# توظيف تقنية المعلومات لتمييز الكتابة العربية اليدوية

أ.د. محمد مصطفى الحاج حسن و أ. سهام عمر حيمور

## الملخص:

كانت الكتابة اليدوية ولا تزال الطريقة المفضلة للغالبية العظمى من الناس للتعبير عن أفكارهم وآرائهم، ولتبادل المعلومات فيما بينهم، وتعد عملية تمييز الوثائق والمخطوطات المكتوبة يدويا بواسطة الحاسب الآلي عملية مفيدة وضروربة لتحويل كميات كبيرة من المستندات الممسوحة ضوئيا إلى صيغ قابلة للتخزين والقراءة، لمساعدة الباحثين والمؤرخين وأمناء المكتبات لاستخراج واسترجاع المعلومات بغرض البحث العلمي أو التوثيق أو التحرير والفهرسة والأرشفة.

يهدف هذا البحث إلى تصميم وتنفيذ نظام محوسب قادر على تمييز النصوص العربية المكتوبة بخط اليد بنسبة تمييز جيدة، ويتكون النظام المقترح من سبع مراحل: في المرحلة الأولى يتم تحويل صورة النص إلى صورة ثنائية (Binary Image)، وفي المرحلة الثانية ينفذ النظام مرحلة التجزئة أو التقطيع أفقيا وعموديا، حيث تمر الصورة بعدة خطوات ليتم تحضيرها لتكون مدخلات لعملية استخلاص المزايا اللازمة لتنفيذ مرحلة التمييز، وفي المرحلة الثالثة يتم تطبيق خوارزمية للباحثين العبودي و لي [٣]، حيث يتم تقليل عرض جميع حروف النص إلى نقطة بكسل (Pixel) واحدة، وذلك للحفاظ على خصائص الكتابة الأساسية، وفي المرحلة الرابعة يتم توحيد أشكال الحروف وأساليب كتابتها بتطبيق خوارزمية التمثيل القياسي العمودي والأفقي للباحثين العبودي و لي [٣]، وفي المرحلة الخامسة يتم فصل كل كلمة إلى حروفها عند نقاط الاتصال، وفي المرحلة السادسة يتم استنباط واستخدام العديد من المزايا لتمييز الحروف التي تشكل الكلمة الواحدة، وفي المرحلة السابعة والأخيرة نستخدم شجرة القرار للتصنيف والتمييز. وقد تم اختبار النظام المقترح على قاعدة بيانات (IFN/ENIT)، بالإضافة إلى استخدام (MATLAB) كبيئة تطوير لكتابة وتنفيذ خوارزميات النظام. وأظهرت النتائج أن النظام المقترح باستخدام شجرة القرار أعطى نسبة تمييز مقدارها ٨٥٪، والتي تعتبر جيدة، وتشكل تطويرا واضحاً مقارنة بالأنظمة المماثلة التي استخدمت مصنف شجرة القرار في عملية التصنيف والتمييز، حيث بلغت نسبة التمييز في تلك الأنظمة حوالي ٦٠٪.

### ١. المقدمة

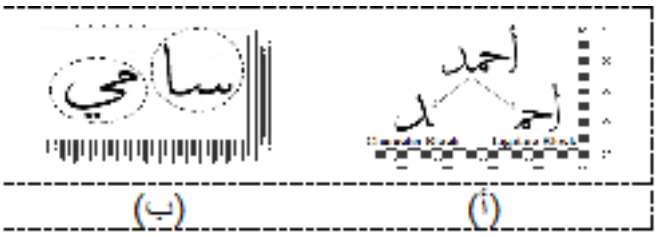
لغتنا العربية هي لغة القرآن الكريم، واختارها الله عز وجل لتكون لغة عباده الصالحين في الجنة، ينطق بها مليارات من سكان الأرض، وهناك كم هائل من المخطوطات الثمينة والمعلومات القيمة والوثائق المكتوبة يدويا بهذه اللغة، ، كل هذا وأكثر يستحق من أهل لغة الضاد أن يحتضنوا لغتهم بالاهتمام والتحليل والبحث العلمي وربطها بكل حديث ومستجد، لتكون وتبقى في مصاف لغات العالم الحية بل في مقدمتها، ومن الجهود المطلوبة، توظيف تقنية المعلومات وتطويعها لخدمة لغتنا، ويندرج تحت هذه الجهود عملية أتمتة الكم الهائل من المعلومات والوثائق والمخطوطات المكتوبة يدويا بهذه اللغة، فهي عملية مطلوبة وضرورية من ناحية، وعملية صعبة وفيها الكثير من التحدي للباحثين من ناحية أخرى، وإن تمت بنجاح فسوف يسهل ذلك تداول المعلومات والوثائق والمخطوطات بين جميع الأطراف التي تحتاجها من أفراد وجماعات ومؤسسات.

ومن المعروف أن للغة العربية خصائص تميزها عن كثير من اللغات، والتي يمثل بعضها تحديات وصعوبات في تصنيف وتمييز الكتابة اليدوية، ومن أهم تلك الخصائص نذكر ما يأتي:

i. تداخل الحروف عموديا وتشاركها في المساحة الأفقية التي تحتلها في بعض أنواع الكتابة، كما يوضح شكل ١ (أ).

ii. وجود أجزاء منفصلة (Broken parts) في الكلمة الواحدة بسبب طبيعة بعض الحروف، مثل الحروف الستة (ا، ر، ز، د، ذ، ى) والتي

لا تتصل بما يليها من حروف في الكلمة رغم تشاركها بالمساحة الأفقية التي تحتلها ، كما يوضح شكل ١(ب).

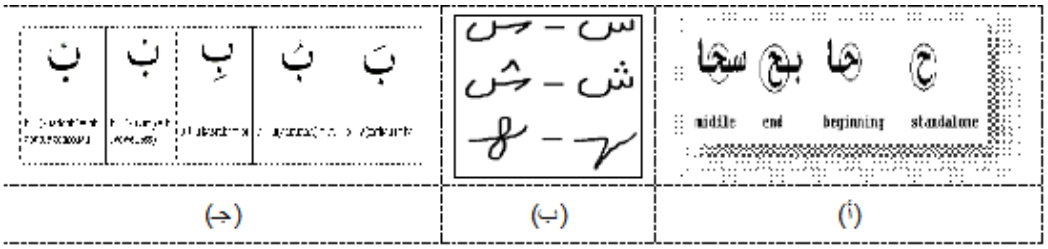



شكل ١: (أ) تداخل عمودي (ب) أجزاء منفصلة

iii. اختلاف شكل الحرف وفقا لموقعه في الكلمة، كما يوضح شكل ٢(أ).

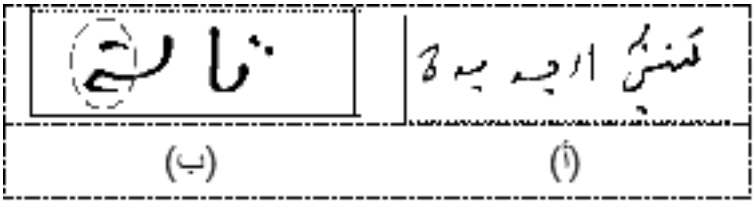
iv. تعدد أشكال الكتابة اليدوية لبعض الحروف باختلاف الكتبة أو ربما نفس الكاتب، كما يوضح شكل ٢(ب).

v. وجود الحركات (diacritical marking) من عدة أنواع وفي عدة مواقع من الكلمة، كما يوضح شكل ٢(جـ).




شكل ٢: (أ) مثال على تعدد شكل الحرف وفقا لموقعه في الكلمة (ب) أمثلة تعدد أنواع الكتابة (جـ) تنوع الحركات وتنوع موقعها

vi. سوء وعدم وضوح الكتابة اليدوية لبعض الكتبة، كما يوضح شكل ٣(أ)، وكتابة بعض الأحرف بشكل يصعب تمييزه، مقل حرف (ة) الذي يكتبه البعض بشكل مفتوح، حيث تميزه الأنظمة المؤتمتة حرفا آخر، كما يوضح شكل ٣(ب).




شكل ٣: (أ) مثال على كتابة رديئة تفتقر إلى الوضوح (ب) مثال على نمط كتابة يصعب تمييزه لبعض الحروف

يهتم هذا البحث بمسألة تمييز الكتابة العربية اليدوية بأسلوب تمييز الحروف ضوئيا (Optical Character Recognition (OCR))، وتحويلها إلى صيغة إلكترونية معروضة على شاشة أو مخزنة في ملف للاستخدام المستقبلي، وتعد العملية المذكورة فرعا من موضوع علمي أوسع يسمى تمييز النمط (Pattern Recognition)، ولذلك تطبيقات عملية كثيرة من أهمها عملية تحويل وثائق ومخطوطات عربية تاريخية وعلمية إلى صيغة رقمية (digital) لحفظها وتسهيل تداولها للراغبين بالقراءة والبحث العلمي كما في العزيز وآخرون [٤]، والتي يزيد عددها على ٣ ملايين وثيقة كما ذكر بارفيز ومحمود [١٢]. وقد حقق النظام المقترح في هذا البحث نسبة تصنيف وتمييز جيدة جدا.

## ٢. إيجاز عن بعض الدراسات السابقة

هناك جهود وأبحاث ودراسات كثيرة في مجال تصنيف وتمييز الكتابة العربية اليدوية، وجلها مكتوبة بلغة غير اللغة العربية، وخاصة باللغة الإنجليزية، وقد تعددت الطرق المستخدمة فيها للوصول إلى الهدف المنشود، كما تباينت نسبة كفاءة التصنيف والتمييز فيما بينها، فبينما خصص الخطيب [٦] دراسة ركزت على تمييز الحروف المكتوبة بشكل منفصل ومستقل، واستخدم في دراسته سلاسل ماركوف الخفية (HMM)، وحقق نسبة تمييز وصلت إلى ٨٧٪، إلا أن دراسات عديدة أخرى تناولت موضوع تمييز النص العربي المكتوب يدويا، وفيما يأتي إيجاز عن مجموعة مختارة من تلك الأبحاث والدراسات ذات العلاقة.

(١) في دراسة حاراتي وحميد [١٠] تم وصف طريقة هجينة لتجزئة النص العربي المكتوب يدويا، وتحتوي الدراسة على جزئين رئيسين: خوارزمية إرشادية (Heuristic)، وشبكة عصبونية صناعية (Artificial Neural Network (ANN)) للتجزئة العمودية للنص، ثم استخدما خوارزمية ثانية تقليدية (Conventional) للتحقق من صحة التجزئة، وشبكة عصبونية صناعية ثانية للتصنيف، واستخدما مزايا كثافة البكسل السوداء والتحولات والفراغات ونقاط النهاية والشكل الشوكي ونقاط الزاوية، وقاعدة بيانات خاصة بهم لاختبار النظام الذي حقق أقل نسبة خطأ في التمييز وهي ٤١٪.

(٢) كما اهتم حاراتي والزبداني [٩] في بحث لهما بالتجزئة الأفقية للنص، واستخدما نوعين من الشبكات العصبونية لهذا الغرض، وتم اختبار النظام المقترح منهما باستخدام ما يزيد على ١٥٠٠ حرف، واستخدما مزايا والفراغات ونقاط النهاية والشكل الشوكي ونقاط الزاوية وقاعدة بيانات خاصة بهم، لاختبار النظام الذي حقق نسبة تصنيف وتمييز تصل إلى ٩٠٪.

(٣) واستخدم المعاديد وآخرون [٧] تقنية أخرى للتصنيف وهي "شجرة القرار" لتصنيف وتمييز الكلمات في النص، وتعد هذه الدراسة الأولى التي تستخدم هذا المصنف، واستخدم الباحثون قاعدة بيانات خاصة بهم ومزايا لم يذكروها لاختبار النظام، لكن نسبة التمييز لم تصل إلا إلى حوالي ٦٠٪.

(٤) كما قدم عبدالله وآخرون [١] أسلوب بسيط وجديد لتمكين الحاسب الآلي من قراءة و/أو كتابة النص العربي المكتوب يدويا، واستخدم الباحثون قاعدة بيانات خاصة بهم لاختبار النظام، ووصلت نسبة التمييز حوالي ٨١٪.

(٥) وقدم زيانج وآخرون [١٢] نظاما لتمييز النص، واستخدم النظام نموذج أدوات ماركوف الخفية (Hidden Markov Model Toolkit (HTK)) لبناء نماذج للحروف، واستخدم الباحثون مزايا كثافة البكسل الأمامية ودرجة التقعر وطول القوس، وقاعدة بيانات IFN/ENIT ، لاختبار النظام الذي حقق نسبة تمييز وصلت إلى ٨٥،٤٣٪.

(٦) وقدم لوغالي وآخرون [١١] إطارا عاما لتمييز الكتابة العربية اليدوية مبنية على عملية التجزئة، واستخدم الباحثون مصنف الشبكة العصبونية الصناعية، كما استخدموا وسيلة محول جيب التمام المنفصل (Discrete Cosine Transform (DCT)) لاستخراج المزايا، وقاعدة بياناتIFN/ENIT ، وتم تحقيق نسبة تمييز وصلت إلى حوالي ٩٠،٧٣٪.

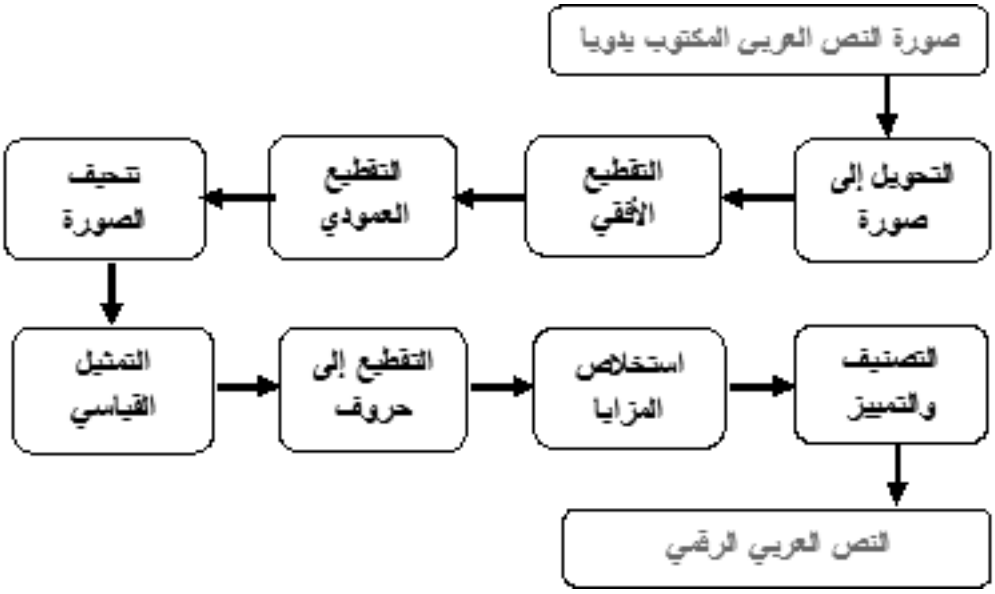
(٧) واقترح أنمار وإنعام [٨] نظاما من منظور آخر لتمييز الكتابة العربية اليدوية، ويشمل على عدة خطوات منها المعالجة المسبقة للنص، واستخلاص مزايا النص، والتجميع بواسطة أداتين هما محول الموجات المنفصل DWT) Discrete Wavelet Transform)) ومحول جيب التمام المنفصل، وقاعدة بيانات شاملة من الكلمات والأرقام والتواقيع، ووصلت نسبة التمييز إلى ٩٢٪.

(٨) وقدم علي وآخرون [٥] تتكون من مصنفين اثنين، مصنف عام لتصنيف الحروف المتقاطعة رأسيا، ومصنفات خاصة تميز وتصنف الحروف ضمن مجموعات، واستخدم الباحثون خوارزمية تعلمية للشبكة العصبونية للنشر العكسي لكلا المستويين العام والفردي، واستخدم الباحثون مصنف الشبكة العصبونية الصناعية، كما استخدموا مزايا تحليل المكونات الأساسية (PCA)، وقاعدة بيانات SUST-ARG ، وحققت هذه الدراسة نسبة تمييز تصل إلى ٩٢،٧٧٪.

وهناك الكثير من الأبحاث الأخرى التي أسهمت بنتائج جيدة في هذا المجال، لا نتمكن من ذكرها لمحدودية صفحات البحث.

### ٣. النظام المقترح (The Proposed System)

يهدف هذا البحث إلى تصميم نظام جديد لتمييز الكتابة العربية اليدوية، وذلك بعد دراسة وتحليل العديد من الدراسات والأنظمة ذات العلاقة، وإجراء تطوير عليها، بحيث تكون مدخلات النظام صورة للكتابة اليدوية المطلوب تمييزها وتكون المخرجات نص مطبوع بالعربية يعرض على الشاشة، ويبين شكل (٤) هيكلية النظام المقترح بمختلف مراحله التي نلخصها فيما يأتي:




شكل ٤: هيكلية النظام المقترح

### ١,٣ التحويل إلى صورة ثنائية (Binarization)

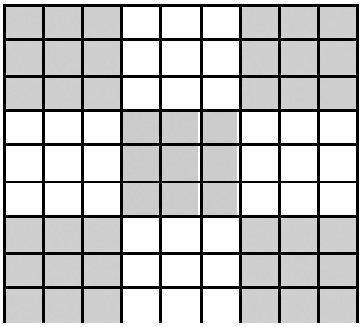
يتم في هذه المرحلة استخدام إحدي قيمتين (٠ أو ١) لتمثيل كل نقطة بكسل (Pixel) من الصورة، وقد تم استخدام الخوارزمية المقترحة لهذا الغرض من قبل الباحثين العبودي و لي [٢]، بحيث تستخدم الخوارزمية قيمة قياسية (Threshold Value) لنقاط صورة الكتابة اليدوية، والتي يتم حسابها بواسطة المعادلة التالية:

$$ق = \left( \sum_{ص=١}^{ص=ع} \sum_{س=١}^{س=ر} صورة(س،ص) \right) / (ر^{٢} ع)$$

حيث ر تمثل عدد نقاط البكسل في عرض الصورة مقسوما على ١٠، ع تمثل عدد نقاط البكسل في ارتفاع الصورة مقسوما على ١٠، وفيما يأتي نص الخوارزمية الخاصة بهذه العملية.

### خوارزمية التحويل الرقمي

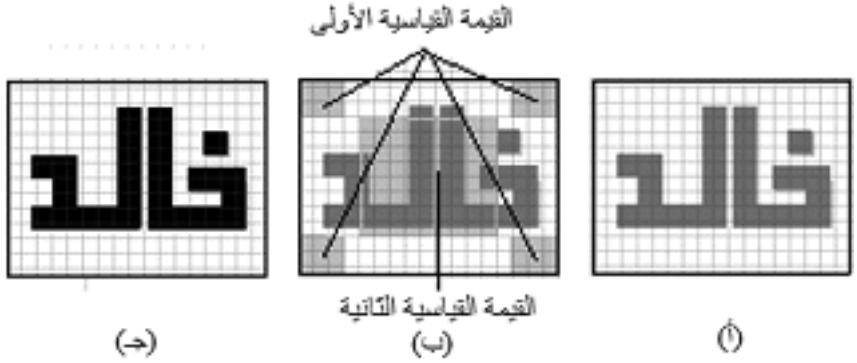
١. احسب القيمة القياسية لنقاط البكسل لكل من زوايا صورة النص الأربع باستخدام المعادلة ١.



٢. نجد ق١ = القيمة الصغرى من القيم الأربعة المحسوبة أعلاه.
٣. احسب القيمة القياسية ق٢ لنقاط البكسل مركز صورة النص باستخدام المعادلة ١.
٤. ق٣ = القيمة الصغرى من ق١ ، ق٢.
٥. حدد لون كل نقطة بكسل ل في صورة النص وفقا لما يأتي:
إذا كانت القيمة القياسية(ل) > ق٣ حدد اللون "أبيض" ،وإلا فحدده "أسود".

توضيح مبسط لمناطق عمل الخوارزمية

ويمثل شكل ٥ مثالا توضيحيا لتطبيق هذه الخوارزمية على صورة نص.




شكل ٥: (أ) الصورة المدخلة ، (ب) أيجاد القيمة القياسية ، (جـ) الشكل الثنائي للصورة المدخلة

**٢,٣ التجزئة أو التقطيع** (Segmentation)

يتم في هذه المرحلة تنفيذ عدة خطوات على صورة النص الثنائية لتحضيرها لمرحلة استخراج المزايا منها، وتستخدم الخوارزمية المصممة لهذا الغرض المعادلة (٢) لإيجاد الإسقاط الأفقي (horizontal projection) للصورة الثنائية، والتي تهدف إلى تقسيم صورة النص إلى عدة أسطر.

$$\text{إأ}(\text{س}) = \sum_{\text{س}=1}^{\text{ر}} \sum_{\text{ص}=1}^{\text{ع}} \text{صورة}(\text{س},\text{ص}) \qquad (٢)$$

حيث إأ(س) يمثل الإسقاط الأفقي للصورة في الصف س، وتمثل صورة(س،ص) بكسل سوداء في الصف س والعمود ص، ويمثل ع عدد نقاط البكسل في ارتفاع الصورة، ويمثل ر عدد نقاط البكسل في عرض الصورة. ثم تستخدم خوارزمية التقسيم العمودي التي تهدف إلى تقسيم السطر إلى عدة كلمات بالاعتماد على قيمة قياسية (ت) تم أيجادها بأسلوب إحصائي عن طريق دراسة الفراغات الموجودة بين أحرف الكلمة الواحدة، والفراغات الموجودة بين الكلمات المختلفة، حيث تم توظيف ٤٨٧٠ صورة مستقاة من قاعدة البيانات القياسية IFN/ENIT، لإيجاد تلك الفراغات بواسطة طريقة أوجدناها لهذه الغاية، وبرمجناها بواسطة برمجية MATLAB، ثم حسبنا الوسط

الحسابي (و) والانحراف المعياري (ف) لتلك الفراغات باستخدام المعادلتين (٣) ، (٤) كما يلي:

$$\text{و} = \sum_{\text{ن}=١}^{\text{ن}=\text{م}} \text{ون} / \text{م} \qquad (3)$$

$$\text{ف} = \sum_{\text{ن}=١}^{\text{ن}=\text{م}} (\text{ون} - \text{و})^2 \qquad (4)$$

حيث ون تمثل قيم الفراغات المستخلصة من الصور، والقيمة م تمثل عدد تلك الفراغات، وتوصلنا إلى قيم و ، ف الآتية:

و = ١٦و٩٤٤٠ ، ف = ١٤و٢٢٤٦ (٥)

ولدى إجراء التحليل الإحصائي بإيجاد و + ك×ف ، حيث ك = ١ ، ٢ ، ... ، وجدنا أن القيمة و + ١×ف = ٣١و١٦٨٥ هي الأفضل لبدء عملية التجزئة والتقطيع العمودي (Vertical Segmentation)، واعتمدنا القيمة الإحصائية القياسية ت=٣١ لهذه الغاية، حيث تمت تلك التجزئة بنسبة نجاح جيدة جدا وصلت إلى ٧و٨٩٪.

### خوارزمية التجزئة أو التقطيع

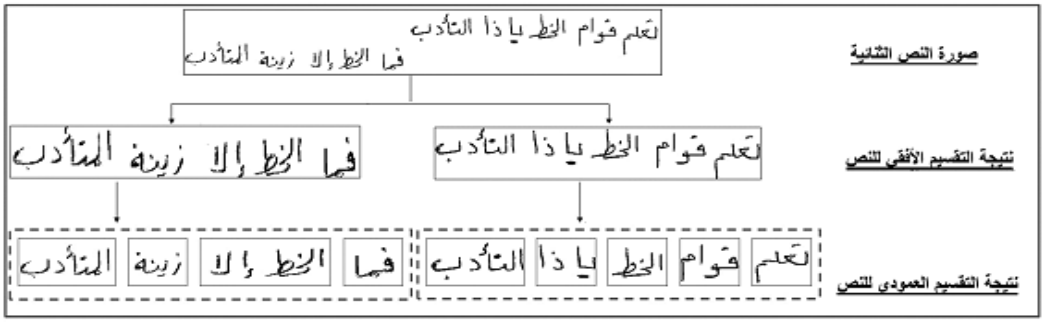
١. حول صورة النص إلى معكوسها، أي الخلفية سوداء والواجهة بيضاء كما يأتي: معكوس(صورة النص الثنائية) = ١ – صورة النص الثنائية.

٢. احسب قيمة الإسقاط العمودي إأ(س) لكل صف س في الصورة الثنائية باستخدام المعادلة ٢، استعدادا لتنفيذ عملية تقطيع الصورة أفقيا إلى أسطر.

٣. إذا كان إأ(س) = ٠ ، ننفذ عملية التجزئة الأفقية عند السطر س.

٤. ننفذ عملية التقطيع العمودي لكل سطر لفصله إلى الكلمات المكونة له استنادا إلى القيمة القياسية ت = ٣١ المحسوبة أعلاه.

ويبين شكل ٦ مثالا لنتائج العملية المذكورة منفذة على صورة كتابة يدوية.

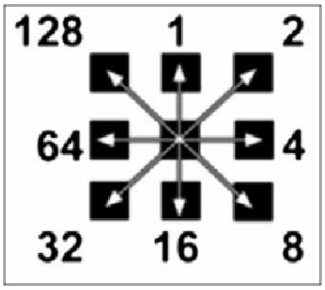



شكل ٦: مثال على عملية التجزئة أو التقطيع Segmentation Process Example

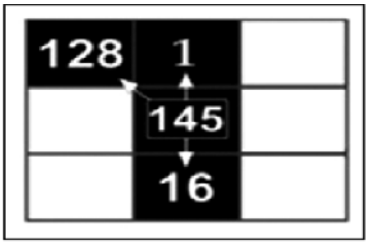
### ٣,٣ تنحيف صورة النص (Skeletonization)

يتم في هذه المرحلة تنفيذ إجراء لنقل صورة النص من نمطها الأساس إلى نمط عرضه نقطة بكسل واحدة، شريطة المحافظة على خاصية اتصال الكلمة في الصورة. ونعرف هنا قيمة علائقية (Relational value) والتي تنتج من العلاقة بين نقاط البكسل السطحية

وذلك بتخصيص عدد صحيح لكل بكسل، ويرتبط مع كل بكسل ٨ اتجاهات كل منها نحو واحدة من نقاط البكسل المجاورة لها، وينتج عن ذلك مصفوفة مربعة من نقاط البكسل من الدرجة ٣، كما يتضح في الشكل ٨، وهو بمثابة نافذة منزلقة تتحرك على نقاط الصورة بمقدار بكسل واحدة في كل حركة، بحيث يتم تحديد عدد نقاط البكسل السوداء باستخدام النقاط الثمانية المجاورة والتي تمتلك كل منها عددا صحيحا كما ذكرنا. ويمثل مجموع الأرقام عدد نقاط البكسل السوداء في المجموعة المجاورة لبكسل محددة، ويتضح ذلك في شكل ٩.



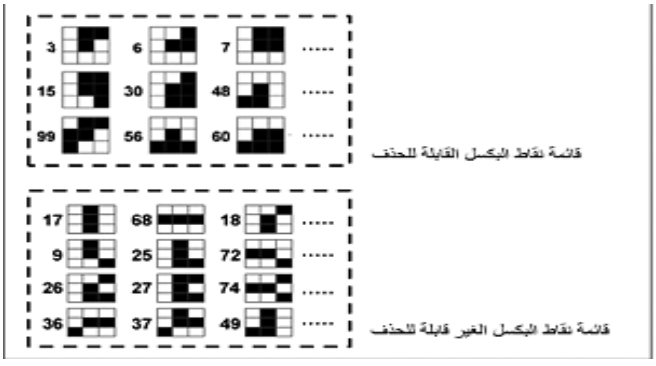

شكل ٨: ترقيم نقاط البكسل المجاورة لبكسل محددة




عندما تكون قيمه البكسل تساوي ١٤٥؛ فإن نقاط البكسل السوداء التي كونت هذه القيمة هي التي تقع أعلى ، وأسفل، وشمال غرب بكسل المنتصف؛ كالتالي: ١٤٥= ١(أعلى) + ١٦(أسفل) + ١٢٨ (شمال غرب).

شكل ٩: القيمة العلائقية ١٤٥ والتي تعتبر قيمة واحدة من أصل ٢٥٥ حالة

وتستخدم القيمة العلائقية ع في إعداد قائمتين: قائمة نقاط البكسل القابلة للحذف Removable Pixels List))، حيث تمثل ع في هذه القائمة قيمة هندسية لنقاط بكسل مركزية لا يؤثر حذفها على خاصية الاتصال في الصورة، وقائمة نقاط البكسل غير القابلة للحذف Non Removable Pixels List))، حيث تمثل ع فيها قيمة هندسية لنقاط بكسل مركزية يؤثر حذفها على خاصية الاتصال في الصورة ، ويتضح ذلك في شكل ١٠.



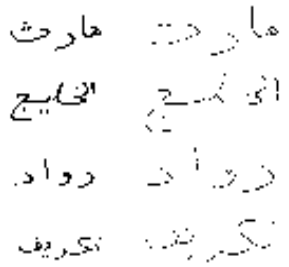

شكل ١٠: قائمتا نقاط البكسل القابلة للحذف وغير القابلة للحذف

واستخدم العبودي و لي [٢] القيمة العلائقية (ع) وقائمتي نقاط البكسل القابلة للحذف وغير القابلة للحذف في تصميم خوارزمية لتنحيف صورة النص، ونورد تلك الخوارزمية لتحقيق تكامل موضوع البحث، حيث سنستخدمها في بحثنا لكونها مناسبة لأغراض البحث.

**خوارزمية تنحيف صورة النص**

١. نمسح صورة النص الثنائية من اليسار إلى اليمين ومن أعلى إلى أسفل.
٢. لكل نقطة بكسل سوداء، نحسب القيمة العلائقية لها، فإذا كانت نقطة البكسل المعنية ضمن إطار النص المكتوب، نغير لونها إلى رمادي.
٣. بعد ذلك نحذف جميع نقاط البكسل ذات اللون الرمادي.
٤. نكرر الخطوات ١ إلى ٣ ما دام هناك نقاط بكسل في قائمة النقاط القابلة للحذف.

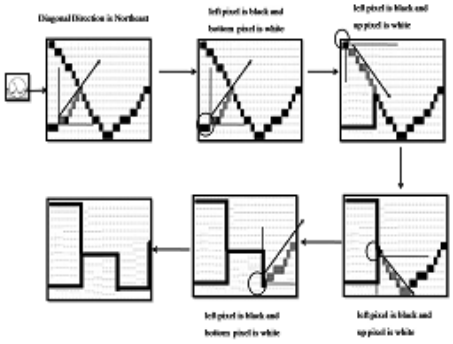
ويمثل شكل ١١ مثالا توضيحيا لعمل هذه الخوارزمية.



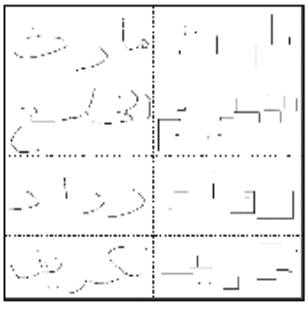
شكل ١١: أمثلة على تطبيق خوارزمية تنحيف صورة النص

**٤,٣ التمثيل القياسي** (Canonical Representation)

تعنى عملية التمثيل القياسي (أفقيا وعموديا) بتحويل نقط البكسل السوداء القطرية في الحرف لتكون خطوط عمودية وأفقية فقط، ويساعد ذلك في تقليل الفروقات في الكتابة اليدوية باختلاف الكتبة، ويساهم في نسبة كفاءة تمييز تلك الكتابة، وفيما يأتي نص خوارزمية لإنجاز هذه العملية، حيث يمثل شكل ١٢أ توضيحا لخطوات عمل هذه الخوارزمية. ويمثل شكل ١٢ب أمثلة توضح نتائج تطبيق الخوارزمية.




شكل 12أ: أمثلة على نتائج تطبيق عملية التمثيل القياسي



شكل 12ب: أمثلة على نتائج تطبيق عملية التمثيل القياسي

**خوارزمية التمثيل القياسي**

١. أختبر الصورة الثنائية من اليسار إلى اليمين، ومن الأعلى إلى الأسفل، ولكل نقطة بكسل نفذ ما يلي:

١,١ اعتبرها نقطة بداية.

١,٢ استخدم الصفة العلائقية بين نقاط البكسل المحيطة بها، وحدد إتجاه النقاط القطرية منها (شمال شرق، شمال غرب، جنوب شرق، جنوب غرب)، وغير لونها إلى رمادي، حتى نصل إلى نقطة بكسل سوداء ليس هناك نقاط سوداء أعلاها أو باتجاه قطري منها. إعتبر مثل هذه النقطة نقطة نهاية.

١,١ صل نقطة البداية والنهاية بخطوط أفقية أو عمودية فقط كما يلي:

أ. إذا كان الإتجاه القطري "شمال شرق":

- وإذا كان لون البكسل التي " أسفل" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "يسار"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه عمودي إلى الأعلى من بكسل البداية حتى نصل الصف الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه أفقي نحو اليمين.

- أما إذا كان لون البكسل التي "يسار" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "أسفل"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه أفقي إلى اليمين من بكسل البداية حتى نصل العمود الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه عمودي نحو الأعلى.

ب. إذا كان الإتجاه القطري "جنوب شرق":

- وإذا كان لون البكسل التي "أعلى" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "يسار"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه عمودي إلى الأسفل من بكسل البداية حتى نصل الصف الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه أفقي نحو اليمين.

- أما إذا كان لون البكسل التي "يسار" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "أعلى" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه أفقي إلى اليمين من بكسل البداية حتى نصل العمود الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه عمودي نحو الأسفل.

ج. إذا كان الإتجاه القطري "شمال غرب":

- وإذا كان لون البكسل التي " أسفل" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "يمين"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه عمودي إلى الأعلى من بكسل البداية حتى نصل الصف الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه أفقي نحو اليسار.

- أما إذا كان لون البكسل التي "يمين" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "أسفل"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه أفقي إلى اليسار من بكسل البداية حتى نصل العمود الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه عمودي نحو الأعلى.

د. إذا كان الإتجاه القطري "جنوب غرب":

- وإذا كان لون البكسل التي "أعلى" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "يمين"" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه عمودي إلى الأسفل من بكسل البداية حتى نصل الصف الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه أفقي نحو اليسار.

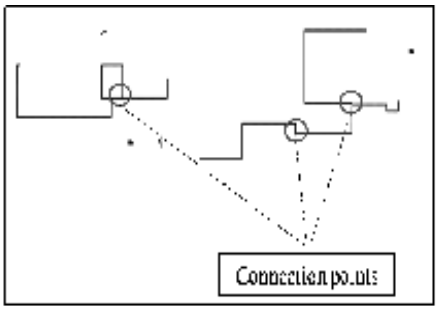
- أما إذا كان لون البكسل التي "يمين" بكسل البداية "أسود" (وبالتالي يكون لون التي إلى "أعلى" بكسل البداية "أبيض"):

نرسم خطا باتجاه أفقي إلى اليسار من بكسل البداية حتى نصل العمود الذي فيه نقطة النهاية، ثم نغير إلى اتجاه عمودي نحو الأسفل.

٢. غير لون النقاط القطرية إلى اللون الأبيض.
٣. كرر الخطوتين ١، ٢ حتى انتهاء النقاط في الوضع القطري.

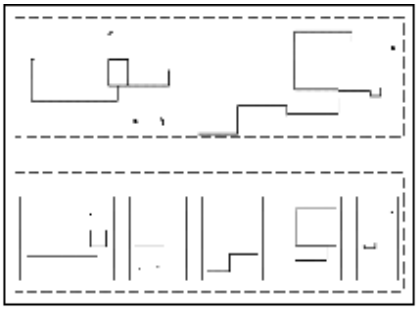
### ٥,٣ تجزئة أو تقطيع الكلمة لحروف (Character Segmentation)

بعد عملية التمثيل القياسي، والتي تضمن احتواء النص على خطوط أفقية وعمودية فقط، ويصبح من الممكن العمل على تمييز نقاط الإتصال بين الحروف، وبالتالي نقوم بتقطيع الكلمة إلى حروفها باستخدام العلاقة بين نقاط البكسل المجاورة لبكسل سوداء، ويوضح شكل ١٣ نقاط الإتصال بين الحروف في كلمة.




شكل ١٣: نقاط الإتصال بين الحروف في كلمة

ويتم في هذه المرحلة فصل الكلمة إلى حروف بأكبردقة ممكنة كما يوضح شكل ١٤، بحيث تم الاهتمام والحفاظ على خصائص الكتابة، مثل: نمط اتصال الحرف بغيره من الحروف (بداية الكلمة، وسط الكلمة، نهاية الكلمة، منفصل لوحده)، وكذلك حروف ذات مزايا محددة مثل: ألف مهموزة (أ)، كاف (ك)، هاء (هـ)، وكذلك عدد النقاط وأمكنتها على بعض الحروف.



شكل ١٤: نتائج مثال تقطيع كلمة إلى حروف

### ٦,٣ استخراج المزايا (Feature Extraction)

يتم في هذه المرحلة تحديد مزايا (Features) واستخراجها واستخدامها لتمييز حروف كلمة، ونذكر في شكل ١٥ وجدول ٢ المزايا التي تم اختيارها وبعض المعلومات عنها.

| Polygon Shape | Explanation | Code | Example |
|---|---|---|---|
| | Direction To left with two intersecteen points | -2 | د، ذ، جـ، حـ، خـ |
| | Direction To left with one intersection point | -1 | لـ، ر، ز |
| | Direction To above with two intersection points | 3 | ن، ب،ت،ث،ي،ك |
| | Direction To right with one intersection point | 1 | ا (حرف الألف متصل) |
| | Direction To right with two intersection points | 2 | عـ، غـ، غـ |
| | Direction To left and right at the same time | 4 | ح،خ،ج |
|  | Direction To right and left at the same time | 4 | ـه |

شكل ١٥: معلومات عن ميزة الأشكال المضلعة للحروف

**جدول ٢ : معلومات عن المزايا التي تم اختيارها واستخراجها**

| تسلسل | الميزة | المخرجات | التفسير |
|---|---|---|---|
| ١ | عدد النقاط على الحرف ومكانها | (٠، ١، ٢، ٣، -٢، -١، ١٠) | ٠: لا يوجد نقاط، مثل ع.<br>١: يوجد نقطة واحدة فوق الحرف، مثل ض.<br>٢: يوجد نقطتان فوق الحرف، مثل ت.<br>٣: يوجد ٣ نقاط فوق الحرف، مثل ث.<br>-٢: يوجد نقطتان تحت الحرف، مثل ي.<br>-١: يوجد نقطة واحدة تحت الحرف، مثل ب.<br>١٠: يوجد نقطة واحدة فوق الحرف ومتداخلة معه، مثل ظ، ج. |
| ٢ | وجود حلقة مغلقة (ف، و، ـهـ، ـع، ...) | (٠ أو ١) | ٠: لا يوجد، مثل ع.<br>١: يوجد، مثل و. |
| ٣ | وجود همزة أو ما شابهها (أ، ك، ...) | (٠ أو ١) | ٠: لا يوجد، مثل f.<br>١: يوجد، مثل ك. |
| ٤ | جهة اتصال الحرف (من اليمين R، أو من اليسار L) | R=٠ و L=٠ | حرف منفصل، مثل ع. |
| | | R=٠ و L=١ | يتصل من اليسار، مثل عـ. |
| | | R=١ و L=٠ | يتصل من اليمين، مثل ـع. |
| | | R=١ و L=١ | يتصل من الجهتين، مثل ـعـ. |
| ٥ | اتجاه الشكل المضلع (إن وجد) وعدد نقاط التقاطع. | (-٢، -١، ٣، ٢، ١، ٤) | -٢: الإتجاه إلى اليسار مع نقطتي تقاطع.<br>-١: الإتجاه إلى اليسار مع نقطة تقاطع.<br>٣: الإتجاه إلى الأعلى مع ٣ نقاط تقاطع.<br>٢: الإتجاه إلى اليمين مع نقطتي تقاطع.<br>١: الإتجاه إلى اليمين مع نقطة تقاطع.<br>٤: الإتجاه إلى اليسار وإلى اليمين. |
| ٦ | نقاط التقاطع، وتستخدم هذه الميزة لتمييز حروف فيها تشابه من ناحية وتختلف بهذه الصفة، مثل ث، ش. | قيمة | القيمة تعطي عدد نقاط التقاطع. |

### ٤. تنفيذ النظام المقترح (System Implementation)

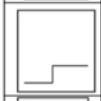
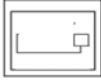
تم برمجة النظام المقترح بواسطة برمجية ماتلاب (MATLAB)، وتم استخدام قاعدة البيانات (IFN/ENIT) بعد الحصول على موافقة أصحاب ملكيتها الفكرية لأغراض البحث العلمي، والتي أعدت بملىء ٢٢٦٥ نموذج من قبل ٤١١ من الكتبة المختلفين، مما يجعلها توفر تنوعا كبيرا، واستخلص منها ٢٦٤٥٩ اسم قرية أو بلدة تونسية كما ذكر عبد ومارجنر [٢]. واستخدمنا منها ٤٠٠٧ صور لاختبار النظام، وحقق النظام نسبة تمييز ٨٥٪، والتي تعتبر نسبة عالية مقارنة بنسبة ٦٠٪ التي حققتها الدراسات السابقة التي استخدمت مصنف شجرة القرار. ونورد في جدول ٣ عينة من نتائج تصنيف الحروف وتمييزها بعد مرورها بمرحلة التصنيف والتمييز من خلال مصنف شجرة القرار، كما نورد في شكل ١٦ نتائج تمييز كلمة نكريف (اسم بلدة تونسية).

### ٥. استنتاجات واقتراحات بحثية (Conclusions and Future Work Suggestions)

تبرز أهمية تمييز الكتابة العربية اليدوية في تمكين الحاسب الآلي من تحويل النصوص أو الصور أو الوثائق أو المخطوطات العربية المكتوبة باليد إلى مادة إلكترونية قابلة للتخزين بهدف حفظها من الضياع من ناحية، وتوفيرها لاستخدام الباحثين والمؤرخين وأمناء المكتبات من ناحية أخرى. ومن خلال هذا البحث، قمنا ببناء نظام لهذا الغرض مكون من سبع مراحل، تبدأ من صورة النص المكتوب يدويا، وتنتهي بتحويله إلى صيغة رقمية تعرض على شاشة الحاسب أو تخزن في ملف. نؤكد أن هناك دراسات سابقة عديدة قد تمت في هذا المجال، واستخدمت مصنفات حديثة تراوحت نسبة تمييزها للكتابة العربية اليدوية بين ٨١٪ وبين ٩٤٪، إلا أن استخدام مصنف شجرة القرار لم يخضع للاستخدام البحثي بشكل كاف، ولم تحقق الدراسات التي استخدمته حسب علمنا إلا نسبة تمييز ٦٠٪، من هنا تركز بحثنا على استخدام هذا المصنف، إضافة إلى استخدام وتطوير عدة تقنيات، واستخلاص واستخدام عدة مزايا مدروسة بعناية للنص المكتوب، ونتج عن ذلك نظام جديد مقترح رفع نسبة التمييز من ٦٠٪ إلى ٨٥٪، والتي تعد نقلة نوعية باستخدام المصنف المذكور، وقد تحقق هذا التطوير من خلال تطبيق عدة عمليات محددة، ومن استخدام مزيج من التقنيات الموجودة أو تم تطويرها في البحث نفسه، ومن استخلاص واستخدام مزايا مدروسة بعناية للنص.

ويقدم الباحثان بعض الاقتراحات لإجراء أبحاث مستقبلية في هذا المجال، فمن المتوقع رفع نسبة تمييز نظامنا المقترح من خلال العمل على دراسة واستخلاص واستخدام مزايا إضافية للنص المكتوب يدويا، وعلى الأخص لنوع الكتابة الرديئة التي يصعب تمييزها مما يقلل من نسبة التمييز، هذا من ناحية، ومن ناحية ثانية فمن الممكن تطوير عملية التجزئة والتقطيع للنص لحروف وكلمات تحل مشكلة التقطيع الجائر الذي يجزئ حرفا وكأنه عدة حروف كما في الحرف (س) وما شابهه. ونقترح كذلك تخصيص جهد بحثي للأداء الزمني (time performance) للنظام المقترح وغيره في حالة كون المدخلات نصوص أو وثائق أو مخطوطات كبيرة الحجم. ونقترح كذلك أنه من المناسب بعد كل الدراسات التي تمت في هذا المجال وإنجازاتها، ومنها هذه الدراسة، العمل على بناء نظام تطبيقي شامل، وربما تجاري، يمتاز بكفاءة الأداء الزمني، تكون مدخلاته نصوص أو وثائق أو مخطوطات كبيرة الحجم، ومخرجاته مادة مكافئة رقمية للمادة المدخلة، تخزن في ملفات حاسوبية، وتقدم خدمة متطورة أكثر ومتوفرة بشكل أسهل للباحثين والمؤرخين والمكتبيين وغيرهم.

| س | الميزة ٦ | الميزة ٥ | الميزة ٤ | | الميزة ٣ | الميزة ٢ | الميزة ١ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد نقاط التقاطع ط | اتجاه الضلع | اتجاه نقاط الإتصال | | وجود همزة أو ما شابهها | وجود حلقة مغلقة | عدد النقاط ومكانها |
| Character | | | R | L | | | |
| س | ط > ٢ | ٣ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ |
| ـس | ط >= ٥ | ٣ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ |
| سـ | ط > ١ | -١ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ |
| ـسـ | ط >= ٣ | -١ | ١ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ |
| ش | ط > ٢ | ٣ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٣ |
| ـش | ط > ٢ | ٣ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ | ٣ |
| شـ | ط > ١ | -١ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ٣ |
| ـشـ | ط > ١ | -١ | ١ | ١ | ٠ | ٠ | ٣ |
| ص | ط > ٧ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ |
| ـص | ط > ٧ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ |
| صـ | ط = ٥ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ | ١ | ٠ |
| ـصـ | ط = ٥ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ٠ |
| ض | ط > ٧ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ١ | ١ |
| ـض | ليس لها حاجة | ٣ | ١ | ٠ | ٠ | ١ | ١ |
| ضـ | ط = ٥ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ | ١ | ١ |
| ـضـ | ط > ٥ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ١ |
| ع | ليس لها حاجة | ٢ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ |
| ـع | ٤ < ط > ٦ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ١ | ٠ |
| عـ | ليس لها حاجة | ٢ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ٠ |
| ـعـ | ط = ٤ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ٠ |
| غ | ليس لها حاجة | ٢ | ٠ | ٠ | ٠ | ٠ | ١ |
| ـغ | ط <= ٦ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ١ | ١ |
| غـ | ليس لها حاجة | ٢ | ٠ | ١ | ٠ | ٠ | ١ |
| ـغـ | ط = ٤ | ٠ | ١ | ١ | ٠ | ١ | ١ |

| Image | No. of dots | Check Direction | | Check Hamza | Check loop | Dir. of Polygon | No. of intersection points | Char. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Left | Right | | | | | |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | ن |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | ك |
|  | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | -1 | 2 | ر |
| | -2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | ي |
|  | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 7 | ف |

شكل ١٦: نتائج تمييز كلمة نكريف

## ٦. المراجع

[١] Abdullah، M.A.، Al-Harigy، L.M. and Al-Fraidi، H.H.، ٢٠١٢. Off-Line Arabic Handwriting Character Recognition Using Word Segmentation. Journal of Computing، ٣)٤ ،٢٠١٢)، pp. ٤٤-٤٠.

[٢] Abed، H. E.، and Margner، V. (٢٠٠٧، February). The IFN/ENIT-database-a tool to develop Arabic handwriting recognition systems. In Signal Processing and Its Applications، ٢٠٠٧. ISSPA ٩ .٢٠٠٧th International Symposium on (pp. ٤-١). IEEE.

[٣] Al Abodi، J.، and Li، X. (٢٠١٤). An effective approach to offline Arabic handwriting recognition. Computers & Electrical Engineering، ١٩٠١-١٨٨٣ ،(٦)٤٠.

[٤] Al-Aziz، A. M. A.، Gheith، M.، & Sayed، A. F. (٢٠١١). Recognition for old Arabic manuscripts using spatial gray level dependence (SGLD). Egyptian Informatics Journal، .٤٣-٣٧ ،(١)١٢

[٥] Ali، O.B.، Shaout، A. and Elhafiz، M.، (٢٠١٥،December). Two stage classifier for Arabic Handwritten Character Recognition. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering، ٢٠١٥. (pp. ٦٥٠-٦٤٦).

[٦] Alkhateeb، J.H.، ٢٠١٥. Off-Line Arabic Handwritten Isolated Character Recognition Using Hidden Marcove Model. International Journal of Engineering Science and Technology، ٧)٧)، p.٢٥١.

[٧] Almaadeed، S.، Higgins، C.، Elliman، D. (٢٠٠٢). Arabic handwritten words recognition. ٨٧٦-٨٧٤.

[٨] Anmar، Inaam، (٢٠١٥). Arabic Handwritten Recognition using Hybrid Transform". International journal of modern trend in engineering and research، [Online]. ٩)٢)، pp. ٣٢٩-٣٢٠.

[٩] Haraty، R.، and El-Zabadani، H. I. C. H. A. M. (٢٠٠٢). ABJAD: An Off-Line Arabic Handwritten Recognition System. In Proceedings of the ٢٠٠٢ International Arab Conference on Information Technology (ACIT'٢٠٠٢).

[١٠] Haraty، R.، and Hamid، A. (٢٠٠٢). Segmenting handwritten Arabic text. In Proceedings of the International Conference on Computer Science، Software Engineering، Information Technology، e-Business، and Applications.

[١١] Lawgali، A.، Angelova، M. and Bouridane، A.، (٢٠١٤). A framework for Arabic handwritten recognition based on segmentation. International Journal of Hybrid Information Technology، ٥)٧)، pp.٤٢٨-٤١٣.

[١٢] Parvez، M. T.، and Mahmoud، S. A. (٢٠١٣). Offline Arabic Handwritten Text Recognition: a survey. ACM Computing Surveys (CSUR)، ٢٣)٤٥)، pp. ٢٣.

[١٣] Xiang، D.، Liu، H.، Chen، X.، Cheng، Y.، Yao، H. (٢٠١٢، October). Recognition of Off-line Arabic Handwriting Using Hidden Markov Model Toolkit. In Distributed Computing and Applications to Business، Engineering & Science (DCABES)، ١١ ٢٠١٢th International Symposium on (pp. ٤١٢-٤٠٩). IEEE.

## ملحق ١: قاموس المصطلحات

| تسلسل | المصطلح بالعربية | المصطلح بالإنجليزية |
|---|---|---|
| ١ | كتابة العربية اليدوية | Arabic Handwriting |
| ٢ | نقطة بكسل رقمية في الصورة، وهي إما بيضاء أو سوداء | Pixel |
| ٣ | صورة ثنائية | Binary Image |
| ٤ | تمييز النمط، | Pattern Recognition |
| ٥ | تمييز الحروف ضوئيا | (Optical Character Recognition (OCR |
| ٦ | شجرة القرار | Decision Tree |
| ٧ | التحويل الثنائي | Binarization |
| ٨ | تنحيف صورة النص | Skeletonization |
| ٩ | التجزئة أو التقطيع | Segmentation |
| ١٠ | التجزئة أو التقطيع الأفقي | Horizontal Segmentation |
| ١١ | التجزئة أو التقطيع العمودي | Vertical Segmentation |

| | | |
|---|---|---|
| ١٢ | التجزئة أو التقطيع لحروف | Character Segmentation |
| ١٣ | مزايا | Features |
| ١٤ | استخلاص المزايا | Features Extraction |
| ١٥ | رقمي | Digital |
| ١٦ | شبكة عصبونية صناعية | (Artificial Neural Network (ANN |
| ١٧ | تقليدية | Conventional |
| ١٨ | إرشادية | Heuristic |
| ١٩ | نماذج ماركوف الخفية | (Hidden Markov Models )HMM |
| ٢٠ | محول جيب التمام المنفصل | (Discrete Cosine Transform (DCT |
| ٢١ | محول الموجات المنفصل | (Discrete Wavelet Transform (DWT |
| ٢٢ | قيمة قياسية | Threshold Value |
| ٢٣ | إسقاط أفقي | horizontal projection |
| ٢٤ | تقطيع عمودي | Vertical Segmentation |
| ٢٥ | قيمة علائقية | Relational value |
| ٢٦ | التمثيل القياسي | Canonical Representation |
| ٢٧ | برمجية ماتلاب | MATLAB |
| ٢٨ | الأداء الزمني | Time Performance |