إستخدام الحاسوب فى التعرف على الكلمات العربية المكتوبة بخط اليد

كمال منصور جمبى

جامعة الملك عبدالعزيز، جده، المملكة العربية السعودية

المستخلص : يناقش هذا البحث عملية تصميم وتنفيذ نظام متكامل للتعرف على الكلمات العربيه المكتوبة بخط اليد. وتمر عملية التعرف على الحروف العربيه خلال مرحلة ما قبل المعالجه (التهيئة) تتبعها عملية التعرف نفسها. ومن أجل التعرف على الكلمة لابد من تقسيمها إلى الحروف المكونة لها ومن ثم التعرف على كل حرف منها. لذلك فإن كل حرف تابع للكلمة يتم دراسته بغرض تحديد الصفات الخاصة به وتحديد رقم النافذة المقابلة لهن والتى تقع فيها هذه الصفات المميزه. يتبع ذلك البحث فى جدول خاص بقاعدة البيانات بغرض التعرف على الإسم المقابل للحرف المراد التعرف عليه. وينتهى هذا البحث بمناقشة النتائج مع التعليق عليها وتحليلها.

١- المقدمه:

إن البحوث الخاصة بالتعرف على الحروف العربيه لاتزال مستمرة ويسعى الباحثون فى هذه الأيام الى الوصول الى دقة أفضل لنسبة التعرف ولزمن أقل الأمر الذى سوف يؤدى الى تكوين وسيلة اتصال أكثر فاعلية فيما بين الحاسوب ومستخدميه. وهذا يعنى القدرة على التخزين المباشر للوثائق المكتوبة بخط اليد إلى ذاكرة الحاسوب دون المرور بلوحة المفاتيح، الأمر الذى يعتبر مساهمة مفيدة لعملية ميكنة المكاتب.

مما لاشك فيه أن اللغة العربية لغة مميزة وحروفها على ذلك المستوى من التميز. وهذه الصفات المميزة للحروف العربيه تعطى لعملية الكتابة بها بعض الخصوصية لكنها تضيف بعض الصعوبات بالنسبة لعملية التعرف عليها بواسطة الحاسوب. فعملية إتصال الحروف العربيه عند كتابتها يؤدى الى تداخل حدود الحروف فيما بينها. كما أن هناك ضرورة لملاحظة وجود بعض المجموعات التى لها الشكل العام نفسه مع بعض الإختلافات البسيطة كعدد النقاط وموقعها، بالإضافة الى إختلاف شكل الحرف إعتماداً على موقعه بالنسبة الى الكلمه (كونه منفصلاً أو واقعاً فى بداية الكلمة أو وسطها أو نهايتها) كما يتضح فى الجدول ١.

هناك عدة طرق يمكن الباحثون من خلالها التعرف على الحروف العربية ومن أجل الحصول على خلفية جيدة عن الطرق المختلفة التى تم إعتمادها يمكن الرجوع الى المرجعين [٢،١]. كما تجدر الإشارة الى أن مجال الأعمال التى تم فحصها ودراستها يختلف من ناحية التعقيد الذى يمتد من أبسط صورة ممثلة فى الحروف المطبوعة والمنفصله الى أعقد صورة ممثلة فى الكلمات العربية المكتوبة بخط اليد. وهذا الأمر يوحى الى أن تقييم هذه الأعمال اعتماداً فقط على نسبة التعرف يعتبر غير عادلاً وقد يؤدى الى عملية تغرير للقارىء.

إن الطريقة التى تم إعتمادها فى هذا البحث تعتبر إمتداداً للعمل الذى تم فى [٣]. فإطار النافذة التى تم التعامل معها فى ذلك العمل كان مستطيل الشكل تم تقسيمه إلى ستة نوافذ. أما فى هذا البحث فقد تم تغيير إطار النافذة الى الشكل الدائري حيث اقترح أحد الباحثين [٤] بأن الشكل الدائرى هو الأفضل فى قدرته على إحتواء الحروف العربية.

يبدأ هذا البحث بإستعراض للعمليات التى تم إتباعها فى مرحلة ما قبل المعالجة (التهيئة) والتى تتضمن إيجاد حدود الكلمة، التنحيف، وفصلاًاحزاء الكلمات المتداخله. أما الجزء الرئيسي من هذا البحث فقد تم تخصيصه لمناقشة عملية التعرف نفسها والتى تبدأ بعملية فصل الحروف المكونة للكلمه. يتبع ذلك دراسة الحرف المقترح بغرض إيجاد الصفات المميزة له وتوزيعها على النوافذ ضمن الإطار المحيط بالحرف المطلوب التعرف عليه.

جدول ١ - الأشكال المختلفة للحروف العربية إعتماداً على موقعها

Name	Isolated	First	Middle	Last	Name	Isolated	First	Middle	Last
Alif	ا	ا	ا	ا	Dhad	ض	ضـ	ـضـ	ـض
Baa	ب	بـ	ـبـ	ـب	Tta	ط	طـ	ـطـ	ـط
Taa	ت	تـ	ـتـ	ـت	Zha	ظ	ظـ	ـظـ	ـظ
Thaa	ث	ثـ	ـثـ	ـث	Ain	ع	عـ	ـعـ	ـع
Geem	ج	جـ	ـجـ	ـج	Ghain	غ	غـ	ـغـ	ـغ
Hha	ح	حـ	ـحـ	ـح	Faa	ف	فـ	ـفـ	ـف
Kha	خ	خـ	ـخـ	ـخ	Gaf	ق	قـ	ـقـ	ـق
Dal	د	د	ـد	ـد	Kaf	ك	كـ	ـكـ	ـك
Thal	ذ	ذ	ـذ	ـذ	Lam	ل	لـ	ـلـ	ـل
Raa	ر	ر	ـر	ـر	Meem	م	مـ	ـمـ	ـم
Zain	ز	ز	ـز	ـز	Noon	ن	نـ	ـنـ	ـن
Seen	س	سـ	ـسـ	ـس	Haa	ه	هـ	ـهـ	ـه
Sheen	ش	شـ	ـشـ	ـش	Waw	و	و	ـو	ـو
Saad	ص	صـ	ـصـ	ـص	Yaa	ي	يـ	ـيـ	ـي

٢- عمليات مرحلة المعالجة الأولية:

لقد تم الحصول على صورة الكلمة المراد التعرف عليها بواسطة الماسح الضوئى الذى له القدرة على إعطاء الصور الثنائية القيمة (Binary Image) دون الحاجة الى إزالة التشويش.

إن تعيين الحدود النهائية للكلمة قد تم إيجادها بغرض التسهيل والتبسيط لعملية المسح وذلك عن طريق إلغاء عملية مسح (scan) المساحة البيضاء حول الكلمة المراد التعرف عليها. حيث تم تعيين الحد الأعلى للصورة عن طريق ايجاد القيمة المقابلة للصف الذى يحتوى على أول عنصر صورة (عنصورة Pixel) سوداء تم إيجادها عن طريق مسح الصوره من الأعلى. وبالطريقة نفسها يتم إيجاد الحدود الأخرى ونعنى بها من الأسفل ومن اليمين واليسار.

ولقد تم إستخدام خوارزمية التنحيف ذات المسار الواحد One Path Thinning Algorithm لتنحيف صورة الكلمة المراد التعرف عليها [٥]. وتبدأ الخوارزمية بمسح الصوره بشكل أفقي بواسطة قناع منزلق على الصفوف. فإذا كانت العنصورة سوداء فإن هذه العنصورة وما يجاورها من عنصورات تعامل كوحدة منفردة ومن ثم يتم مقارنتها ببعض الأقنعة التى قد تم تحديدها من قبل. ويتم إزالة هذه العنصورة (١ تصبح صفر) أو إبقاؤها إعتماداً على نتيجة المقارنة والتطابق مع إحدى هؤلاء

الأقنعة والتى تم إيجادها لغرض إختبار إزالة العنصورة. وهنالك إختبار آخر يتم عن طريق المقارنة بأقنعة أخرى تم تخصيصها لإختبار الإتصال. فإذا تم تطابق فى الإختبار الأخير تم إسترجاع العنصورة التى تم إزالتها. ويتم تكرار الخطوات السابقة على الصورة طالما كان هناك تغيير فى القيم الخاصة بعنصورات الصورة.

إن عملية الفصل هذه ليست سهلة كما يتبادر للذهن فى الوهلة الأولى. بالإضافة إلى أن العمليه تستهلك وقتاً غير بسيط من وقت التنفيذ وهذا يرجع الى ضرورة تتبع جميع المنحنيات الخطية المكونة للكلمة وإعطاء كل منها علامات (lables) مختلفة. كما أن النقاط فى حالة وجودها لابد من إلصاقها بالمنحنيات الخطيه الرئيسية التابعة لها ومن ثم إعطائها العلامة نفسها والتى تم إستخدامها للمنحنى الرئيسي. يلي ذلك تعيين الحدود اليمنى واليسرى لإختبار وجود التداخل من عدمه. وفى حالة وجود التداخل يتم إزاحة المنحنيات الخطية الموجودة فى الناحية اليسرى من الكلمة بالإضافة الى إزاحة جميع النقط والمنحنيات الخطية الثانوية والتابعة للمنحنيات الخطية الرئيسية. وتتم عملية الإزاحة عن طريق إضافة عمود خال من العنصورات السوداء مابين المنحنيات الخطية المتداخلة. كما يجب التنبيه الى أن عملية الإزاحة تتم فى حالة وجود مساحة كافية تتناسب مع الفضاء المستهلك فى التداخل [٢].

٣- عملية التعرف على الكلمة:

تبدأ عملية التعرف على الكلمة بتجزئة الكلمة الى الحروف المكونة لها ومن ثم يتم فحص ودراسة كل حرف من هذه الحروف على حده.

٣-١ تجزئة الكلمة الى الحروف المكونة لها:

إن تجزئة الكلمة الى الحروف المكونة لها يتم عن طريق إستخدام ما يعرف بالمنحنى التكراري Histogram (منحنى يتم فيه حساب العنصورات السوداء الخاصة بالصورة بشكل عمودى). ويقوم البحث [٧] بتقديم وصف شامل للطريقة التى تم إعتمادها لهذا الغرض. حيث يتم تحديد بداية كل حرف عن طريق وجود تغير فجائى فى المنحنى الخاص بصورة الكلمة. ومما يصعب من عملية التقسيم الإختلاف الحاصل فى عرض (width) الحروف العربية ولهذا لابد من تحديد قيم محددة (threshold values) للتغلب على هذه المشكله [٢].

٣-٢ تعريف الصفات المميزة التى تم استخدامها:

بالرغم من وجود العديد من الصفات المميزة والتى تم إستخدامها فى الأعمال السابقة إلا أن الصفات التالية تعتبر من أنسب الصفات التى يمكن إستخدامها فى الطريقة البنائية والتى تم إعتمادها فى هذا البحث.

نقطة تفرع Branch point : يتم تمثيلها بعنصورة سوداء تحيط بها ثلاث عنصورات سوداء على الأقل.

نقطة ركن Corner : تمثل هذه النقطة تغيير فى اتجاه حركة القلم ويتم تعيينها إذا تجاوز قياس الزاوية المحصورة ما بين المستقيمين قيمة تم تحديدها مسبقاً.

نقطة نهاية End point : تمثل هذه النقطة بداية أو نهاية الكتابة ويتم تعيينها بوجود عنصورة سوداء مجاورة لعنصورة سوداء واحدة فقط.

الموقع Position : يدل على موقع الحرف بالنسبة الى الكلمة وكذلك على جهة إتصاله.

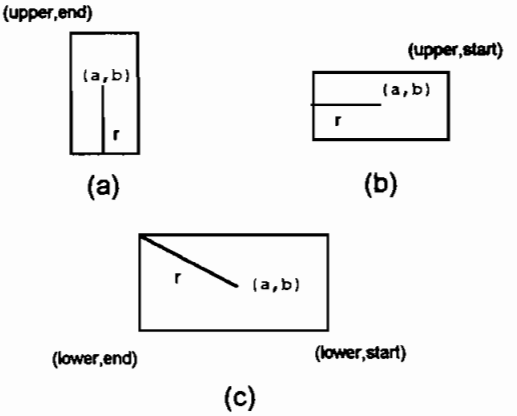
العلاقة مابين الطول والعرض W_H : يوضح هذا المتغير العلاقة مابين الطول والعرض للحرف المطلوب التعرف عليه.

الحلقه Loop : هذا المتغير يأخذ القيمة المقابلة لرقم النافذة التى تقع فيها الحلقة وهو يأخذ القيمة (صفر) فى حالة عدم وجودها.

عدد النقاط Dots: ويمثل هذا المتغير عدد النقاط المرافقة للحرف

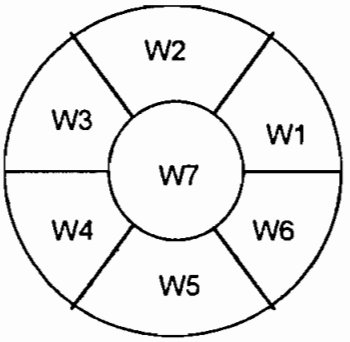
٣-٢ ايجاد إحداثيات الإطار والنوافذ:

تعتبر عملية إيجاد إحداثيات الإطار المستطيل الخاص بالنوافذ عملية سهلة وتتم عن طريق مسح الصورة الخاصة بالحرف بغرض إيجاد أول عنصورة سوداء فى الإتجاه العلوي، السفلي، اليمين، وكذلك اليسار. وبتحديد هذه الإحداثيات يتم تحديد الإطار الأمر الذى يمكن من تحديد مركز الإطار الدائرى ونصف القطر كما يتبين من الشكل ١، يتبع ذلك تحديد النوافذ نفسها .



الشكل ١ : الإطار المستطيل الشكل والذى عن طريقه يتم تحديد مركز الإطار الدائرى وكذلك نصف القطر.

إن عدد النوافذ يلعب دوراً مهماً فالعدد الصغير للنوافذ قد يؤدى الى تداخل فى الصفات المميزة لبعض الحروف المختلفة فى حين أن العدد الكبير لعدد النوافذ قد يسبب بعض الصعوبات فى التعرف على الإختلافات البسيطة للحرف نفسه. وعلى سبيل المثال فلو كان حجم النافذة عنصورة واحدة لتحول الوضع الى عملية مطابقة للعنصورات Bit Matching فى حين أن وجود نافذة واحدة فقط يؤدى الى تعقيد عملية التعرف نفسها نظراً لوقوع بعض الحروف المختلفة ذات الصفات المميزة الواحدة فى مجموعة واحدة. لذلك وبعد دراسة متأنية وجد أن أفضل حالة يتم الحصول عليها هي تقسيم الإطار الى سبع نوافذ كما فى الشكل ٢.



الشكل ٢ : تقسيم الإطار الى سبع نوافذ.

ويتمثل الإطار بالشكل الدائرى ذو المركز (a,b) والذى يتم تعيينه حسب المعادلات التالية:

$$a = (upper + lower) / 2 \qquad (1)$$
$$b = (start + end) / 2 \qquad (2)$$

كما يجب التنبيه الى أن نقطة البداية لهذه الصورة (٠،٠) تقع فى الركن العلوي الأيسر من الصورة كما يتعين طول نصف القطر كما فى الشكل ١-أ، حيث:

$$r = start - b \qquad (3)$$

وذلك بالنسبة لأشكال الحروف التى يكون فيها الطول أكبر من من العرض كما هو واضح فى الشكل [١- أ] و

$$r = lower - a \qquad (4)$$

للحالات التى يكون فيها عرض الحرف أكبر من طوله كما فى الشكل ١-ب. وعلى أية حال فإن المعادلات السابقة تم تغييرها لأنه قد إتضح عدم دقتها خصوصاً بالنسبة للحروف التى تكون فيها النقاط الخاصة بالصفات المميزة واقعة فى الأركان التابعة للإطار المستطيل الشكل كما هو الحال على سبيل المثال فى حرفي "ل" و "خ"، لذلك تم تغيير معادلة نصف القطر بحيث تحسب على أنها المسافة ما بين المركز وأي من أركان المستطيل كما فى الشكل ١-ج.

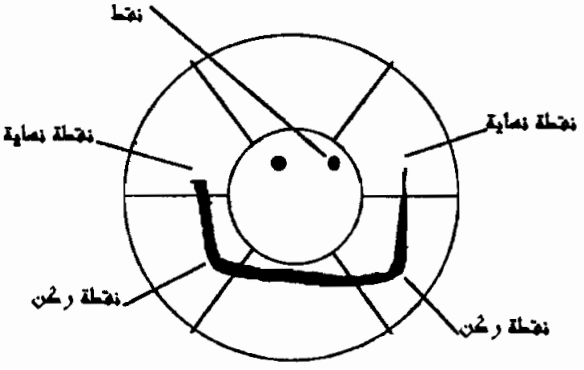
$$r = \text{sqrt}\ [\ (a - lower)^2 + (b - start)^2\ ] \qquad (5)$$

وبعد إيجاد الإطار الدائرى كما فى الشكل [٢] يتم تعيين ست نوافذ عن طريق تحديد الزاوية المرافقة لكل نافذة. أما النافذة السابعة والتى يتم الحصول عليها كدائرة داخلية لها مركز الإطار الدائرى نفسه حيث يتم حساب طول نصف القطر كنسبة من طول نصف القطر الخاص بالإطار الدائرى. وبالتالى فإن تعيين رقم النافذة والمرافق لصفة مميزة عند الموقع (x,y) فيتم حسب الطريقة التالية:

- تحديد المسافة ما بين مركز الإطار الدائرى والنقطة (x,y) وبذلك تكون النقطة داخل النافذة السابعة إذا كانت المسافة السابقة أقل من أو تساوى قيمة r7.
- إذا كان الشرط السابق غير متوفر فيتم المقارنة ما بين y و b لتحديد فيما إذا كان موقع النقطة الخاصة بالصفة المميزة فى النصف العلوي أو النصف السفلي وبالتالى يتم تعيين الرقم الصحيح للنافذة عن طريق تحديد الزاوية المرافقة للنقطة الخاصة بالصفة المميزة والتى يتم حسابها كالتالى:

$$q = \text{atan}\ [\ (y - b) / (x - a)\ ] \qquad (6)$$

وعلى سبيل المثال فإن الشكل [٣] يوضح توزيع النقاط الخاصة بالصفات المميزة المرافقة لحرف "ت".



شكل ٣ : توزيع النقاط الخاصة بالصفات المميزة المرافقة لحرف "ت"

٤- التنفيذ والنتائج التجريبيه:

تم تنفيذ هذا النظام على حاسوب شخصى وتم تنفيذ البرنامج بإستخدام لغة Borland C version 2.0. أما الصور فقد تم تكوينها وتخزينها عن طريق الماسح الضوئى الذى تنتجه شركة Logitech.

٤-١ الإجراءات التجريبية:

تم تكوين ٣٠٠ صورة بغرض إختبار نسبة التعرف على الحروف العربية المكتوبة بخط اليد والخاصة بهذا النظام. وتحوى كل صورة على كلمة واحدة تمت كتابتها بخط اليد. وبمعدل أربعة حروف لكل كلمة وبالتالى تم التعامل على ما يزيد من ١٢٠٠ حرف عربى. ولقد تم إستخدام مجموعة من ١٣٠ كلمة كمجموعة تدريب لتكوين قاعدة البيانات الأولية. أما بقية الكلمات والتى تبلغ ١٧٠ كلمة فقد تم إستخدامها لإختبار النظام وتحديد نسبة التعرف والتى يتم مناقشتها فى الفصل التالى.

كما تم إجراء العديد من الإختبارات التى تختلف عن بعضها البعض فى قيمة الزوايا للنوافذ وكذلك قيمة النسبة المرافقة للدائرة الداخلية وتتضح نتائج هذه التجارب فى جدول ٢. الى جانب أن توزيع الصفات المميزة على النوافذ يؤدى الى تكوين إحدى وحدات قاعدة البيانات والتى سيتم مقارنتها بالوحدات الأخرى والتى تم تخزينها مسبقاً فى قاعدة البيانات.

جدول ٢ – النتائج التى تم التوصل إليها بعد القيام بعدة تجارب بغرض إيجاد أنسب قيمة للزاوية وأنسب طول لنصف قطر النافذة رقم ٧.

Test	Angle associated with w1,w4	Angle associated with w2,w5	Angle associated with w3,w6	Percentage associated with r7	Absolute recognition	Recognition by learning	Miss Recognition
1	45	90	45	10	76.21	20.69	2.76
2	60	60	60	10	80.21	18.37	1.41
3	60	60	60	40	81.11	17.51	1.38
4	60	60	60	50	82.61	15.84	1.55
5	**60**	**60**	**60**	**60**	**83.40**	**14.98**	**1.62**
6	60	60	60	70	82.33	15.36	2.31
7	55	70	55	60	80.92	16.26	3.82

٤-٢ النتائج والتعليق عليها:

من الجدول السابق يتضح أن أفضل النتائج قد تم التوصل إليها فى التجربة الخامسة عندما كانت الزويا متساوية ومقدار كل منها ستون درجة فى حين أن طول نصف القطر للدائرة الداخلية يساوي ٦٠٪ من طول نصف القطر للإطار الدائرى.

جدول ٣ – أفضل نتيجة تم التوصل إليها فى هذا البحث ومقارنتها بنتائج بعض البحوث ذات الإهتمام بالموضوع نفسه.

	This work	The work of [3]	The work of [6]	The work of [8]
Absolute Recognition	83.40	79	81.25	83
Miss recognition	1.62	3	2	7.3
Recognition by Learning	14.98	13	10	0
Rejection	0	5	6.75	9.7

وحتى يتم تقدير نتائج هذا البحث لابد من مقارنة هذه النتائج بالنتائج التى تم الحصول عليها فى أبحاث مشابهة. وفى الواقع فإن معظم ما تم التعامل معه فى الأبحاث السابقة يتناول النصوص المطبوعة أو الحروف المكتوبة بخط اليد بعكس البحث

الحالى والذى يتناول الكلمات المكتوبة بخط اليد. فهناك عدد محدود من الأبحاث تتناول الحروف العربية المكتوبة بخط اليد. ويعطى الجدول ٣ فكرة عابرة للنتائج التى تم التوصل إليها فى هذا البحث وكذلك بعض البحوث التى تغطى موضوع البحث نفسه.

٥- الخاتمة:

لايزال المجال الخاص بالأبحاث المتعلقة بالتعرف على الحروف العربيه مفتوحاً لمزيد من الأبحاث. وكما سبق ذكره فإن الأبحاث الجديدة تسعى للحصول على دقة أفضل وزمن أقل. ومن أجل الوصول لهذا الهدف قام الباحثون فى مجال الحروف الأخرى الى تقديم أفكار لها علاقة بالتوازى parallelism أو التطابق والبحث من حيث المحتوى associative matching بغرض الإسراع من عملية التعرف. كما يجب الأخذ فى الإعتبار خصائص الحروف العربيه فى الأبحاث القادمة بالإضافة الى أن قاعدة quick and dirty يمكن الإستفادة منها كخطوة مبدئية لإيجاد ما يعرف بالمجموعات الكبرى clusters للتضييق من مجال البحث.

فيما يتعلق بهذا البحث، فإن البساطة هي الكلمة الأنسب لوصف هذا النظام حيث لايوجد هناك معادلات رياضية معقدة يلزم إيجاد الحلول لها، ولا صفات مميزة معقدة يلزم التعامل معها. وبمعنى آخر فإنه يلزم التنويه الى أن الطريقة المتبعة فى هذا البحث تستمد قوتها من مزاوجة هذه الصفات المميزة البسيطة برقم النافذة. إلا أن التعامل مع هذه الصفات المميزة يتم بشكل مطلق (أي بمعنى موجودة أو غير موجودة) الأمر الذى يؤدى الى ضرورة وجود تطابق متكامل ما بين الصفات المميزة للحرف المراد التعرف اليه وإحدى وحدات قاعدة البيانات مما يؤدى الى وجود عدة وحدات تابعة للحرف نفسه وهذا يعنى قاعدة بيانات أكبر للتعامل معها. لهذا فإن الباحث يقترح كإمتداد لهذا البحث إستخدام نظرية الـ Fuzziness للتقليل من عدد الوحدات المرافقة للحرف نفسه.

References

[1] K. Jambi, "Arabic Character Recognition: Many Approaches and One Decade" *The Arabian Journal for Science and Engineering*, KFUPM, Vol. **16 (4)**, 499-510, (1991).

[2] K. Jambi, Design and Implementation of a System for Recognizing Arabic Handwritten Words With Learning Ability, Ph.D. Thesis, IIT, Chicago, (1991).

[3] K. Jambi, "A System for recognizing Arabic Handwritten Words", *Proceedings of The 13th National Computer Conference*, Vol. **1**, 416-426, (1992).

[4] A. Nouh, A. Sultan, and R. Tulba, "An Approach for Arabic Character Recognition", *J. Eng. Sci.*, Univ. Riyadh, Vol. **6 (2)**, 185-191, (1980).

[5] R. Chin,"A One-Pass Thinning Algorithm and Its Parallel Implemen", *IEEE IECON*, 113-118, (1986).

[6] H. Almuallim and S. Yamguchi, "A Method of Recognition of Arabic Cursive Handwriting", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. **9 (5)**, 715-722, (1987).

[7] K. Jambi, "An Approach for Segmenting Handwritten Arabic Words", *Proceeding of The Second Conference on Arabic Language*, Casablanca, Morroco, 233-243, (1993).

[8] A. Amuer, K. Romeo-Pakker, and Y. Lecourtier, "L'Arabe Manuscrit et sa Reconnaissance Informatique", *Proceeding of The Second Conference on Arabic Language*, Casablanca, Morroco, 244-254, (1993).