر اقتصاديًا، وتقنية التعرف الضوئي على الحروف هي تطبيق نموذجي على كيفية قيام تقنيات الذكاء الاصطناعي بإحياء تقاليد الخط العربي وجمالياته وإتاحته للقراءة بدقة وبدون صعوبة كي يصبح مواءم لتقنيات عصر الأجهزة الذكية.

- **فوائد ومميزات القراءة الآلية للخطوط العربية (الفوائد الرئيسة لتقنية OCR)** (Narendra, Manoj,2017)

1. قابلية الوثيقة المكتوبة بخط اليد لقراءتها والتعرف على ما تضمنه من معلومات بشكل آلي دقيق وسهل.
2. تيسير نظم الحفظ، وتوفير الوقت وتقليل الأخطاء، فبفضل أداة التعرف الضوئي على الحروف، تصبح عملية استرجاع البيانات بشكل أسهل، وكذلك أيضًا الاستغناء عن الترميز اليدوي وتقليل أخطاء البيانات البشرية
3. مقتطفات الصور، إذ يمكن لبرنامج OCR التعرف على النص في الصور واستخراج النص من الصور وحفظ الملفات النصية بالتنسيقات التالية JPG،JPEG, PNG ، BMP، tiff, PDF وغيرها.
4. إمكانية إنشاء أرشيفات يمكن الوصول والبحث فيها بالصور الإلكترونية عن المواد المخطوطة والمواد التراثية والتاريخية باستخدام تقنية التعرف الضوئي على الحروف، مما يمكنا من حماية تلك المواد
5. يتم إدخال البيانات واستخراجها ومعالجتها تلقائيًا، فيمكن لمؤسسات المعلومات استخدام التعرف الضوئي OCR على الحروف لأتمتة مرحلة إدخال البيانات، بدلاً من جعل الموظفون يقومون بتحليل مستندات الصور يدويًا.
6. مساعدة المكفوفين: وذوي الإعاقة البصرية، إذ تقوم التقنية الآلية للحروف OCR بفك رموز الأوراق للمكفوفين وضعاف البصر ليتم قراءتها بصوت عالٍ لهم وتحويل النص إلى خطاب.

إذ تعود الأهمية الخاصة لإجراء هذه المعاجلة لنصوص اللغة العربية لتعزيز الإشارة المدخلة وتمثيلها بطريقة يمكن قياسها باستمرار من أجل التعرف القوي على حروف الخط العربي، لما يتميز به من ثراء المفردات، وكثرة أشكال الصرف، وغياب التشكيل من معظم الحروف، مما يتطلب من إجراء معالجة تضمن الدقة في تحليل النص المكتوب وهي (OCR).

نظم القراءة الآلية للخطوط العربية

في الواقع، القراءة الآلية للخطوط العربية موضوع شائك ومتعدد الجوانب وذو تفاصيل فنية دقيقة ويصب فيه الكثير من معالجات وتقنيات الذكاء الاصطناعي، ولقد نشأت الحاجة لمعالجة الخطوط العربية مع تعدد أنواعها واختلاف خصائصها وفقًا لكل نوع، فثمة تحديات تواجهنا في التعرف الآلي على الخطوط اليدوية، وعن مشاكل وتحديات الخطوط العربية وكتابتها ما يلي ذكره:

- **مشاكل وتحديات تطبيق القراءة الآلية على الخطوط العربية**

<u>أولًا: مشاكل داخلية كتابية (أي تتعلق بالكتابة)، وتتمثل في:</u>

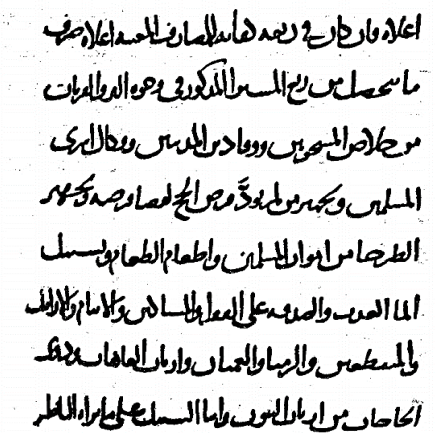
- تشابك بعض الحروف والبعض الأخر لا يقبل التشبيك، إذ تتغير شكل الحروف العربية المنفصلة عن المتصلة
- تحتوي بعض الأحرف العربية على حلقة، مثل (ص، ف، و).
- ارتفاع وعلو بعض الحروف عن الخط والبعض الآخر ينخفض مثل(ج/ح/خ/ع/غ/ل/س/ش/ص/ض/ط)
- مواضع النقط في الحروف المتشابهة في أصلها، وأحيانا وضعها بأعداد أقل وفقا لنوع الخط المستخدم وطريقة الكاتب لوضعها قبل الحرف أو بعده
- التشكيل مما يجعل للكلمة الواحدة أشكال كثيرة ويعرقل من التعرف عليها خاصة مع تشابه بعض النقط مع بعض التشكيل حجمًا وموضعًا ورسمًا
- كثرة أشكال الكلمات العربية بسبب اللواصق السابقة مثل باء الجر ولام التعريف، واو العطف؛ واللواصق اللاحقة كتاء التأنيث، واو الجماعة

- أنواع علامات الهمزات وموضعها على الألفات والياءات، والواو، والسطر والمتطرفة أو المستقلة
- تنوع أشكال الكتابة والخطوط فكل نوع له خصائصه التي تميزه
- اختلاف الكُتَّاب، فكل كاتب له طريقته الخاصة في كتابة ورسم الحروف

ويتضح ذلك في الأشكال التالية:

شكل (2): يوضح نماذج لأشكال كتابة حروف اللغة العربية في خطي النسخ والرقعة

شكل (3): يوضح كتابة بعض الحروف بالتشكيل

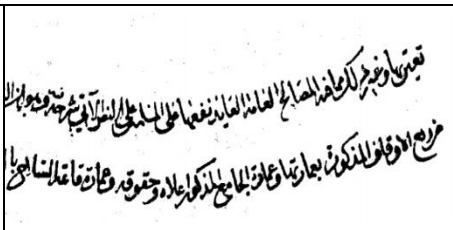


شكل (4): يوضح كتابة الحروف بدون نقط

ثانيًا: مشاكل خارجية شكلية وتتمثل في:

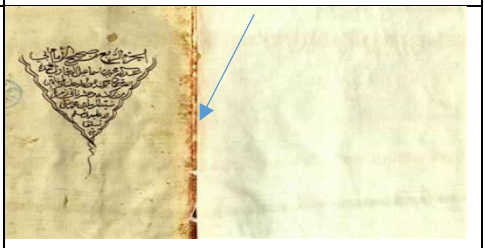
- النص المكتوب في شكل أمواج
- الأوراق البالية والمطوية والتالفة مما يطمس الكلمات ويؤثر على قراءتها
- اعوجاج الصفحات وانحناء وتقوس الكلمات
- مناطق الظل الناتجة عن التسفير
- ظهور البقع اللونية والرطوبة والحبر على الورق، مما يجعل القراءة غير مرئية وغير ممكنة
- ظهور النص الخلفي للصفحة في حالة شفافية الأوراق

وتتضح تلك التحديات والمتغيرات الخارجية من خلال بعض الأشكال التالية:

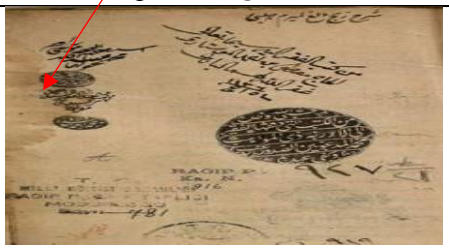


شكل (5): يوضح الكتابة في شكل أمواج

شكل (6): يوضح بعض البقع الحبرية



شكل (7): يوضح الظل الناتج عن التسفير



شكل (8): يوضح البقع اللونية

ولذلك تُعد عملية القراءة الآلية لخطوط الوثائق والمخطوطات عملية دقيقة وصعبة لكثرة المتغيرات والتحديات الداخلية والخارجية، غير أن لكل كتابة مشاكل وتحديات خاصة،

فمثلًا تغيير كتابة الحروف بين الكُتاب وبعضهم أو حتى بين الكاتب الواحد في مواضع مختلفة كحالته النفسية؛ ونوع القلم المستخدم في الكتابة؛ وزمن الكتابة؛ وجودة الأداء في الكتابة إن كانت سريعة أو بطيئة؛ وعلى الرغم من تلك المتغيرات والتحديات الخاصة بالكتابة والخطوط العربية إلا أنها تتمتع بسهولة قراءتها آليا وفقا للتطبيقات التقنية الحديثة مقارنة باللغات والكتابات الأخرى، ولإجراء هذا التعرف الآلي للخطوط العربية لابد من إجراء بعض المعالجات الأولية والمعالجات التطبيقية، وفيما يلي توضيح لتلك المعالجات بمراحلهما المختلفة.

المعالجة الأولية

وهي المعالجة التي تنطوي على حقائق وتعبر عما هو معروف في مجال الخط العربي من خلال الوعي بخصائصه والاستراتيجيات والمصادر اللازمة لمعالجته، إذ يمكن لنا أن نقول إنها المرحلة التي تجيب عن سؤال لماذا؟ وهو السؤال الذي من خلاله نستطيع تحقيق الهدف، وبناء على ذلك تنقسم هذه المعالجة إلى عدة مراحل وهي: تحضير البيانات، جمع البيانات، تدريب البيانات، اختبار البيانات، وفيما يلي شرح تفصيلي لكل مرحلة من المعالجة الأولية. (المجلس الأعلى للغة العربية، 2020)

أ. مرحلة تحضير البيانات

من المعروف أن اللغة العربية لغة مخطوطة، وهذا يجعلنا نركز على حروف كتابتها ودراسة جميع المواضع الممكنة لكل حرف في كل نوع من أنواع الخطوط العربية، وفي بحثنا الذي بين أيدنا نركز على نوعي خط الرقعة والنسخ، وعليه نقدم جدولًا يوضح عائلة الحروف العربية عارضًا فيه أشكال حروف الخط العربي وحالات ظهوره أثناء الكتابة بالرقعة والنسخ، ليسهل على الأداة التقنية تمييز الحروف وتحديد أصوله لضمان قراءته بدقة. (الصانع، وآخرون، 2019)

جدول (1): يوضح عائلة الحروف العربية وأشكالها أثناء الكتابة

الحرف المنفرد Isolated	الحرف في بداية الكلام Letter at Start of inscription (LST)	الحرف في المنتصف Letter at Mid of inscription (LMT)	الحرف في النهاية Letter at End of Work (LET)	عائلة الحرف Family letter
ء				ء- ئ-ؤ-أ-إ-ـئـ
أ		ـا- ـأ- ـآ- ـإ	ـا	ا-أ-آ-إ
ب	بـ	ـبـ	ـب	ب – ت- ث
ت	تـ	ـتـ	ـت	
ث	ثـ	ـثـ	ـث	
ج	جـ	ـجـ	ـج	ج- ح- خ
ح	حـ	ـحـ	ـح	
خ	خـ	ـخـ	ـخ	
د			ـد	د- ذ
ذ			ـذ	ر- ز
ر			ـر	
ز			ـز	
س	سـ	ـسـ	ـس	س- ش
ش	شـ	ـشـ	ـش	
ص	صـ	ـصـ	ـص	ص- ض
ض	ضـ	ـضـ	ـض	
ط	طـ	ـطـ	ـط	ط- ظ
ظ	ظـ	ـظـ	ـظ	
ع	عـ	ـعـ	ـع	ع- غ
غ	غـ	ـغـ	ـغ	

الحرف المنفرد Isolated	الحرف في بداية الكلام Letter at Start of inscription (LST)	الحرف في المنتصف Letter at Mid of inscription (LMT)	الحرف في النهاية Letter at End of Work (LET)	عائلة الحرف Family letter
ف	فـ	ـفـ	ـف	ف-ق
ق	قـ	ـقـ	ـق	
ك	كـ	ـكـ	ـك	
ل	لـ	ـلـ	ـل	
م	مـ	ـمـ	ـم	
ن	نـ	ـنـ	ـن	
ه	هـ	ـهـ	ـه	
و			ـو	
ي	يـ	ـيـ	ـى-ـي	ي- ى

ويتضح من الجدول السابق شكل الحرف العربي في جميع صوره أثناء الكتابة الذي بدوره يجعلنا نفهم ما أشارنا إليه أعلاه من مشاكل وتحديات في قراءة الخط العربي، فنجد مثلًا أن اتجاه الكتابة والقراءة باللغة العربية ينتقل من اليمين إلى اليسار، مع عدم وجود أحرف كبيرة أو صغيرة كما في اللغة الإنجليزية، بل الحرف الواحد له شكلان أو أربعة أشكال. وفقا لموضعه في الكلمة، كما في حرف (الحاء- الجيم) إذ يختلف شكله في بداية الكلام ووسطه ونهايته، مما قد يزيد من عدد الحروف إلى أن تصل إلى 100 حرف، كما أن بعض الحروف متشابهة، ولكن الفرق ينشأ مع موضع وعدد النقاط، ويحدث هذا إما فوق أو أسفل الأحرف كما في تلك الحروف ب، ت، ث، ج، خ، ذ، ز، ش، ض، ظ، غ، ف، ق، ن، ي، وفي بعض الأحيان نجد ظهور نقاط الحروف كنقطتين متميزتين أو قد تكون متصلة ويرجع ذلك لطريقة الكاتب في الكتابة أو لنوع الخط أو لوضعها في الكلمة إن كانت في البداية أو النهاية أو المنتصف، والبعض الأخر يختلف رسم الحرف نفسه ليكون بميل أو مكتوب فوق السطر أو جزء منه تحت السطر، علاوة على ذلك يمكن وضع علامات قصيرة كالهمزة "ء" فوق أو أسفل أحرف معينة، كالألفات (أ/إ/آ)، والياءات (ىئا/ىء/ئ)

والواو (ؤ)، ويمكن أن تظهر كأحرف معزولة ومتطرفة (ء)، وعلى الصعيد الآخر نلاحظ أن هناك بعض الحروف العربية تظل منفردة وعلى وضعها دون تغيير كحروف (أ/ د/ذ/ر/ز/و).

جدول (2): يوضح أنواع تشكيل الحروف العربية

اسم التشكيل	شكل التشكيل
فتحه	◌َ
كسره	◌ِ
شدة	◌ّ
تنوين	◌ً
تنوين ضم	◌ٌ
تنوين كسرة	◌ٍ
سكون	◌ْ
ضمة	◌ُ
مد	~

ويوضح الجدول الثاني عملية التشكيل الخاصة بالحروف العربية، والذي يسفر عنها تغيير في قراءة الحروف وإعطاء أصوات مختلفة من نفس الحرف، وهذا التشكيل هو: "الضمة" و "الفتحة" و "السكون" و "الكسرة" و "التنوين" و "الشدة" و "المد".

ب. مرحلة جمع البيانات

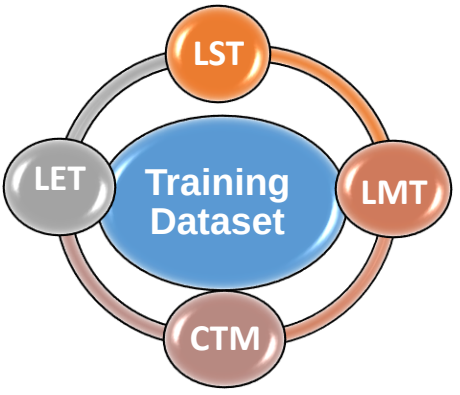
وهي المرحلة التي يتم فيها جمع جميع خصائص ومميزات الخط العربي وأنواعه من المصادر التاريخية والكتب التراثية في مختلف العصور والمجالات، وذلك للتعرف على أشكاله المختلفة في جميع صوره مما يسهل من معالجته وتطبيق الخطوات الإجرائية اللازمة لاستخراج معلومات دقيقة في قراءته.

ج. مرحلة تدريب البيانات

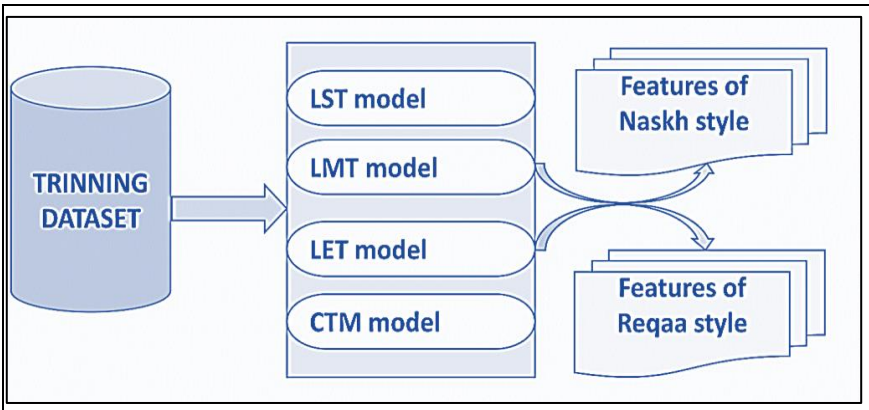
وتعتمد الفكرة الرئيسة فيها على جمع السمات المميزة لكل نوع خط عن غيره والتعرف على أي نمط ينتمي إليه، وأخذ هذه المميزات كمجموعة بيانات التدريب .(Training dataset)،

وبيانات التدريب وهي تُعرف أيضا باسم مجموعة التدريب أو مجموعة بيانات التدريب أو مجموعة التعلم، فهي مجموعة أولية من البيانات المستخدمة لمساعدة البرنامج على فهم كيفية تطبيق التقنيات مثل الشبكات العصبية للتعلم وتحقيق النتائج المطلوبة، ولذلك في بحثنا هذا تم تقسيم مجموعة بيانات التدريب إلى مجموعتين منفصلتين؛ مجموعة لخط الرقعة ومجموعة لخط النسخ وكل منهما تتكون من أربعة نماذج لأشكال الحروف، بحيث تمنح المستفيدين التعرف على أشكال حروف الخط العربي في مختلف حالاته المتصلة، والفردية، هذا بالإضافة إلى أن هذه المرحلة لا تمنح تكرار نفس الحرف في نفس الحالة أكثر من مرة واحدة وتحتوي على مجموعة البيانات بطريقة جديدة ، لذلك فإن النماذج النهائية بعد التدريب هي: (R. Plamodon & Srihar ,2000)

- نموذج الحرف عند بداية الكلام (LST) الذي يحتوي على جميع الأحرف مرة واحدة في بداية الكلام
- نموذج الحرف في منتصف الكلام (LMT) الذي يحتوي على جميع الأحرف مرة واحدة في منتصف الكلمة.
- نموذج في نهاية الكلام (LET) الذي يحتوي على جميع الأحرف مرة واحدة في نهاية الكلمة
- نموذج التدريب المركب Composite Training Model(CTM) الذي يحتوي على اتصالين أو أكثر للحرف الواحد

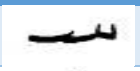
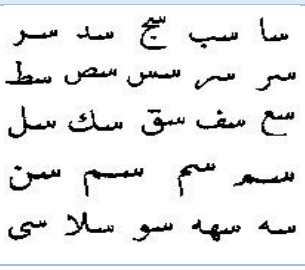
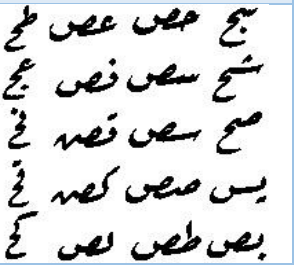


شكل (9): يوضح مجموعة بيانات التدريب



شكل (10): يوضح عملية تدريب بيانات التدريب

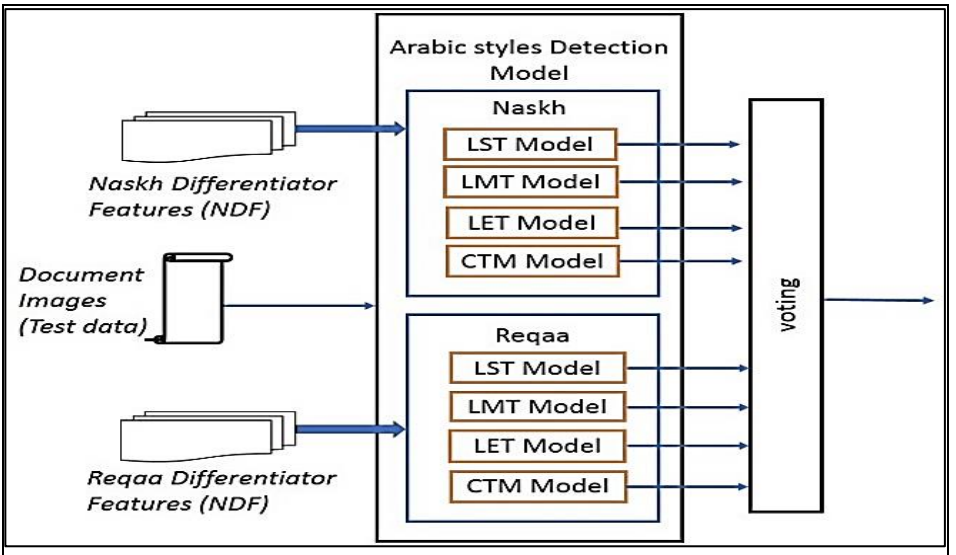
جدول (3): يوضح أشكال الحروف العربية في النماذج التدريبية الأربعة

السمات	خط النسخ	خط الرقعة
بداية الكلام LST		
وسط الكلام LMT		
نهاية الكلام LET		
الكلام المركب CTM		

د. مرحلة اختبار البيانات

تُعرف مجموعة الاختبار أيضًا باسم مجموعة بيانات الاختبار أو بيانات الاختبار، وتحتوي مجموعة بيانات الاختبار على نوعين؛ نوع بخط النسخ ونوع بخط الرقعة تم جمعهما من الوثائق والمخطوطات التراثية، حيث تم التعامل مع كل حرف وتوضيحه بالتفصيل، كما تم شرح الاختلافات بين حروف الخط العربي وخصائص كل منهما، وتعمل هذه الخصائص كميزات

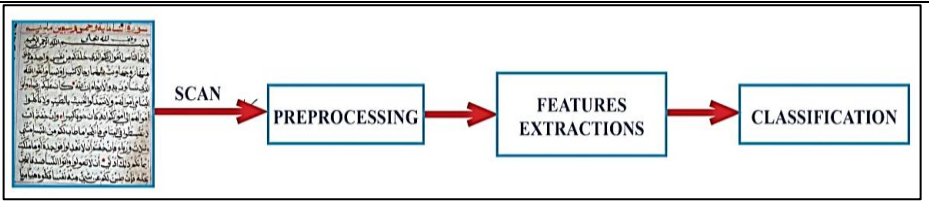
مميزة في أسلوب التطبيق أو البرنامج التقني الخاص بالقراءة الآلية للخطوط العربية - المقرر اقتراحه وسيتم شرحه في السطور المقبلة – إذ تقوم هذه التقنية على تدريب مجموعة من بيانات التدريب الأولية كمدخلات واختبارها من أجل التنبؤ بالمخرجات والنتائج، وذلك لأن النماذج التنبؤية لها قدرة فائقة على التحليل والاختبار على عكس النماذج التي يتم تحليلها من منظور البرمجة (C.Y. Suen,1999) .



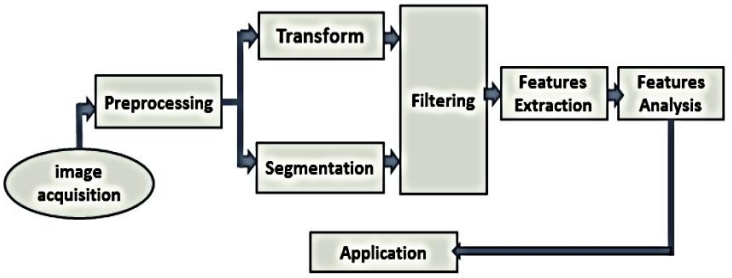
شكل (11): يوضح مرحلة اختبار تقنيات الذكاء على أنماط الخط العربي

ثانيًا: المعالجة التطبيقية وأدواتها الرقمية

وهي التي تتعلق بالإجراءات المختلفة الواجب عملها لتحقيق الهدف وهو قراءة الخطوط العربية كالتخطيط وتحديد المتطلبات والمدخلات، وإجراء عمليات الاختبار للمراجعة والتقييم من أجل الوصول إلى نتائج ملموسة ومرضية. إذ تعود المشكلة الرئيسة للتعرف على الخط العربي إلى تنوع أساليب طريقة كتابة الخط العربي واختلاف أنواعه، وللوقوف على حل تلك المشكلة ومعالجتها، ابتكرنا طريقة جديدة ومتطورة لتصنيف الخط وتحديد نوعه، وحفظه في قواعد رقمية، تمكنا من التعرف عليه وقراءته بطريقة آلية ودقيقة، من خلال نظام وتقنية التعرف الضوئي على الحروف.



شكل (12): يوضح خطوات المعالجة الآلية للخطوط العربية

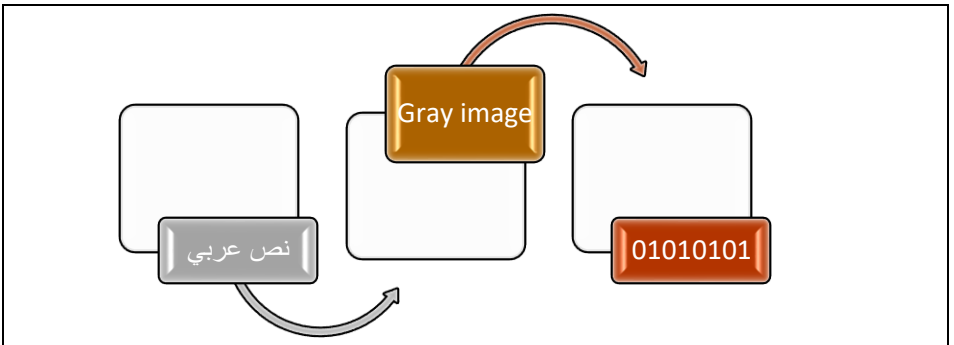


شكل (13): يوضح المعالجة التطبيقية للصورة الرقمية

وفيما يلي شرح مفصل لذلك المخطط الخاص بالمعالجة التطبيقية النموذجية لقراءة الخطوط العربية

1. التصوير الميكانيكي للوثيقة أو الصورة(scanning)، وذلك من خلال الكاميرات / ماسحات الضوئية والتي لها قدرات فائقة على إخراج الصورة بجودة فائقة، فعندما نقوم بمسح الوثيقة/ المخطوطة، على سبيل المثال، يقوم الحاسوب بتخزينها كملف صورة، وبالتالي لا يمكننا تعديل الكلمات الموجودة في ملف الصورة أو البحث عنها أو تعديلها باستخدام محرر نصوص word ولذلك، يمكننا استخدام OCR لتحويل الصورة إلى مستند نصي ليحفظ المحتويات كبيانات نصية.
2. العمليات الأولية على الصورة Pre-Processing، وفي هذه المرحلة تقوم التقنية بتغيير الشكل الفعلي للمخطوطة أو الوثيقة إلى صورة رقمية، ويرجع ذلك لتعدد انواع الصور الرقمية، فمنها: صور ثنائية Binary Image، وهي الصورة التي تحتوي على اللونين الأبيض والأسود فقط وتكون قيمة كل بكسل إما الصفر أو الواحد، فالأبيض هو الأماكن الساطعة ونرمز له بالأصفار(0) والأسود هو أماكن الحروف والكلمات ونرمز له برقم (1) ،إذ تتكون الصورة الرقمية من مجموعة من البكسلات، حيث أن البيكسل

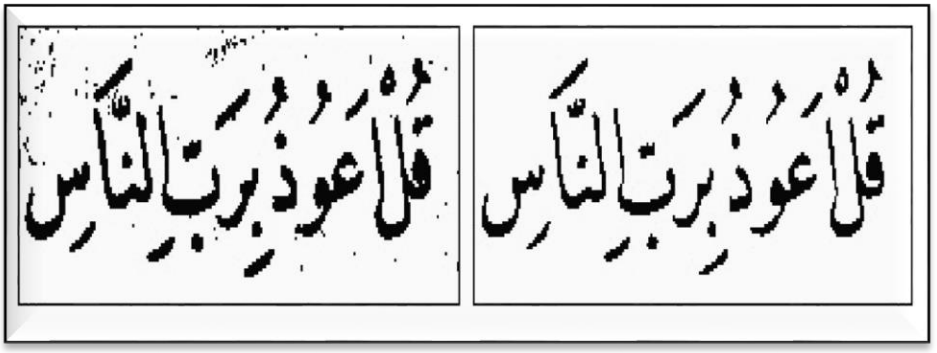
pixel هو أصغر وحدة في الصورة، وكل صورة هي مصفوفة تحتوي على صفوف وأعمدة من البكسلات، وكلما زاد عدد البكسلات كانت الصورة أوضح. (Gatos,2006)، وصورة ذات التدرج الرمادي ، وهي الصورة التي تحتوي الأبيض والأسود مع تدرجات الرمادي وتمثل قيم البكسلات بأرقام من 0 إلى 255 وفقا للسلم الرمادي المستخدم على الحاسب الآلي.(M. Ahmad,2011) ، والصورة الملونة color image ، وهي الصورة الرقمية التي تدعم الألوان من أجل تحديد نسب الألوان الأساسية كالأحمر، والأزرق، والأخضر(RGB)، فإذا تم مزجها سينتج اللون الأبيض، لذا يمكن النظر إلى الصورة الرقمية الملونة على أنها عبارة عن مربعات صغيرة تسمى بكسل كل من هذه المربعات يحمل عددا يرمز إلى لون معين في نظام ألوان معين.(Sharma,2013)



شكل (14) يوضح المرحلة الثانية للقراءة الآلية

شكل (15): يوضح أنواع الصور الرقمية

3. تحسين الصورةimage enhancement ، وهي إجراء عمليات معالجة على بيانات الصورة من أجل تحسينها وتنعيمها بطرق وأدوات رقمية جديدة، كي تصبح فيها الصورة أوضح من الصورة الأصلية فيسهل قراءتها آليا وتفسير ما بداخلها من معلومات. (Khera,2015) ، ومن أهم أنواع أدوات تحسين وتنقية الصورة الرقمية ومعالجة عناصرها بشكل مباشر هي: أداة المرشح المتوسطي Median filter ، وهو مرشح يستعمل لتقليل الضجيج الناتج عن الاهتزازات الخاصة بالكتابة والناتجة عن اختلاف الأدوات الكتابية كالريشة والقلم ، وفيها يتم استبدال كل قيمة بكسل بقيمة بيكسل الأوسط في الصورة، أي يتم ترتيب عناصر الصورة و جيرانها ، محددا الأوسط و من ثم نخصص هذه القيمة الوسطى من هذه البكسلات ونعوضها بدلًا من قيمة البيكسل المراد تعديله وفلترته إلى عنصر الصورة الواقع في المركز، فمثلًا إطار صورة (3x3) وقيمة البكسلات (10,20,20,20,15,20,20,25,100) فإن هذه القيم ترتب من الأصغر إلى الأكبر كما يلي (10,15,20,20,20,20,20,25,100) و منها نحصل على الأوسط و هو 20، فالوظيفة الأساسية لعملية الأوسط هي جعل النقاط ذات الكثافة البارزة جدا أكثر شبها بجيرانها، وبذلك تقوم بمعالجة النقاط الحادة التي تظهر معزولة ضمن مساحة قناع المرشح. (Eric,2015)



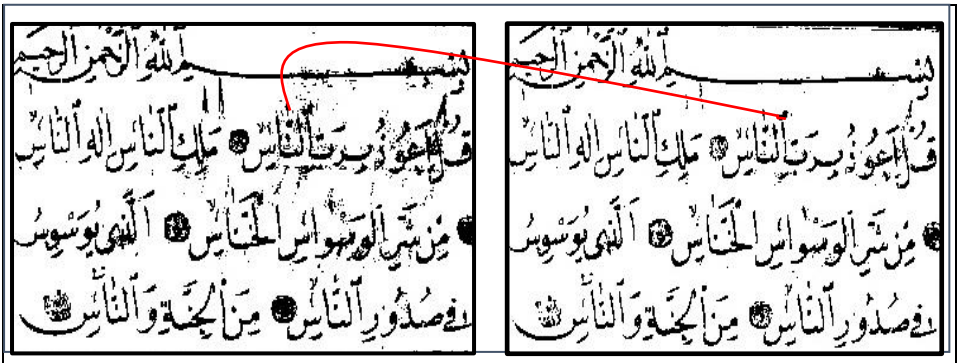
شكل (16): يوضح معالجة الصورة الرقمية بأداة Median filterوأداة مرشح Gaussian، وهي الأداة الرقمية التي تستخدم لإزالة الضوضاء بالصورة، الناتجة عن قطرات الحبر الصغيرة التي تسقط من القلم أثناء الكتابة، عن طريق أخذ مصفوفة صغيرة تسمى النواة وتشغيلها فوق وحدات البيكسل في الصورة، وفي كل بكسل، سنقوم بإجراء بعض العمليات الرياضية التي تتضمن القيم الموجودة في مصفوفة الالتفاف وقيم البيكسل ومحيطه، لتحديد قيمة البيكسل في صورة الإخراج/ الصورة المُعدلة، وهذه العملية هي (دالة Gaussian) التي تولد مصفوفة n x

m - (السطر M أي المستوى الأفقي) (العمود N أي المستوى العمودي) باستخدام هذه المصفوفة وارتفاع التوزيع Gaussian في موقع البيكسل هذا، سنقوم بحساب قيم RGB (التدرج اللوني) جديدة للصورة غير الواضحة .

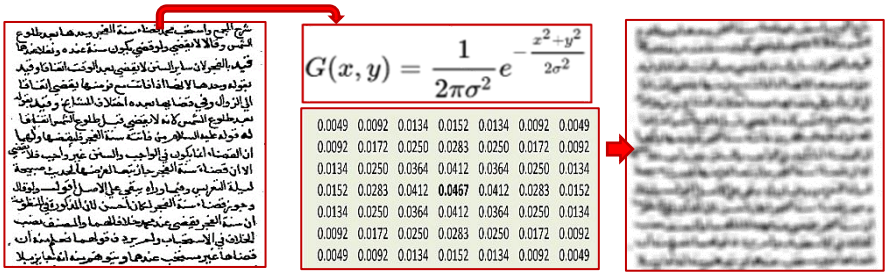
$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

شكل (17): يوضح دالة Gaussian للصورة الرقمية ثنائية البُعد

حيث x هي قيمة البيكسل الأصلية، وهي عبارة عن قيمة وحيدة البُعد، G (X) هي قيمة البيكسل بعد الترشيح والتعديل، σ هي قيمة الانحراف المعياري وتأخذ عادة رقم 1، (X,Y) يشير إلى كثافة مجموع قيم البكسلات في الصورة. (Boyata,2015)



شكل (18): يوضح الضوضاء بالصورة ومعالجتها بأداة Gaussian



شكل (19): يوضح كيفية عمل دالة Gaussian في معالجة الصورة

وقد تم اختيار هذه الأدوات الرقمية كونها الأكثر دقة وأهمية والأكثر استخدامًا وشهرة في مجال تنقية وتحسين الصور الرقمية، بالإضافة إلى فعاليتها في إزالة الضجيج وتنعيم الصورة من التشويش وإظهار تفاصيلها بشكل دقيق مع إزالة الشوائب والانحرافات غير المرغوبة، وذلك من أجل إنتاج خط عربي عالي الجودة معالج ومحسن لمنحنيات الأجزاء الدقيقة الموجودة في حروفه والمكتوبة باليد، عبر الأدوات الآلية Median filter، Gaussian المعدة لهذا الغرض، مما يساعد على إظهار الخط اليدوي بجودة عالية.

4. استخلاص الصفات المميزةFeature Extraction ، وتعد أهم مرحلة وأدقها من حيث النتائج، لأن الصفات كثيرة ومتباينة، فهناك عدد لا محدود من طرق استخلاص الصفات المميزة للخطوط ومنها: (D. JUNTrier,1996)

- تقطيع النص إلى أجزاءSegmentation ، وتسمى هذه العملية أيضا بالتحليل اللفظي ويقصد به تقطيع النص المكتوب إلى وحدات تتكون كل وحدة منها من أحرف أو أرقام أو رموز متصلة كالكلمات أو الأعداد أو علامات الترقيم، مع تحديد موضع بداية ونهاية كل حرف، وكذلك تعداد تكرار المفردات في النص الواحد.
- استخلاص قاعدة النصBase Line Detection ، وتهدف إلى تنقية النص من الشوائب الكتابية كالرموز الزائدة وعلامات الترقيم غير الهامة، والتخلص من التطويل، والحروف المكررة كما في كلمة جداااا، وإزالة التشكيل إذا كان غير لازمًا، وإجراء هذه العملية لها تأثير ملحوظ على جودة وكفاءة عمليات المعاجلة اللاحقة
- تتبع إطار النص الخارجي وغيرها strokes Tracing، ويقصد به التعرف على الإشارات المختلفة في النص التي تشير إلى الشيء نفسه سواء كانت هذه الإشارات أو الإطارات على شكل ضمير، أو إشارة إلى النص باختصار أو جزء منه لنتمكن من التتبع والوصول إلى النص الصحيح
- استخلاص الخصائص البنائية structural feature، ويقصد بها الخصائص المرتبطة بالنص من حيث طول النص، والمسافات بين الكلمة الواحدة، كما تتعلق بتركيب الجملة والكلمات المكونة لها

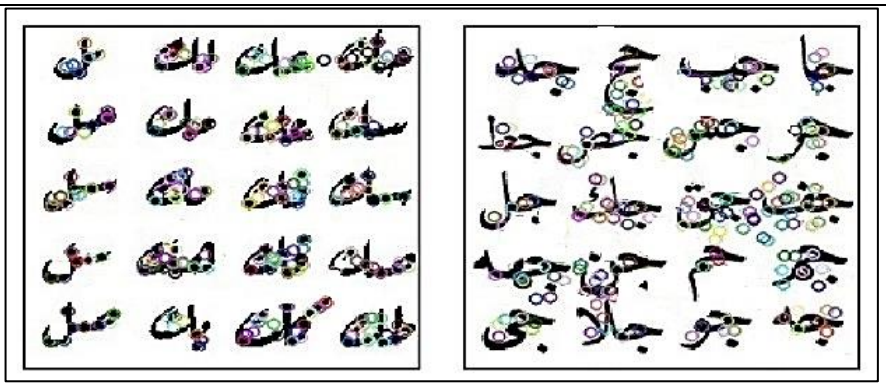
ويرجع تعدد تلك الصفات لتعدد أنواع الخط العربي، فكانت عملية تحديد الصفات صعبة، لأن كل نوع له صفات تميزه عن الآخر، واتضح ذلك أعلاه في اختيارنا لنموذجي خطي

الرقعة والنسخ، فضلاً عن أن مسألة تحديد سلسلة المعالجة التطبيقية لصورة الوثيقة لتصبح صورة رقمية ليس بالأمر الهين، لأن خطواتها اعتمدت على مجموعة من الإجراءات كعملية المسح الضوئي للصورة، وإزالة الضوضاء ، وتحسين الصورة ، والتجزئة ، أي تجزئة الصورة إلى مكونات نصية / رسومية / خلفية ؛ ليسهل إدخالها في نظام التعرف الضوئي على الحروف (OCR) مما ترتب على ذلك. وجود عملية التصنيف، وهي عملية تصنيف الخط وفقًا لأسلوب الكتابة أي وفقا لأنماط الخط العربي، فهي العملية الأولى قبل التعرف على الصفات لتضمن عدم اختلاط أنواع أنواع الخط العربي مع أنواع نظم التعرف على الحروف. وللوصول إلى مرحلة التصنيف، هناك أدوات تقنية نقوم باستخدامها لضمان تحقيق المعالجة التطبيقية بدقة، لأن تقنيات الرقمنة القائمة على التقسيم الخطي والعمودي للنص المكتوب مثل تصحيح خط الأساس والتطبيع المائل وتصحيح الانحراف، لها تأثير أقل على اللغة العربية مقارنة باللغات الأخرى؛ مما يجعل من الضروري إيجاد طرق أخرى للرقمنة وكذلك أدوات لتحليل خط الوثيقة وتحديد أهم العلامات ذات الصلة بتمييز الخط وتفرده، ومن أفضل أدوات المعالجة التقنية هي أداة التقنية SIFT

أدوات المعالجة التطبيقية الرقمية

أ. **SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)**، هو مقياس المعادلة الثابت في مطابقة الصورة وأكثر الأدوات شيوعا في معالجة الصورة ومطابقتها لما يملكه من قوة في تحديد النقاط الرئيسة في الصورة ومقارنتها، فهو يتعامل مع أجزاء الصورة ويقسمها بشكل دقيق للغاية من خلال المقارنة بين كل جزء وما قبله وما بعده من أجل تسجيل الاختلافات على الصورة كنقاط مميزة لكل جزء من أجزاء الحروف الموجودة بالصورة، ليكون هناك مخزونًا يصف كل حرف من حروف الكتابة العربية الموجودة بالنصوص المكتوبة بخط اليد والتي تعرف باسم قواعد بيانات الوصف للحروف العربية، وهي قواعد رقمية مهيكلة لحفظ الصفات الخاصة بكل نوع من أنواع الخطوط العربية المكتوب بها الوثائق وحفظها بعد تقسيم الصورة في أماكن مخصصة ، إذ يوفر SIFT مميزات بارزة تظل ثابتة مع المتغيرات كالحجم ، والإضاءة والألوان، والدوران، الناتج عن أساليب الكتابة العربية، كما يقوم أيضا بتمثيل مواصفات النقطة المميزة من خلال تحديد الموقع التقريبي للمعالم البارزة في الصورة، ومع ذلك، فأنها تحتاج وقت

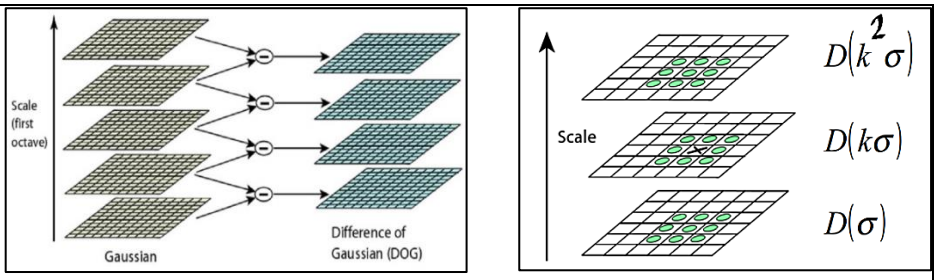
معالجة كبير نسبيا وذلك من أجل تحديد الاختلافات والتغلب عليها.) (Meng&Bernard,2014، ويتضح ذلك في خصائصه والتي تتمثل في:



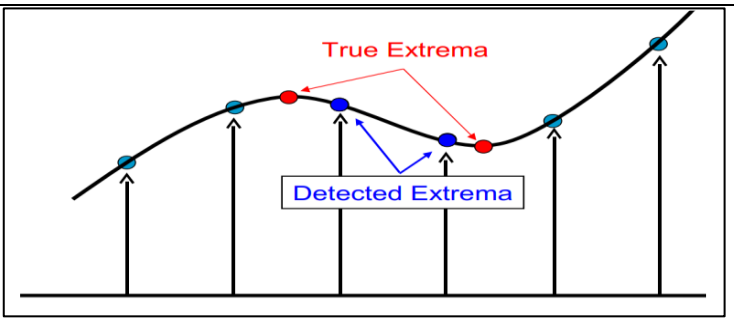
شكل (20): يوضح دور أداة SIFT في تحديد ميزات الصورة واستخراجها في نوعي خط الرقعة والنسخ

خصائص الأداة SIFT.

- مرحلة الكشف القصوى Scale-space extrema detection ، وهي المرحلة التي فيها الكشف عن الحد الأقصى والحد الأدنى للقيم من أجل إيجاد النقاط المميزة في الصورة كالاتجاهات والموقع وفقا لدالة Gaussian $D(X,Y,\sigma)$ ، وتحديد مساحات الصورة (الحروف) ومقاييسها القابلة للتكرار في مواضع كتابية أخرى، من خلال الدالة $L(x,y,\sigma)$، وذلك لأن الصورة الرقمية عبارة عن مصفوفة قيم متقطعة، فكان لابد من وجود إطار الطي المتقطع discrete convolution kernel لتقريبها وتجميعها من أجل تكوين صورة مُعدلة عن الصورة الأصلية، من خلال المعادلة $D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma)$، بحيث يتم مقارنة كل نقطة مع النقاط المجاورة لها في الصورة الناتجة من الدالة المذكورة وذلك في نفس الطبقة والطبقات المجاورة لها.(Tong,2012)

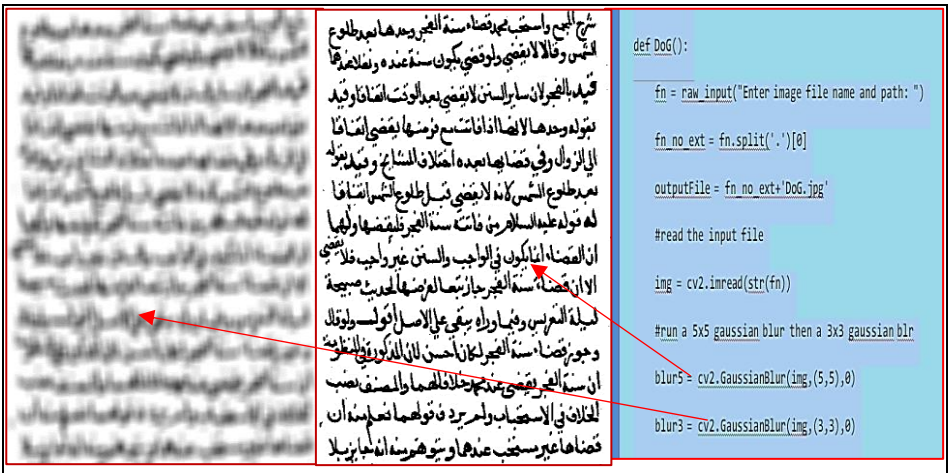


شكل (21): يوضح أنواع الدوال المستخدمة في معالجة الصورة الرقمية



شكل (22): يوضح الحد الأدنى والأقصى لمعالجة الصورة وفقا لدوال Gaussian

- تحديد الموقعKey Point Localization ، وفيه يتم تحديد النقاط الرئيسة في الصورة بناء على مقاييس ومعادلات تم الاستقرار عليها بمجرد العثور على نقطة رئيسة من خلال مقارنة بكسل بجيرانه (الحروف بشبيهها) في شكل دوائر صغيرة، معتمدًا على العامل (σ)، كونه المحدد للقيمة الانحرافية، فبعد إجراء ملاءمة مفصلة للبيانات القريبة لموقع الحرف ومقياسه ونسبة الانحناءات الرئيسة الموجودة في خطه، نجد أكثر من قيمة للعامل ، فمثلًا σ = (3) و σ= (5) ، وينتج عن ذلك إخراج الصورة في شكل ضبابي، وبالتالي علينا أن نرفض المعلومات والبيانات ذات التباين المنخفض أو التي توضع بشكل غير جيد. (Lowe,2004)



```
def DoG():

    fn = raw_input("Enter image file name and path: ")

    fn_no_ext = fn.split('.')[0]

    outputFile = fn_no_ext+'DoG.jpg'

    #read the input file

    img = cv2.imread(str(fn))

    #run a 5x5 gaussian blur then a 3x3 gaussian blr

    blur5 = cv2.GaussianBlur(img,(5,5),0)

    blur3 = cv2.GaussianBlur(img,(3,3),0)
```

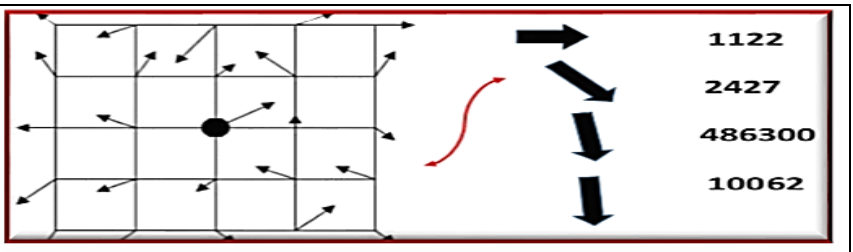
شكل (23): يوضح القيمة الانحرافية للصورة

- تحديد الاتجاهات الرئيسة Orientation assignment، وفيه يتم حساب التدرج للنقاط الرئيسة في الصورة استنادا إلى خصائصها الطولية والعرضية والدورانية بواسطة معادلات الاتجاه، والتي من خلالها ستحسب اتجاه النقط المميزة وزوايا الاتجاهات لمجموعة النقاط المحيطة بالنقطة المميزة، حيث يكون لهذه النقطة نفس الموقع، والقياس ولكن الاتجاه المسند إليها مختلف، لذلك في هذه المرحلة من الممكن أن نحصل على عدة نقاط مميزة من نقطة واحدة، و يكون لها أكثر من اتجاه، مما يساعد ذلك في زيادة فعالية الخوارزمية في إيجاد التطابق، وبالتالي يتم توفير ثبات لهذه التحويلات .(Mikolajczyk, & Schmid, 2005)

$$\boldsymbol{\Theta}(x, y) = \arctan\left[(L(x, y+1) - L(x, y-1)\right] / \left[(L(x+1, y) - L(x-1, y)\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

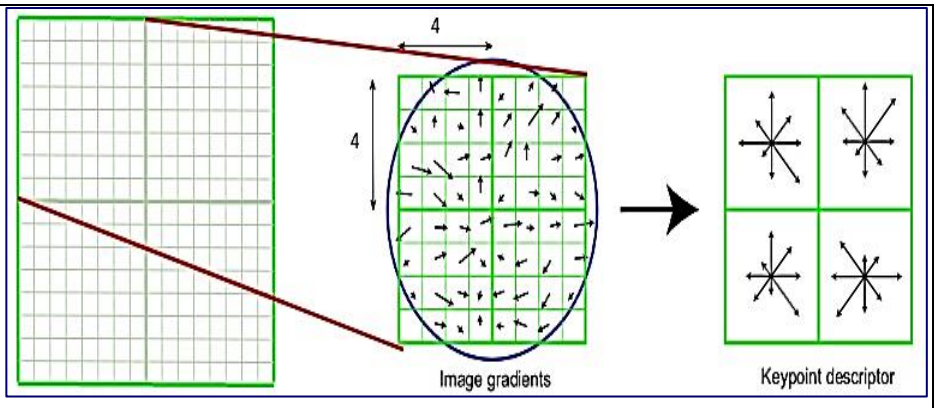
$$\mathbf{m}(x, y) = \sqrt{\left(L(x+1, y) - L(x-1, y)\right)^2 + \left(L(x, y+1) - L(x, y-1)\right)^2} \ldots\ldots\ldots (2)$$

شكل (24): يوضح معادلات الاتجاه



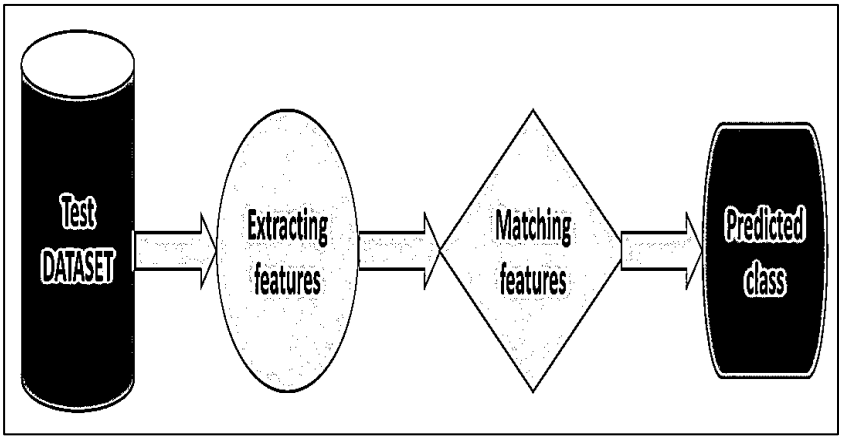
شكل (25): يوضح تعددية الاتجاهات

- التمثيل الوصفي Key point descriptor، وفيه يتم إيجاد موصف للنقطة المميزة من النقاط المحيطة بها، حيث يتم توليد نافذة بحجم 16x16حول النقطة المميزة وهذه النافذة يتم تقسيمها إلى 16 منطقة كل منها بحجم 4 x4 نقطة، فالموصف عبارة عن شعاع يحتوي على قيم الأعمدة الثمانية في 16 منطقة جزئية محيطة بالنقطة المميزة، وبالتالي يكون طوله 128 حاصل نتيجة 8X16، وبذلك يتم عن طريق SIFT تمثيل الصور المختلفة بمجموعة من النقاط المفتاحية المميزة، والسمات المتأصلة المستخدمة في النصوص العربية المكتوبة بخط اليد في صورتي الرقعة والنسخ. (Ke & Sukthankar,2004)



شكل (26): يوضح طريقة حساب التمثيل الوصفي للنقطة المميزة

5. تصنيف الخط classification وهو الذي يعني تصنيف النص المكتوب وفقًا لنوع الخط، أي يتم تصنيف بيانات التدريب بحيث يتم التنبؤ بالمخرجات من بيانات الإدخال. حيث جاءت مرحلة التصنيف لتصنيف الصورة المختبرة ما بين نوعي الرقعة والنسخ، وعليه تقوم هذه العملية على مراحل أساسية وهي: مرحلة التدريب التطبيقي، ومرحلة الاختبار على النماذج، ومرحلة التوافقية، وأخيرا مرحلة التنبؤ بالنتائج، وفيما يلي شرح مفصل عن تلك المراحل:



شكل (27): يوضح خطوات مرحلة التصنيف واختبار البيانات

1. مرحلة التدريب التطبيقي Training Phase، وفيها تم تقسيم مجموعة النصوص والبيانات إلى جزأين لعمل العمليات الأولية كالتصوير والتنقية من الشوائب وغيرها من العمليات الأولية، ثم تم تقسيمها إلى مجموعة من الأنواع، وكل نوع يعبر عن نمط الكتابة ونوع الخط المكتوب به، لتهيئته إلى مرحلة الاختبار، ثم نقوم بعرض التفاصيل الفنية في إعداد مجموعة بيانات التدريب في النماذج الجديدة التي لا تحتاج إلى عملية تجزئة، حيث جاءت مرحلة المعالجة المسبقة لإعداد البيانات إلى مرحلة استخراج الميزات، وتم استخدام خوارزميات SIFT لاستخراج الميزات من مجموعة بيانات التدريب وحفظها لاختبار الصور في مرحلة الاختبار .

شكل (28): يوضح المرحلة الأولية للتدريب التطبيقي والتهيئة لمرحلة الاختبار

ويتضح من الشكل السابق؛ أنه تم إدراج الصورة الرقمية داخل نموذج التقسيم الذي يقوم بأخذ جميع الصفات المميزة لكل حرف من حروف اللغة العربية في كل نوع خط ونمط كتابته في الوثيقة أو المخطوطة من خلال عمل Training Phase وتقنية SIFT والتي تتعامل مع كافة أنواع الصور والخطوط ومن ثَم حفظ تلك الصفات المميزة Features لاستدعائها لاحقا في مرحلة Test Phase ليقوم النظام بالتعرف على كل صورة من حيث نوع الخط وبعدها يقوم بإخضاع الصور لنظام التعرف الآلي Recognition System، وهذا النظام للتمييز بين الأحرف والأرقام، إذ يفحص الذكاء الاصطناعي المناطق المظلمة في الصورة، لاستهداف كلمة أو عبارة أو فقرة واحدة في كل مرة، وبالتالي يمكن لنا أن نستخلص الخطوات الأساسية لمرحلة التدريب التطبيقي، والتي تمثلت في:

- التعرف على الأنماط: لتدريب نظام الذكاء الاصطناعي، مستخدمًا مجموعة متنوعة من اللغات وتنسيقات النص والكتابة اليدوية لتحديد التطابقات، ومقارنة الحروف الموجودة على الصورة المرقمنة بالفعل مع الحروف المكتشفة والملاحظات الناتجة.
- التعرف على الميزات الهيكلية: للتعرف على الحروف الجديدة والفريدة، مستخدمًا قواعد تستند إلى سمات محددة كعدد الخطوط المائلة أو المتقاطعة أو المنحنية واتجاهاتها في الحرف الواحد، وموضع النقاط إن كانت تحت أو فوق الحروف، فضلًا

عن حجم الخطوط من حيث الطول والعرض والارتفاع للكلمة الواحدة كونها تعطي ملامح مختلفة أثناء كتابتها

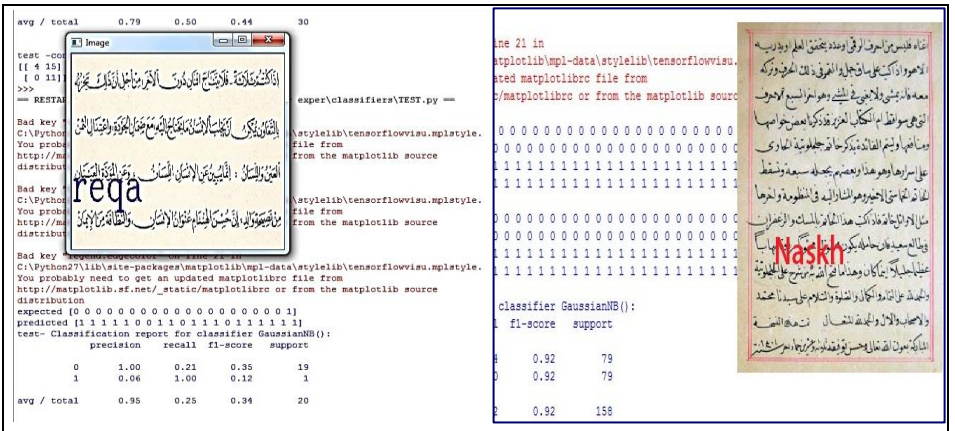
2. مرحلة الاختبار test phase وهي المرحلة التي تم فيها اختبار تقنيات الذكاء الاصطناعي على نماذج أنماط الخط، وذلك من خلال اخضاع عدد معروف مسبقا من النصوص بكل نمط من الأنماط السابقة، ليصحح الأخطاء في النصوص بناءً على مقارنتها بقواعد بيانات الوصف للحروف العربية، للتأكد من عدم وجود تفسيرات مختلفة تتجاوز الحروف الأصلية لضمان قِصر وتحديد مخرجات الذكاء الاصطناعي على تلك الحروف والكلمات والتنسيقات، مما يسهل من التعرف على نوع الخط المكتوب به الوثيقة أو المخطوط التراثي وبالتالي يسهل قراءة محتواه.

أدوات التصنيف classifiers

وهي التي تهدف إلى التصنيف الفعلي لنماذج حقيقية تحتوي على أحد انواع الخطوط العربية المذكورة ومن ثم المرور بها بكل الخطوات السابقة لتصبح جاهزة لاستخلاص الصفات المميزة لها والتي سيتم مقارنتها بكل الصفات الناتجة عن كل النماذج المعدة للتدريب ويتم ذلك من خلال مجموعة من أدوات التصنيف الفعالة وهي:

أ. أداة المصنف جاوسن نايف بايز Gaussian naive Bayes GNB

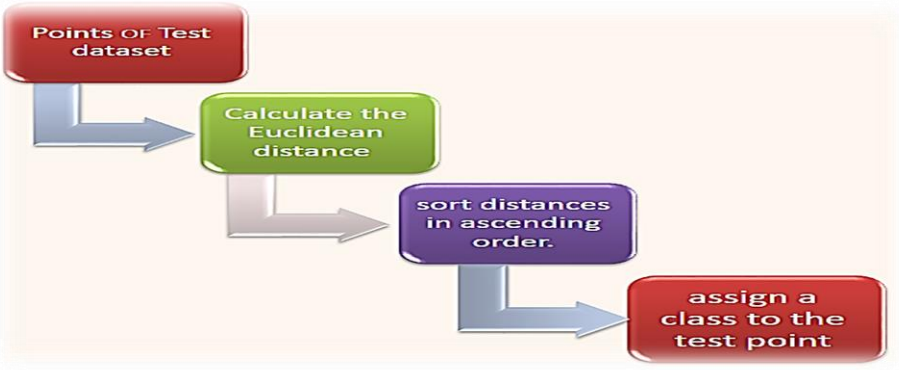
وهي الأداة التي تعتمد على نظرية الاحتمالات الشهيرة، بحيث يكون المدخلات المستهدفة هي نوع الخط داخل الصورة، ومن ثم أخذ جميع الاحتمالات لكل صفة مميزة من صفات الصورة محل الاختبار، وبعد ذلك يتم حساب الاحتمال الأكبر لكل الصفات ليتقرر نوع الخط تباعا. (Andreeva,2006)



شكل (29): يوضح اختبار البيانات وتصنيفها وفقا لنوع الخط مستخدما أداة التصنيف GNB

أ. أداة التصنيف الجار الأقرب K nearest neighbor KNN

وهي الأداة التي تعتمد على المسافة الفعلية Euclidian Distance بين كل صفة من صفات الاختبار وجميع صفات مرحلة التدريب بكل النماذج المعدة للتدريب، إذ يتم تصنيف الصفات الأقرب الي كل نوع خط لضمان دقة النتائج. (Jun Ou,. 2012)



شكل (30): يوضح تدريب واختبار البيانات بواسطة أداة التصنيف KNN

جدول (4): يوضح نتائج اختبار أنواع الخطوط العربية بمقارنة أدوات التصنيف GNB, KNN

Classifier	Styles	LST	LMT	LET	CTM	Voting	Mean
GNB	النسخ	90%	91%	93%	96%	94.5%	95.%
	الرقعة	92%	88%	93%	95%	95.4%	
KNN	النسخ	91%	88%	90%	95%	91%	91%
	الرقعة	90%	90%	91%	94%	91.3%	

ويتضح من تلك المقارنة أن الأداة GNBهي الأكثر دقة فيما يتعلق بالصور النصية في خطي الرقعة والنسخ عن نظيرها من أدوات التصنيف الأخرى KNN

وبطبيعة الحال، كقاعدة عامة تكون المناهج الحسابية فعالة في التحليل المقارن للنصوص العربية، وتصنيفها حسب أساليب الكتابة ونوع الخط، ونوع الورق، على أساس أن التقنيات الرقمية القائمة على التقسيم الخطي المكتوب به النص له تأثير أقل على اللغة العربية مقارنة باللغات الأخرى؛ وهذا جعل من الضروري إيجاد طرق أخرى للرقمنة، ووسائل لتحليل خط الوثيقة لتحديد أهم العلامات ذات الصلة بتمييز النص وتفرده، وتحدد ذلك من خلال الأدوات الرقمية KNN, GNB، وذلك من أجل إنشاء نظام برمجي قادر على تحديد أسلوب كتابة المخطوطات بدرجة معينة من الاحتمالية

- مرحلة التوافقيةMatching ، وهي المرحلة الأخيرة لقياس مدى التوافق بين النموذج المختبر والنماذج الأخرى المحفوظة أي مرحلة التعرف على الخط نفسه بشكل آلي دون تدخل بشري، والذي من الممكن تحويله أيضا إلى صيغة ملف صوتي مرفق بفيديو تحليلي، أو إلى صورة رقمية أخرى من أجل الارتقاء به إلى نظام متكامل

ونخلص مما سبق أن المعالجة الآلية للخطوط العربية وتقنية الذكاء الاصطناعي OCR للتعرف على النصوص المكتوبة بخط اليد تمر بمراحل عدة، وهذه المراحل تشبه بنيتها بالطبقات وكل طبقة تعتمد على سابقيتها من أجل فحص محتوى تلك النصوص وعمل تفسير للأحرف في صورة أرقام ورموز لمعالجة البيانات وسهولة قراءة المحتويات.

الخاتمة

وفرت التكنولوجيا فرصا هامة لخدمة الثقافة العربية، واهم أدوات الثقافة هي الخطوط العربية، فقد حققت التكنولوجيا معالجات متقدمة للغة في تطبيق أساليب جديدة ومتطورة لإعطاء الآلة المهارات الرقمية لقراءة الخطوط العربية، وإذا لم تتفاعل الثقافة العربية مع التكنولوجيا فتحدث فجوة لغوية كبيرة تفصل اللغة العربية عن التداول والاستخدام، وهذا ما أوضحه بحثنا، من خلال خصائص الخط العربي وأنواعه وأهميته وأهم المشكلات التي تواجهه، ودور الذكاء الاصطناعي وأدواته الرقمية في معالجة خطوط الوثائق العربية وقراءتها، مما أسفر عن تلك الأهمية مجموعة من النتائج وهي:

1. اقتراح نموذج لتصنيف أنماط الكتابة العربية في المخطوطات والوثائق العربية التراثية مستخدمًا نماذج جديدة للتدريب، تركز على الحروف ودراسة جميع المواقع النسبية الممكنة لوضع الحرف في الكلمة مع تقسيم النماذج إلى أربع مجموعات وبناء نموذج لكل منهم.
2. استخدام أدوات رقمية SIFT لمعالجة الخطوط العربية وخاصة خطي الرقعة والنسخ من أجل قراءة خطوط الوثائق بدقة وسهولة
3. الاعتماد على أدوات تصنيفية مختلفة كـ GNB وKNN في استخراج ميزات قراءة خطي الرقعة والنسخ آليا موضحًا نتائج استخدام كل منهما كل منهما والتي تصل إلى 92٪ في حالة مصنف GNB حيث تعطي KNN نتائج تصل إلى 91٪.

ومن خلال هذه النتائج يوصي البحث بمجموعة من التوصيات وهي:

1. التوعية بأهمية تطبيقات تقنيات الذكاء الاصطناعي على واحد من أبرز الفنون الإسلامية وهو فن الخط العربي.
2. تعظيم دور التكنولوجيا المستحدثة في إيجاد وتطوير طرق بديلة للحفاظ على الهوية.
3. الدراسة التحليلية لأهم المخاطر، والاحتياجات والمعوقات التي تواجه الوثائق والمخطوطات والسعي لإيجاد حلول تقنية لها تمكننا من الحفاظ عليها وصيانتها.

المراجع

أولًا المراجع العربية

1. آلان، بونيه. (1993). **الذكاء الاصطناعي: و اقعه ومستقبله**. (ترجمة علي صبري فرغلي). في سلسلة عالم المعرفة مائة واثنان وسبعون. الكويت: المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب.
2. الألوسي، عادل. (2008). **الخط العربي نشأته وتطوره.** (ط1). القاهرة: مكتبة الدار العربية للكتاب
3. حسين، فريال حاج؛ علي، وفاء حاج. (1990). **التعرف على النصوص العربية المطبوعة: القراءة الألية**. الأمم المتحدة: المجلس الاقتصادي والاجتماعي
4. حنش، إدهام محمد. (2008). **الخط العربي وحدود المصطلح الفني**. (ط1). الكويت: وزارة الأوقاف والشئون الإسلامية.
5. الصانع، وليد بن عبد الله؛ وآخرون. (2019). **خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليل النص العربي**. في سلسلة مباحث لغوية الواحدة والستون. السعودية: مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية.
6. العريان، يوسف سالم؛ وآخرون. (2019). **تطبيقات الذكاء الاصطناعي في خدمة اللغة العربية**. في سلسلة مباحث لغوية الستون. السعودية: مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز الدولي لخدمة اللغة العربية.
7. فيران، نجوى. (2021). **خوارزميات الذكاء الاصطناعي ودورها في التحليل الآلي للغة العربية على المستوى الصرفي. مجلة دراسات معاصرة.** مج5، ع2 463-474
8. الكردي، محمد طاهر بن عبد القادر. (1939). **تاريخ الخط العربي وآدابه**. (ط1). القاهرة: مكتبة الهلال
9. المجلس الأعلى للغة العربية. (2020). **اللغة العربية وبرامج الذكاء الاصطناعي: أعمال الملتقى الوطني**. الجزائر: المجلس الأعلى للغة العربية

ثانيا المراجع الأجنبية

1. Al-Shatnawi, Atallah M. (2014). **A skew detection and correction technique for Arabic script text line based on sub words bounding**. IEEE International Conference.

2. ـــ. (2015). **a preprocessing model for hand-written Arabic texts based on voronoi diagrams**, International Journal of Computer Science & Information Technology

3. Atallah M. Al-Shatnawi. (2015). **a preprocessing model for hand-written Arabic texts based on voronoi diagrams**, International Journal of Computer Science & Information Technology

4. Andreeva, P.,. (2006). **Data Modelling and Specific Rule Generation via Data Mining Techniques**, International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech. pp. 171-176. Available at; www.chel.com.ru/~rav/data_mining_software.html.

5. BOYAT A, JOSHI B., (2015). **Noise models in digital image processing**. An International Journal (SIPIJ),6(2).

6. C. Y. Suen, I. S. Oh, J. S. Lee, (1999, October). **Analysis of class separation and Combination of Class Dependent Features for Handwriting Recognition**. IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence. VOL. 21, NO. 10, pp. 1089-1094.

7. D. Trier, A. K. Jain and T. Text, (1996). **Feature Extraction Method for Character Recognition – A Survey.** Pattern recognition. Vol. 29, No. 4, pp. 641-662. Elsevier Science: Pattern Recognition Society.

8. Eric, Ateng. (2015, June). **FPGA Implementation of Median Filter using an Improved Algorithm for Image Processing.** International Journal for Innovative Research in Science and Technology (IJIRST).1 (12)

9. Gatos, B., Pratikakis, I., Perantonis, S.J. (2006). **Adaptive degraded document image binarization**. Pattern Recognition. Elsevier: Pattern Recognition Society 39 317 – 327. Available at http://www.elsevier.com/locate/patcog

10. Jun Ou,. (2012). **Classification Algorithms Research on Facial Expression Recognition**. International Conference on Solid State Devices and Materials Science. Elsevier: Physics Procedia. 25. pp1241 – 1244. Available at: www.sciencedirect.com

11. Ke, Y. and Sukthankar, R., (2004, June). **PCA-SIFT: A more distinctive representation for local image descriptors**. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2004. CVPR 2004. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on (Vol. 2, pp. II-II). IEEE

12. KHEHRA M., (2015) **Survey on Image Enhancement Techniques for Digital Images**. Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET), 3(2B):202-206.

13. Lowe, D.G., (2004). **Distinctive image features from scale-invariant key points**. International journal of computer vision, 60(2), pp.91-110.

14. M. Ahmad and others. (2011 march).**Recognition for old Arabic manuscripts using spatial gray level dependence**. Egyptian Informatics Journal. Volume 12, Issue 1, Pp 37-43.

15. Md. Mujibur Rahman Majumder and others. (2019 December). **Offline optical character recognition (OCR) method: An effective method for scanned documents.** 22nd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)At: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9038593/

16. Mikolajczyk, K. and Schmid, C., (2005**). A performance evaluation of local descriptors**. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 27(10), pp.1615-1630.

17. Narendra Sahu; Manoj Sonkusare. (2017 january). **A Study on Optical Character Recognition Techniques.** International Journal of Computational Science Information Technology and Control Engineering (IJCSITCE) Vol.4, No.1

18. Noman Islam and others. (2016 December). **A Survey on Optical Character Recognition System.**ITB Journal of Information and Communication Technology. JICT. Vol.10. Issue.2.

19. R. Plamodon and S. N. Srihari. (2000) **Online and Offline Handwriting recognition – A Comprehensive Survey.** IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. pp 22, 63-84.

20. R. Marwa and S. Noura A., (2014 november). **Isolated Printed Arabic Character Recognition Using KNN and Random Forest Tree Classifiers.** Conference: International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications. Communications in Computer

and Information Science 488. pp11—17. Available at https://www.researchgate.net/publication/267332164.

21. Sharma B, Pandey V, Khan A., (2013) **Implementation of Morphological Image Processing on FPGAs**. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, 1(4).

22. Tong, W., Li, F., Jin, R. and Jain, A., (2012). **Large-scale near-duplicate image retrieval by kernel density estimation**. International Journal of Multimedia Information Retrieval, 1(1), pp.45-58.

ثالثًا المواقع الإلكترونية:

1. اليونسكو. (2022). جماليات الخط العربي.

https://www.unesco.org

Automatic reading of Arabic calligraphic fonts: an applied study in artificial intelligence techniques

Dr. Marwa Essam Mohamed
Researcher at Ministry of culture
Maro_elshorbagy@gmail.com
Eng. Al Amira Ahmed Al Sayd Hassan
Systems design and analysis engineer

Abstract:

The importance of this research lies in the interest in the field of documents and manuscripts ,and take advantage of investing in modern technology In the automatic reading of Arabic calligraphy, Especially we are witnessing a continuous increase in the amount of information resulting from the information explosion, Which makes us to look for the appropriate way to read documents and manuscripts, Quickly and accurately, and learn about the types of Arabic calligraphy, its importance and characteristics, and the latest technologies that have occurred in it Within the framework of what is known as information technology and artificial intelligence applications reviewing the concept and what of artificial intelligence, its importance and characteristics, and its most important automated applications in recognizing natural languages and written speech. Through the procedural steps for processing written texts and reading Arabic fonts Such as cutting, dividing and isolating letters to classify and group them and extract their features and specifications in a way that makes the reading process easy, accurate and time-saving, It is based on the descriptive analytical and experimental method, In order to identify the problem, analyze its elements, interpret and treat it in a modern digital way, Within the framework of that methodology, the research reached a set of results, the most important of which are: Identify the obstacles that face the difficulty of reading Arabic calligraphy, Recognize the automatic processing tools for Arabic letters, Finding the procedural steps in reading Arabic calligraphy in an accurate way, Accordingly, the research recommends: raising awareness of the importance of applying artificial intelligence techniques to one of the most prominent Islamic arts,

which is the art of Arabic calligraphy, Maximizing the role of the new technology in finding and developing alternative ways to preserve identity.

Keywords: Arabic calligraphy fonts; automatic reading; artificial intelligence techniques