

## استخدام تقنية التحويل الرياضي في تمييز الحروف العربية المطبوعة المنفصلة

إيهان خليل سلمان القيسي

مدرس مساعد، قسم علوم الحاسبات، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق

ملخص البحث. تم تصميم خوارزمية لتمييز الحروف العربية المطبوعة المنفصلة وهي ٦٢ حرف (أولي، وسطي، نهائي). في المرحلة الأولى للخوارزمية انجز على النمط الداخلة عمليات المعالجة الأولية كالتمركز (centroid) وتطبيع الحجم (size normalization) وعرض الخططة (stroke) والتي تتبعها عملية استخلاص الصفات باستخدام إحدى تقنيات التحويل الرياضي وهو تحويل فوريير السريع ثنائي الأبعاد (2-D FFT) وتعيين المعاملات المكافئة إحصائياً من المعاملات المحسوبة. وفي المرحلة الثانية (التمييز) استخدم دوال أقل مسافة للتعرف على أعلى درجة تشابه. ينسب النمط المجهول إلى الصنف الذي تكون المسافة بين متجه صفاته و متجه صفات النمط المجهول الأقل.

اختبرت خوارزمية التمييز باستخدام ٧٤٤ نموذجاً من الحروف العربية المطبوعة (١٢ نموذجاً لكل حرف) مختلفة عن نماذج العينة التعليمية (learning set) وتم الحصول عليها من طابعات مختلفة نوع أوليفتي (4 Olivetti editor) متشابهة في حجم وشكل الحروف وكانت نسبة التمييز ٩٥،٢٪، والخطأ ٤،٨٪ ونسبة الرفض صفر٪. وذلك باستخدام منظومة الوثائق (VIPS 2000) والحاسبة (Mini-6).

### ١ - المقدمة

لموضوع تمييز الأنماط (PR) (pattern recognition) عدة تطبيقات وفي مجالات مختلفة. أحد هذه المجالات هو تمييز الحروف المطبوعة والمكتوبة باليد. مثل قراءة العناوين البريدية آلياً وقراءة الوثائق والمستندات. لقد بذلت جهود كبيرة لتطوير هذا المجال لأنه يمثل الحل الأمثل لمعالجة كميات كبيرة من البيانات آلياً وخصوصاً عندما تكون معالجة البيانات يدوياً غير عملية.

تتكون منظومة تمييز الحروف البصرية (optical character recognition) (OCR) من المراحل التالية [١]: المسح البصري، التقطيع وتحديد الموقع، المعالجة الأولية، استخلاص الصفات، التصنيف وأخذ القرار.

في هذه المقدمة سنتطرق إلى استعراض البحوث التي لها علاقة بتمييز الحروف العربية (Arabic) الإنجليزية (English) واليابانية (Kanji).

في عام ١٩٨٠م قدم *Nouh et al.* [٢] في بحثهم (منهج لتمييز الحروف العربية)، نماذج معيارية هندسية للحروف العربية بموجب قاعدة ابن مقلة "Ibn Mugula". استخدم في التمييز شجرة البحث التتابعي (tree search sequential) لمقارنة صفات الأنماط المجهولة مع صفات معلومة لأنماط الحروف العربية. ذكر إن زمن تمييز ٣١ حرف باستخدام الحاسبة HP 3000 هو ١٤٣ ثانية. لم يتطرق البحث إلى كفاءة التمييز للخوارزمية.

في عام ١٩٨٠م استخدم *Amin et al.* [٣] العديد من تقنيات المنهج الإحصائي أو القواعدي أو كليهما معاً لتمييز الحروف العربية المكتوبة باليد باستخدام لوحة الرسم (graphic tablet) وقد استعملوا في نظامهم التمييز التفاعلي للحروف العربية (interactive recognition of arabic characters) (IRAC) طريقة التصنيف التركيبي لتمييز الحروف العربية المعزولة. معدل زمن التمييز هو ٤, ٩٥٪ باستخدام علاقة رياضية لتحديد مقدار المسافة بين صفات الحرف المجهول والصفات المحددة مسبقاً والمخزونة في القاموس ويعين الحرف الأكثر قرباً.

في عام ١٩٨٤م قدم *Al-Tikrity and Bansal* [٤] في بحثهم صنف جديد من الدوال المثلثية المتعامدة. هذه الدوال تدعى Tals, Talc وهما شبيهتا دالتي الجيب تمام (cosine) والجيب (sine) على التوالي. إن استعمال هذه الدوال المثلثية المتعامدة لمعالجة الحروف العربية المطبعية (script) والتي لها ميزات الحروف المسارية (cuneiform) سوف ينتج خوارزميات أبسط وأسرع لتحليل/تركيب مثل هذه الأشكال الموجية. ذكر في البحث أن

من محاسن المنهج أنه قلل عدد الشبكات (grids) المتطلبة لتمييز تركيب النمط وبهذا عمل على توفير حقيقي في زمن الحاسبة إذ أن الشبكة التي استخدمها (6x6) بدلا من (12x12).

في عام ١٩٨٤م صمم Murad [٥] في بحثه منظومة لتمييز الحروف العربية المطبوعة. اشتمل البحث طريقتين مختلفتين في التمييز هما التمييز باستخدام صفة القناع (template matching) والتمييز باستخدام المساقط الجانبية (projection profile) ولم يتطرق البحث إلى ذكر كفاءة المنظومة.

في عام ١٩٨٥م استخدم الباحث Yacu [٦] في بحثه المنهج التركيبي لتمييز الحروف والأرقام العربية المكتوبة باليد معتمدا على الصفات الهندسية المستخلصة من الشكل. استخدم الباحث جدول مقارنة (lookup table) ليسجل فيه الصفات الخاصة بكل حرف، ولتصنيف الحرف المجهول تتم مقارنة صفاته المستخلصة مع الصفات المخزونة في جدول المقارنة وكان معدل التمييز بالنسبة للحروف العربية مساوياً إلى ٨٧٪.

في عام ١٩٧٢م قام الباحث Grandlund [٧] بوصف طريقة لتمييز الحروف المطبوعة باستعمال تحويل فوريير (Fourier transformation) لاستخلاص الصفات. عبر عن كل حرف بموصوفة ثنائية 35x35 ثم تتبع محيط الحرف وخلال التتبع تحسب معاملات فوريير وذلك بحساب التكامل حول منحنى مغلق وهو المحيط الخارجي للحرف. نظام التصنيف المستعمل ارتكز على الاحتمالية البسيطة ومقاييس المسافة، وكان معدل التمييز الصحيح هو ٩٨٪.

في عام ١٩٨٣م طور الباحثان Fleming and Hemmings [٨] طريقة لقراءة كتلة الحروف الكبيرة المكتوبة باليد (handwritten block capitals) للفرز الأوتوماتيكي للبريد. أجريت على الحرف عمليات المعالجة الأولية كتعيين حجم المصفوفة وهو (16x24) ومركزته فيها وترفيعه بطريقة تقلل العقد الغير منطقية والذبول ثم تشفيره. ولتمييز الحرف يعبر عنه كسلسلة مستقيمت وخطوط منحنية والإحداثيات لنهايات هذه الخطوط معا

مع مقاييس هذه الانحناءات تطبق على مصنف كاوس الإحصائي المتعدد المتغيرات (multivariate) وقد استخدمنا ١٢٩٧ نموذجاً للاختبار (alphanumeric) وكانت النتائج ٦,٧٪ رفض، ٦٥,٠٪ خطأ.

في عام ١٩٨٣م أدخل الباحثان Mantas and Heaton [٩] طريقة تحليل الشكل للحروف المكتوبة باليد المركزة على تقريب المضلعات (approximation polygonal) والتمييز على أساس تصنيف الغموض المتوازي (labelling parallel fuzzy) تعتمد النتائج في الأغلب على المعلومات المخزونة في ملف الخصائص المميزة (labelling file).

في عام ١٩٨٣م اقترح Yamashita *et al.* [١٠] طريقة لتصنيف الحروف اليابانية (Kanji character) بطريقة تطابق القطع التركيبية (structured segment matching) بعد استخلاص قطع المستقيم وتجزئة مساحة إطار الحرف، ولّد متجه الصفات الذي يمثل الخطات (strokes) (وهي الخطوط التي يتألف منها الحرف) وطابق مع متجه المعدل في القاموس. استعملت المسافة الإقليدية (euclidean distance) من متجهات القاموس كدوال تمييز وكان معدل التمييز الصحيح يزيد عن ٩٩٪.

في عام ١٩٨٣م عمل Kobayashi *et al.* [١١] على تمييز الحروف اليابانية المخطوطة باليد بطريقة تطابق الخطية (stroke matching method) لاستخلاص الصفات استخدمت طريقة التحليل التركيبي وللقرار استخدمت طريقة التطابق المعياري. نسبة التمييز تزيد عن ٩٠٪ عند اختبار ١٠٠٠ حرف ياباني.

في بحثي هذا التمييز الحروف العربية المطبوعة استخدم المنهج الإحصائي ففي مرحلة استخلاص الصفات استخدمت إحدى تقنيات التحويل الرياضي وهو تحويل فورير السريع الثنائي الأبعاد (two dimensional fast Fourier transform) (2-D FFT) لأن معاملات فورير خطية وتعكس خواص النمط. وفي مرحلة التمييز استخدمت دالة المسافة الأقل لغرض مقارنة الصفات للنمط المجهول مع صفات الأصناف للمجموعة التعليمية في القاموس (مصنوفة الصفات) ويعطى القرار طبقاً لأقل مسافة بين النمط والصنف المعين.

في عام ١٩٨٧م قدمت Iman Al-Quisi [١٢، ١٣] المنهج ذاته لتمييز الأرقام العربية المكتوبة باليد، وكانت نسبة التمييز الصحيح ١٨، ٩٠٪ ونسبة التمييز الخاطيء ٨٢، ٩٪ ونسبة الرفض صفر٪. وفي بحث آخر [١٤] استخدمت دوال الأرجحية في تمييز الأرقام العربية المكتوبة باليد اعتمد فيه معاملات فورير وشخصت المعاملات الكفؤة والغير معتمدة إحصائيا على بعضها. واعتمدت دالة أعلى تشابه (الأرجحية) في التمييز باستخدام مصنف بيز (Bayes classifier) كأسلوب لتشخيص أعلى درجة تشابه بين النمط والأصناف المعرفة لمنظومة التمييز. وكانت نسبة التمييز الصحيح ٩١٪ ونسبة التمييز الخاطيء ٣٪ ونسبة الرفض ٦٪.

في هذا البحث استخدم المنهج [١٢، ١٣] لتمييز الحروف العربية المطبوعة باستخدام طابعة أوليفتي (4 Olivetti editor).

## ٢ - استخلاص صفات أنماط الحروف العربية

في مرحلة استخلاص الصفات استخدم (٣٠) نموذجا تعليميا (learning set) متشابهة في الحجم والشكل لكل نمط من الحروف العربية المطبوعة (٦٢ حرف أولي، وسطي، نهائي) كما في الشكل (١) وباستخدام طابعات مختلفة من نوع أوليفتي (Olivetti editor 4) لتوضيح الفروقات وتأثيرات الشريط الكربوني، حجوم وأشكال الحروف هي نفسها في الطابعات المختلفة.

حولت الصورة لكل نمط داخل إلى مصفوفة ثنائية ذات أبعاد (48x48) باستخدام منظومة التوثيق (VIPS 2000) والتي تشمل على قارئ صفحات يحول صورة بقياس A4 إلى مصفوفة ثنائية بقياس (1024x1536) طور برنامج تفاعلي (interactive program) لاستخلاص النمط من المصفوفة (1024x1536) إلى المصفوفة بقياس (48x48) ثم أجريت على النمط عمليات المعالجة الأولية (تطبيع الحجم size normalization وعرض الخططة stroke والتمركز centroid).

أ	ا	ب	ب	ت	ث	ث	ث
ج	ج	ح	ح	خ	ذ	ذ	ذ
ر	ز	س	س	ش	ص	ص	ص
ض	ض	ط	ظ	ع	ع	ع	ع
غ	غ	غ	غ	ف	ق	ق	ق
ك	ك	ل	ل	م	ن	ن	ن
هـ	هـ	و	و	ي	ى	ى	ى
ء	ة	ة	ة	لا	لا	لا	لا

شكل ١ . أنماط الحروف العربية المطبوعة

صممت خوارزمية تطبيع الحجم لغرض تصغير حجم الحيز الذي يشغله الحرف وهو مصفوفة (48x48) إلى مصفوفة (16x16) وذلك للتقليل من عدد معاملات فوريير التي ستتج في مرحلة استخلاص الصفات ولتقليل زمن التمييز، واختير هذا الحجم لكونه أصغر حجم مناسب ببعده  $2^6$  الذي يتطلبه روتين تحويل فوريير السريع أحادي البعد (1-D FFT) المستخدم في خوارزمية تحويل فوريير السريع ثنائي الأبعاد (2-D FFT). من التجربة وجد أن استخدام البعد  $8=2^3$  يلغي بعض الخواص التبولوجية للنمط في حين أن اختيار مصفوفة ببعده  $16=2^4$  يحتفظ بالخواص التبولوجية وأن البعد  $32=2^5$  يستغرق وقت أطول بكثير من وقت المصفوفة ذات بعد  $2^4$ .

اعتمدت خوارزمية تطبيع الحجم على فكرة تقسيم الحيز الذي يشغله النمط إلى شبكات (grids) كل شبكة ذات أبعاد (3x3) حيث يتم مقارنة المجموع الجبري للنقاط الموجودة في كل شبكة مع قيمة حدية (threshold value) مناسبة مقدارها 2 (تم اختيارها

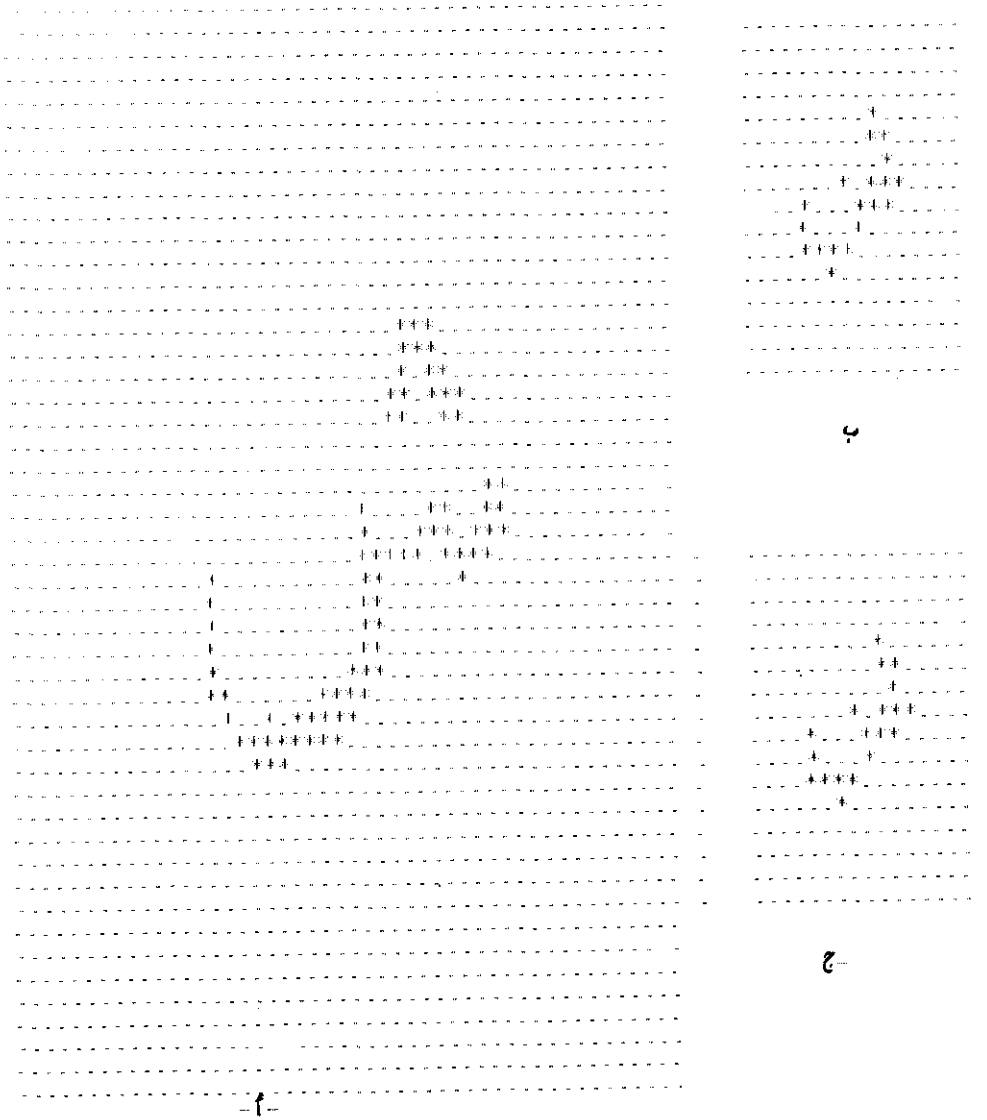
اعتماداً على التجارب) لكي يتم تحديد قيمة النقطة التي يجب تعويضها في المصفوفة الجديدة (المصغرة)، حيث كل شبكة (3x3) في مصفوفة النمط نقلت إلى نقطة مفردة بعد مقارنة المجموع الجبري لمحتواها (أي مجموع الـ 's' «النقاط السوداء») مع القيمة الحدية فإذا كان المجموع الجبري لتلك النقاط أكبر أو يساوي القيمة الحدية فتكون النقطة في المصفوفة الجديدة المقابلة للشبكة هي (1) (جسم object) وإذا كانت أصغر فتقل على أنها (0) (خلفية background) الناتج لهذه العملية هو مصفوفة (16x16). إن سبب اختيار القيمة الحدية 2 (threshold value) هو نتيجة التجربة على البيانات التعليمية حيث وجد أنها مناسبة لا تقطع الحرف أو تحذف النقاط الموجودة في الكثير من الحروف. فالقيمة الحدية 2 هي أفضل من 4 أو 3 لأن 4 تعمل على قطع النمط أو تهمل نقاطه و 3 تحذف النقاط من الأنماط مثل (ث، ت)، (ز، ر)، (ذ، د)، (خ، ح، ج) والتي تؤدي إلى خطأ في التصنيف.

عرض الخطئة والذي يمكن اعتباره معدل النقاط السوداء في النمط يعتمد على القيمة الحدية فالقيمة العالية تعطي نمط أنحف والقيمة المنخفضة تعطي نمط أسمك. وعليه فإن هذه الخوارزمية تنجز تطبيع الحجم وعرض الخطئة بتزامن.

تمت مركزة الحرف قبل وبعد عملية تصغير الحجم للسيطرة على موقع الحرف وذلك بمطابقة مركز الحرف (centroid) مع مركز حيز الحرف أي الموقع (24.5, 24.5) للمصفوفة (48x48) ثم (8.5, 8.5) للمصفوفة المصغرة (16x16).

الشكل ٢ يوضح تأثير عمليات المعالجة الأولية على الحرف العربي المطبوع ش. بعد الانتهاء من عمليات المعالجة الأولية، تم استخدام إحدى تقنيات التحويل الرياضي وهو تحويل فوريير السريع ثنائي الأبعاد حيث نفذ برنامج (2-D FFT) وحسبت معاملات فوريير لمصفوفة الأنماط الرقمية المصغرة ذات الأبعاد (16x16) [١٢] حيث طبق روتين (1-D FFT) [١٥] على الصفوف لمصفوفة النمط (16x16) ثم طبق على أعمدة المصفوفة الناتجة، أي استخدام أسلوب صف عمود (row-column decomposition) [١٦].

لكل مصفوفة (16x16) ينتج ٥١٢ معامل فوريير، ٢٥٦ معامل حقيقي و ٢٥٦ معامل خيالي ونظراً لتوفر الخصائص الدورية في العامل الآسي لمعامل فوريير والذي يؤدي



شكل ٢ . تأثير المعالجة الأولية على الحرف المطبوع (ش)

أ) مصفوفة النمط الرقمية ذات الأبعاد (48x48).

ب) تصغير المصفوفة إلى الأبعاد (16x16) بخوارزمية تطبيع الحجم.

ج) تمركز الحرف في حيز المصفوفة الرقمية حسب مركز جاذبية الحرف بخوارزمية التمرکز.



إلى تناظر في معاملات فورير [١٧] لذلك حذفت المعاملات المتناظرة والتي تقلل المعاملات المختارة في مرحلة استخلاص الصفات. بعد الحذف بقي ٢٥٦ معامل. هذه المعاملات لها خصائص بكونها تحتوي معاملات تعتمد على الحجم، الاتجاه الزاوي، الموقع وطور الزاوية الاختياري [٧].

المخطط الانسيابي وقائمة البرامج لعمليات المعالجة الأولية ولخوارزمية (2-D FFT) متوفرة في مصدر [١٢].

لغرض تشخيص الصفات المميزة للحروف العربية كرر تنفيذ البرنامج لثلاثين نموذجا تعليميا لكل حرف. لتمييز المعاملات المتكافئة بين هذه المعاملات، تم حساب المعدلات (means) لمعاملات فورير، الانحراف المعياري (standard deviation) ومعامل الاختلاف (coefficient of variation) لكل صنف (٦٢ صنف).

في بادئ الأمر اختير أصغر ١٢٨ قيمة من ٢٥٦ لقيم معامل الاختلاف (كقيم مطلقة) وكررت هذه العملية على كل الأصناف ثم انتقيت من العناصر الـ (١٢٨) العناصر المشتركة بالموقع في جميع أو أغلب الحروف (٦٢) ووجد أنها ٢٨ عنصرا، ومعاملات فورير للمعدلات المتناظرة لها بالموقع اعتبرت أكفأ المعاملات والتي تعطي خصائص تميز النمط أكثر من غيرها. ويمكن عمل هذا بوضع عناصر معاملات الاختلاف الـ ٥١٢ عنصر لـ ٦٢ صنف في مصفوفة ذات أبعاد (٦٢، ٥١٢) واختيار أصغر ١٢٨ عنصرا من كل عمود من الأعمدة الممثلة بالأصناف وتأشيرها ثم نعمل على اختيار الصفوف التي تكون كل أو أغلب عناصرها مؤشرة والتي تبين أنها ٢٨ صف وأخذ في الاعتبار الصفوف المتكافئة.

معاملات فورير الـ ٢٨ المختارة تمثل معدلات مستنبطة من ثلاثين نموذجا والتي كان معامل الاختلاف (الانحراف المعياري/المعدل) لها صغيرا نسبيا، والنهاية الحدية لقيمة معامل الاختلاف تختلف من حرف لآخر فكان على سبيل المثال أعلى قيمة حدية مطلقة لحرف (ت) هي ١٠,٩١ وأقل قيمة هي ٠,١١ من بين الـ ٢٨ معامل التالية:

٠٠,١٢ — ٠٠,١٣ ، ٠٠,٦٦ — ٠٠,١١ ، ٠٠,١٣ — ٠٠,١٣ ، ٠٠,٢٧ — ٠١,١٢  
 ٠٠,٨٩ — ٠٠,١٩ ، ٠٠,٥٩ — ٠٠,٢١ ، ٠٠,٤٥ — ٠٠,٩٥ ، ٠٠,٣٧ — ٠٠,٩٩ ، ٠٠,٥٧ — ٠٠,١٤ ، ٠١,٢٧ ، ٠١,٠٧  
 ٠٠,٣٣ — ٠٠,٣٤ ، ٠٠,٣٥ — ٠١,٧٩ — ٠١,٩١ ، ٠١,٢٢ ، ٠٠,٧٨ — ٠٠,٨٠ — ٠٠,٥٤ — ١,٠٩

وجد أن الـ ٢٨ معامل المختارة من معاملات FFT تقع في المواقع التالية في المصفوفتين الحقيقية والخيالية ذات الأبعاد (16x16).

المعاملات الحقيقية هي:

(1,1), (1,2), (1,3), (2,1), (2,2), (2,3), (2,5), (3,2), (3,4), (4,1),  
 (4,2), (4,3), (5,1), (15,4), (16,2), (16,3), (16,4)

المعاملات الخيالية هي:

(1,2), (1,3), (2,2), (2,3), (2,4), (14,3), (15,3), (15,4), (15,5),  
 (16,3), (16,4).

وهذه الأماكن تكون متماثلة لجميع الحروف وكما يتضح في المثالين المعطيين في ملحق رقم (١) لحرفي خ، ت والتي استخدمت في مرحلة استخلاص الصفات، ومن الملحق يتضح أيضا التناظر الموجود في معاملات فورير ومواقع المعاملات المتكافئة التي تم اختيارها.

وقد تم التأكد من صحة مواقع هذه المعاملات وذلك بأخذ نموذج واحد لكل حرف وإجراء عملية المعالجة الأولية عليه ثم تنفيذ برنامج 2-D FFT وتعيين مواقع المعاملات المتكافئة المختارة ووضعها في مصفوفة ثم اختبرت بواسطتها النماذج نفسها فأعطت نسبة تمييز ١٠٠٪ وهذا يدل على أن هذه الـ ٢٨ معامل قادرة على تمييز الحرف الذي أخذت منه هذه المعاملات.

خزنت المعاملات الـ ٢٨ الخاصة بكل حرف والتي تمثل عناصر متجه الصفات (feature vector) في مصفوفة سميت بمصفوفة الصفات (62, 28) PX والموجودة في ملحق رقم (٢).

## ٣ - التمييز

إن أسلوب التمييز المستخدم هو دوال أقل مسافة (minimum distance functions) وهي من أكثر خوارزميات تصنيف الأنماط شيوعاً لبساطتها وعدم حاجتها لوقت حساب عالي. حسبت دوال الأقل مسافة بين النمط المجهول والأصناف (أ، ا، ب، . . .) أي المسافة بين متجه صفات النمط المجهول والذي يتكون من (٢٨) معامل متكافئ، مختارة من معاملات فورير ومتجهات الصفات لـ (٦٢) صنف (وهي ناتجة من قيم معدلات معاملات فورير لـ «٣٠» نموذجاً تعليمياً لكل صنف) والتي مثلت بمصفوفة الصفات PX (62, 28).

تعين المسافة الأقل الصنف الذي ينتمي إليه الحرف المجهول، فالمسافة الإقليدية هي مقياس للتشابه، فالمسافة الأصغر تعني التشابه الأكبر.

تم حساب المسافة بالصيغة التالية:

$$\text{distance (K)} = \sqrt{\sum_{M=1}^{28} [X(M) - PX(K, M)]^2}$$

عندما يكون:

X(M): متجه الصفات للحرف المجهول.

PX(K, M): مصفوفة متجه الصفات للأصناف (أ، ا، ب، . . .).

K: مؤشر الصنف.

M: مؤشر متجه الصفة.

## ٤ - نتائج التجربة والمناقشة

الأداء للخوارزمية الموصوفة باستخدام 2-D FFT ودالة أقل مسافة لتمييز الحروف العربية المطبوعة باستخدام طابعة أوليفتي (Olivetti Editor 4) أعطى نسبة تمييز صحيح



الشكل ٣ يبين الحروف العربية المطبوعة والتي ميزت بصورة خاطئة (٣٦ نموذج). سبب الخطأ يعود بصورة كبيرة إلى الماسح البصري (optical scanner) والذي يجعل النماذج التي على حدود الصفحة (sheet) أكثر سوادا (أو سمكا) من النماذج الأخرى. أغلب الأخطاء (misclassification) كانت نتيجة حذف نقطة الحرف أو بسبب الضوضاء الذي يجعل الحرف أكثر سوادا من البقية وبغيره ليجعله شبيه بحرف آخر مثل م، ع أو ق، ف أو ذ، د. لتجنب الخطأ بالتصنيف، يمكن استخدام ماسح بصري أفضل والذي يؤدي إلى تحسين أداء المنظومة.

معدل الزمن المطلوب لتنفيذ خوارزمية تحويل فوريير السريع باستخدام الحاسبة (Mini-6) هو ٢٥ ثانية وهو يعتبر بطيئا بالنسبة للتطبيقات العملية.

#### ٥ - الاستنتاجات

- ١) استخدام منظومة إدخال لها درجات رمادية متعددة (multi-gray level) سوف يحسن نوعية الصورة الداخلة، ولكن هذا سوف يتطلب خزن ووقت معالجة أكبر.
- ٢) لم نحتاج إلى خوارزمية للتخفيف (thinning) أو خوارزمية لمعالجة الايصالية (connectivity) لأن القيمة الحدية (threshold value) المستعملة في التصغير تعين سمك النمط، فالقيمة الحدية العالية تعطي نمط أنحف والقيمة المنخفضة تعطي نمط أسمك.
- ٣) وجد أن عملية تمرکز الحرف الداخل قبل وبعد عملية التصغير تعطي نسبة تمييز أكثر كفاءة.
- ٤) وجد أن الـ ٢٨ معامل لفوريير تمثل متجه الصفات الأمثل، ومن الملاحظات المثيرة للانتباه هو متجه الصفات نفسه المستخدم لتمييز الأرقام [١٢] والتي تم التوصل إليها بطريقة مشابهة وظهرت أنها متطابقة.
- ٥) نسبة التمييز الصحيح للحروف المطبوعة أعلى من نسبة تمييز الأرقام المكتوبة باليد وذلك لكون الأنماط المكتوبة باليد تتأثر بأسلوب الكتابة المختلفة والميلان ودرجة الانحراف والحجم ووسط وأداة الكتابة، أما المطبوعة بالطابعة فأغلب هذه

العوامل تكون غير موجودة وخاصة عند استعمال نوع معين من الطابعات تؤخذ منه العينات التعليمية والاختبارية .

- (٦) إن الزمن المتطلب لحساب (2-D FFT) ثابت لأي حرف (٢٥ حرف) ويعتبر بطيئاً نسبة إلى التطبيقات العملية، ويمكن تقليله بتطبيق (1-D FFT) على خارطة الأعمدة (histogram) للنمط. في التطبيقات العملية، استخدام دوائر الكترونية متخصصة لحساب المعاملات سوف يقلل الوقت.
- (٧) يمكن استخدام هذا المنهج لتمييز الحروف العربية المكتوبة باليد.

### المراجع References

- [ ١ ] Suen, C.Y.; Berthod, and Mori, S. "Automatic Recognition of Handprinted Character - The State of the Art." *Proceeding of the IEEF*, 68, No. 4 (1980).
- [ ٢ ] Nouh, A.; Sultan, A. and Tolba, R. "An Approach for Arabic Characters Recognition". *J. Eng. Sci., College of Eng., Univ. of Riyadh*, 6, No. 2 (1980), 185-191.
- [ ٣ ] Amin, A.; Kaced, A.; Haton, J. and Mohr, R. "Handwritten Arabic Character Recognition by I.R.A.C. System". *Fifth International Conference on Pattern Recognition*, Florida (1980).
- [ ٤ ] Al-Tikrity, M.N. and Bansal, V.S. "Theory of Orthogonal Triangular Functions and its Application". *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.*, 15, No. 6 (1984), 767-779.
- [ ٥ ] Murad, A.H. "Arabic Character Recongnition Using Microprocessor". *M. Sc. Thesis* (In Arabic), Control and System Eng. Dept., U.O.T. Baghdad, 1983.
- [ ٦ ] Yacu, S.G.A. "Design and Implementation of English Reading Machine for the Blind and Arabic Character Recognition". *M.Sc. Thesis*, College of Engineering, University of Baghdad, 1985.
- [ ٧ ] Granlund, G.H. "Fourier Preprocessing for Handprinted Character Recongnition". *IEEE Transaction on Computer*, Feb. (1972), 256-262.
- [ ٨ ] Fleming, J.F. and Hemmings, R.F. "A Method of Recognition for Handwritten Block Capitals". *Pattern Recognition letters*, 1, Nos. 5,6 (1983), 457-464.
- [ ٩ ] Mantas, J. and Heaton, A.G. "Handwritten Character Recognition by Parallel Labelling and Shape Analysis". *Pattern Recognition letters*, 1, Nos. 5,6 (1983), 465-468.
- [ ١٠ ] Yamashita, Y., Higuchi, K.; Yamada, Y. and Haga, Y. "Classification of Handprinted Kanji Characters by the Structured Segment Matching Method". *Pattern Recognition Letters*, 1, Nos. 5,6 (1983), 475-479.
- [ ١١ ] Kobayashi, K.; Yoda, F.; Yamamoto, K. and Nambu, H. "Recognition of Handprinted Kanji Characters by the Stroke Matching Method". *Pattern Recongnition Letters*, 1, Nos. 5,6 (1983), 481-488.

- Al-Quisi, Iman K.S. "Recognition of Handwritten Arabic Numerals by using Fast Fourier Transform". *M.Sc. Thesis* (In Arabic), National Computer Center Baghdad, Iraq; Feb. 1987. [١٢]
- Al-Quisi, Iman K.S. "Recognition of Handwritten Arabic Numerals by using Fast Fourier Transform". *Journal of Electronic and Computers Research*, Electronics and Computers Center, Scientific Research Council, Baghdad, Iraq; 2, No. 1 (1988), 1-11. [١٣]
- Al-Quisi, Iman K.S. "Recognition of Handwritten Arabic Numerals using Maximum likelihood Functions". *First Kuwait Computer Conference*, Kuwait, March (1989). [١٤]
- Rabiner, L. R. and Gold, B. *Theory and Application of Digital Signal Processing*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1975. [١٥]
- Speake, T.C. and Mersereau, R.M. "Evaluation of Two Dimensional Discrete Fourier Transforms Via Generalized FFT Algorithms". *IEEE* (1981), 10006-1009. [١٦]
- Rosenfeld, A. and Kak, A.C. *Digital Picture Processing*. New York: Academic Press, 1976. [١٧]
- Tou, J.T. and Gonzalez, R.C. *Pattern Recognition Principles*. London: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1974. [١٨]





Real Fourier's coefficients for the character (  $\xi$  )

								10	10										
	17.00	-15.22	10.66	-5.23	1.00	0.89	-0.66	-0.44	1.00	-0.44	-0.66	0.89	1.00	-5.23	10.66	-15.22			
1	-10.85	9.51	-6.41	2.94	-0.38	-0.69	0.62	-0.32	0.62	-1.63	2.70	-2.76	1.03	2.40	-6.49	9.73	2		
	-0.71	0.40	-0.29	0.40	-0.71	1.17	-1.71	2.25	-2.71	3.01	-3.12	3.01	-2.71	2.25	-1.71	1.17		3	
	6.33	-4.40	1.92	-0.06	-0.49	-0.22	1.42	-2.17	1.92	-0.87	-0.19	0.32	0.92	-3.21	5.54	-6.79		4	
	-4.00	1.85	0.59	-2.06	2.00	-0.77	-0.59	0.98	0.00	-1.85	3.41	-3.59	2.00	0.77	-3.41	4.68		5	
	0.15	0.76	-1.54	1.63	-0.92	-0.19	1.02	-1.02	0.08	1.37	-2.59	2.97	-2.34	1.09	0.08	-0.55		6	
	0.71	-0.25	-0.29	0.83	-1.29	1.60	-1.71	1.60	-1.29	0.83	-0.29	-0.25	0.71	-1.01	1.12	-1.01		7	
	0.37	-1.09	1.66	-1.90	1.80	-1.52	1.30	-1.26	1.38	-1.49	1.38	-0.98	0.38	0.17	-0.42	0.22		8	
	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00		9	
	0.37	0.22	-0.42	0.17	0.38	-0.98	1.38	-1.49	1.38	-1.26	1.30	-1.52	1.80	-1.90	1.66	-1.09			
	0.71	-1.01	1.12	-1.01	0.71	-0.25	-0.29	0.83	-1.29	1.60	-1.71	1.60	-1.29	0.83	-0.29	-0.25			
	0.15	-0.55	0.08	1.09	-2.34	2.97	-2.59	1.37	0.08	-1.02	1.02	-0.19	-0.92	1.63	-1.54	0.76			
	-4.00	4.68	-3.41	0.77	2.00	-3.59	3.41	-1.85	0.00	0.98	-0.59	-0.77	2.00	-2.06	0.59	1.85			
	6.33	-6.79	5.54	-3.21	0.92	0.32	-0.19	-0.87	1.92	-2.17	1.42	-0.22	-0.49	-0.06	1.92	-4.40			
	-0.71	1.17	-1.71	2.25	-2.71	3.01	-3.12	3.01	-2.71	2.25	-1.71	1.17	-0.71	0.40	-0.29	0.40			
	-10.85	9.73	-6.49	2.40	1.03	-2.76	2.70	-1.63	0.62	-0.32	0.62	-0.69	-0.38	2.94	-6.41	9.51			

استخدام تقنية التحليل الرياضي في تمييز الحروف العربية المطبوعة المنفصلة

(٢-١) معاملات فوريير الحقيقية لحرف (خ) موضحة عليها التناظر في المعاملات.

Imaginary Fourier's coefficients for the character (خ)

	0.00	-1.53	2.83	-3.70	4.00	-3.70	2.83	-1.53	0.00	1.53	-2.83	3.70	-4.00	3.70	-2.83	1.53
1	1.77	0.86	-4.34	7.24	-8.37	7.35	-4.87	2.20	-0.51	0.24	-0.92	1.55	-1.26	-0.09	1.77	-2.63
	-2.12	-0.83	4.54	-7.19	7.54	-5.51	2.29	0.40	-1.29	0.25	1.71	-3.05	2.71	-0.73	-1.71	3.01
	-0.15	1.94	-3.73	4.48	-3.64	1.50	0.97	-2.63	2.80	-1.59	-0.15	1.40	-1.53	0.68	0.38	-0.72
	3.00	-2.85	2.41	-1.77	1.00	-0.23	-0.41	0.85	-1.00	0.85	-0.41	-0.23	1.00	-1.77	2.41	-2.85
	-2.15	0.78	0.38	-0.74	0.13	1.06	-2.15	2.52	-2.03	1.04	-0.20	0.09	-0.82	1.98	-2.90	2.99
	-2.12	3.27	-3.71	3.01	-1.29	-0.83	2.54	-3.19	2.71	-1.51	0.29	0.40	-0.46	0.25	-0.29	0.95
	3.77	-4.05	3.77	-2.89	1.57	-0.17	-0.92	1.44	-1.34	0.78	-0.04	-0.68	1.29	-1.87	2.49	-3.17
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	-3.77	3.17	-2.49	1.87	-1.29	0.68	0.04	-0.78	1.34	-1.44	0.92	0.17	-1.57	2.89	-3.77	4.05
	2.12	-0.95	0.29	-0.25	0.46	-0.40	-0.29	1.51	-2.71	3.19	-2.54	0.83	1.29	-3.01	3.71	-3.27
	2.15	-2.99	2.90	-1.98	0.82	-0.09	0.20	-1.04	2.03	-2.52	2.15	-1.06	-0.13	0.74	-0.38	-0.78
	-3.00	2.85	-2.41	1.77	-1.00	0.23	0.41	-0.85	1.00	-0.85	0.41	0.23	-1.00	1.77	-2.41	2.85
	0.15	0.72	-0.38	-0.68	1.53	-1.40	0.15	1.59	-2.80	2.63	-0.97	-1.50	3.64	-4.48	3.73	-1.94
	2.12	-3.01	1.71	0.73	-2.71	3.05	-1.71	-0.25	1.29	-0.40	-2.29	5.51	-7.54	7.19	-4.54	0.83
	-1.77	2.63	-1.77	0.09	1.26	-1.55	0.92	-0.24	0.51	-2.20	4.87	-7.35	8.37	-7.24	4.34	-0.86

The chosen efficient elements coeff.s for FFT coeff.s

17.00 -15.22 10.66 -10.85 9.51 -6.41 -0.38 0.40 0.40 6.33 -4.40 1.92 -4.00 2.25

9.73 -6.49 2.40 -1.53 2.83 0.86 -4.34 7.24 -0.38 1.71 0.73 -2.71 -1.77 0.09

المعاملات المتكافئة المختارة من معاملات فوريير.

(١-٣) معاملات فوريير الخيالية لحرف (خ) موضحة عليها التناظر في المعاملات.

مجموعه الامتحان



Real Fourier's coefficients for the character  $\chi^1$  (ت)

<u>12.00</u>	<u>-9.29</u>	<u>3.41</u>	1.15	-2.00	0.51	0.59	-0.37	0.00	-0.37	0.59	0.51	-2.00	1.15	3.41	-9.29
<u>-10.81</u>	<u>7.75</u>	<u>-2.07</u>	-2.07	<u>2.85</u>	-1.72	0.89	-0.69	0.00	1.39	-1.96	0.54	1.43	-0.89	-3.39	8.75
<u>7.66</u>	<u>-4.72</u>	0.00	<u>3.07</u>	-3.41	2.54	-2.00	1.51	0.00	-2.11	2.83	-1.07	-1.41	1.46	2.00	-6.33
<u>-3.65</u>	<u>1.31</u>	<u>1.87</u>	-3.45	3.18	-2.54	2.39	-1.87	0.00	2.39	-3.07	1.07	1.77	-2.45	0.11	2.96
<u>0.00</u>	<u>1.43</u>	-2.83	2.85	-2.00	1.65	-2.00	1.77	0.00	-2.26	2.83	-0.85	-2.00	3.18	-2.00	0.23
<u>2.48</u>	-2.96	2.72	-1.46	0.23	-0.20	1.07	-1.31	0.00	1.87	-2.39	0.80	1.65	-3.07	2.96	-2.39
-3.66	3.39	-2.00	-0.04	1.41	-1.21	0.00	0.69	0.00	-1.39	2.00	-1.13	-0.59	2.04	-2.83	3.31
3.98	-3.31	1.39	0.89	-2.26	2.07	-0.87	-0.09	0.00	0.91	-1.72	1.72	-0.85	-0.54	2.07	-3.39
-4.00	3.26	-1.41	-0.65	2.00	-2.18	1.41	-0.43	0.00	-0.43	1.41	-2.18	2.00	-0.65	-1.41	3.26
3.98	-3.39	2.07	-0.54	-0.85	1.72	-1.72	0.91	0.00	-0.09	-0.87	2.07	-2.26	0.89	1.39	-3.31
-3.66	3.31	-2.83	2.04	-0.59	-1.13	2.00	-1.39	0.00	0.69	0.00	-1.21	1.41	-0.04	-2.00	3.39
<u>2.48</u>	-2.39	2.96	-3.07	1.65	0.80	-2.39	1.87	0.00	-1.31	1.07	-0.20	0.23	-1.46	2.72	-2.96
0.00	0.23	-2.00	3.18	-2.00	-0.85	2.83	-2.26	0.00	1.77	-2.00	1.65	-2.00	2.85	-2.83	1.43
-3.65	2.96	0.11	-2.45	1.77	1.07	-3.07	2.39	0.00	-1.87	2.39	-2.54	3.18	-3.45	1.87	1.31
<u>7.66</u>	-6.33	2.00	<u>1.46</u>	-1.41	-1.07	2.83	-2.11	0.00	1.51	-2.00	2.54	-3.41	3.07	0.00	-4.72
<u>-10.81</u>	<u>8.75</u>	<u>-3.39</u>	<u>-0.89</u>	1.43	0.54	-1.96	1.39	0.00	-0.69	0.89	-1.72	2.85	-2.07	-2.07	7.75

(١ - ٥) معاملات فوريير الحقيقية لحرف ال (ت)

**Imagniry Fourier's coefficients for character (ت)**

0.00	<u>-1.20</u>	<u>0.83</u>	0.33	0.00	-2.50	4.83	-4.03	0.00	4.03	-4.83	2.50	0.00	-0.33	-0.83	1.20
-0.65	<u>1.54</u>	<u>-0.87</u>	<u>-0.22</u>	-0.41	2.96	-4.80	3.37	0.77	-4.15	4.07	-1.31	-1.00	0.96	0.31	-0.54
0.59	-0.97	0.00	0.96	0.00	-2.54	4.00	-2.31	-1.41	3.80	-2.83	-0.13	2.00	-1.46	0.00	0.31
0.43	-0.54	1.66	-2.31	1.00	1.52	-2.72	1.11	1.85	-3.15	1.54	1.22	-2.41	1.31	0.39	-0.89
-2.00	2.41	-3.41	3.61	-2.00	-0.41	1.41	-0.08	-2.00	2.41	-0.59	-1.61	2.00	-0.41	-1.41	2.08
3.26	-3.72	4.39	-4.13	2.41	-0.31	-0.46	-0.54	1.85	-1.72	0.11	1.31	-1.00	-0.78	2.49	-3.15
-3.41	3.72	-4.00	3.49	-2.00	0.46	0.00	0.69	-1.41	1.11	0.00	-0.66	0.00	1.54	-2.83	3.31
2.18	-2.29	2.31	-1.87	1.00	-0.22	0.07	-0.46	0.77	-0.54	0.03	0.13	0.41	-1.31	1.96	-2.15
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-2.18	2.15	-1.96	1.31	-0.41	-0.13	-0.03	0.54	-0.77	0.46	-0.07	0.22	-1.00	1.87	-2.31	2.29
3.41	-3.31	2.83	-1.54	0.00	0.66	0.00	-1.11	1.41	-0.69	0.00	-0.46	2.00	-3.49	4.00	-3.72
-3.26	3.15	-2.49	0.78	1.00	-1.31	-0.11	1.72	-1.85	0.54	0.46	0.31	-2.41	4.13	-4.39	3.72
2.00	-2.08	1.41	0.41	-2.00	1.61	0.59	-2.41	2.00	0.08	-1.41	0.41	2.00	-3.61	3.41	-2.41
-0.43	0.89	<u>-0.39</u>	-1.31	2.41	-1.22	-1.54	3.15	-1.85	-1.11	2.72	-1.52	-1.00	2.31	-1.66	0.54
-0.59	-0.31	<u>0.00</u>	<u>1.46</u>	<u>-2.00</u>	0.13	2.83	-3.80	1.41	2.31	-4.00	2.54	0.00	-0.96	0.00	0.97
0.65	0.54	<u>-0.31</u>	<u>-0.96</u>	<u>1.00</u>	1.31	-4.07	4.15	-0.77	-3.37	4.80	-2.96	0.41	0.22	0.87	-1.54

**The chosen efficient elements coeff.s from FFT coeff.s**

12.00	-9.29	3.41	-10.81	7.75	-2.07	2.85	-4.72	3.07	-3.65	1.31	1.87	0.00	1.46
8.75	-3.39	-0.89	-1.20	0.83	1.54	-0.87	-0.22	-0.39	0.00	1.46	-2.00	-0.31	-0.96

المعاملات المتكافئة المختارة من معاملات فوريير.

(١ - ٦) معاملات فوريير الخيالية لحرف ال (ت)

1)	آ	15.00	-13.88	10.95	-11.30	9.67	-7.11	-3.01	-1.92	-0.38	2.39	-3.34	3.26	-3.00	-2.80
		11.21	-9.29	6.19	-4.09	6.95	2.92	-4.26	4.10	1.77	2.12	-3.34	3.41	-6.11	7.49
2)	ا	11.50	-11.04	9.74	-9.10	8.39	-7.08	-3.53	-3.36	-2.06	0.68	-0.49	0.25	-2.00	-3.36
		9.10	-8.39	7.08	-2.30	4.24	3.09	-4.40	5.10	-0.06	0.35	-0.95	1.35	-2.17	3.47
3)	ب	9.00	-6.98	3.26	-8.36	5.95	-2.19	-0.83	-4.16	0.41	-4.51	2.21	0.65	2.50	-1.17
		6.84	-3.46	1.73	-4.12	4.89	4.64	-4.91	3.02	-2.42	3.21	-1.86	1.06	-4.18	2.84
4)	ب	13.00	-8.71	0.85	-11.71	7.58	-1.76	-0.63	-5.18	-2.23	-4.86	2.63	-2.14	2.50	5.41
		8.13	0.14	-4.83	-2.93	1.18	2.65	1.08	-4.48	-3.69	4.12	-2.27	0.14	-3.20	0.47
5)	ت	10.50	-8.99	5.62	-9.42	8.04	-4.67	-0.37	-5.83	-0.63	-3.07	3.35	-2.15	0.00	-3.23
		8.10	-5.45	3.39	-3.49	4.83	4.04	-5.32	4.10	0.97	0.85	-0.36	0.35	-3.07	2.37
6)	ث	12.17	-8.43	1.79	-11.07	7.14	-0.91	1.11	-4.70	1.90	-4.44	2.07	0.92	1.03	0.90
		7.99	-1.85	-0.77	-3.66	2.56	3.77	-2.25	-0.79	-0.11	0.91	1.64	-1.43	-1.94	-0.97
7)	ج	10.50	-9.15	5.97	-8.89	7.83	-4.98	-0.29	-4.80	-1.45	-1.02	1.84	-1.96	-1.50	-2.15
		7.68	-5.20	3.01	-3.76	5.68	3.83	-5.56	5.10	0.78	1.06	-0.46	0.00	-3.71	3.30
8)	ح	13.00	-9.44	2.91	-11.60	8.02	-1.50	1.66	-5.20	2.90	-4.23	2.39	1.40	1.00	-0.02
		8.43	-2.77	0.54	-3.26	2.32	3.57	-2.66	0.05	0.80	-0.50	3.24	-2.41	-0.84	-1.74
9)	د	12.00	-9.23	4.18	-11.21	8.38	-3.66	-1.54	-6.44	-1.41	-6.66	4.11	-0.81	4.50	-0.62
		8.73	-3.86	1.00	-4.65	4.97	4.76	-4.48	1.82	-0.89	2.91	-1.20	0.56	-4.44	2.50
10)	ذ	16.50	-12.33	3.71	-12.36	7.68	-0.97	0.46	-1.69	0.88	2.04	-0.68	-0.14	-2.00	1.47
		10.59	-4.05	-1.35	-8.02	9.45	6.23	-5.74	1.20	-2.20	4.47	-2.42	-0.06	-8.15	4.69
11)	ر	12.00	-8.58	2.41	-11.58	8.74	-2.74	0.34	-8.23	0.39	-8.60	7.11	-2.47	6.50	0.35
		7.76	-1.82	-0.41	-3.93	3.12	4.21	-3.82	0.76	0.91	0.56	2.48	-2.06	-1.97	-1.27
12)	ز	15.00	-12.93	7.66	-10.90	7.91	-3.01	4.15	0.00	4.72	3.23	-4.38	5.32	-3.00	-0.43
		10.60	-7.17	2.25	-2.89	4.41	3.55	-4.21	3.26	-3.01	2.00	-1.77	1.00	-2.71	3.01
13)	ح	12.50	-10.19	5.27	-10.97	9.16	-4.40	0.38	-6.70	0.94	-5.05	5.02	-2.11	4.00	0.90
		8.39	-3.85	0.98	-2.77	2.97	4.44	-4.90	2.93	1.46	-1.50	3.51	-3.76	-0.12	-1.86
14)	ط	16.00	-12.99	6.33	-10.52	6.33	-0.36	3.07	2.00	5.29	3.72	-4.72	4.80	-4.50	1.17
		9.90	-5.45	0.91	-5.09	6.33	6.56	-6.14	2.82	-1.84	2.06	-0.97	-0.65	-3.05	1.53
15)	ق	12.00	-8.55	2.62	-11.58	8.57	-2.74	-0.42	-7.93	-0.33	-8.60	6.73	-2.09	6.50	0.27
		7.89	-2.20	-0.06	-3.48	2.21	4.40	-2.97	-0.58	0.45	0.35	1.36	-0.64	-1.28	-1.09
16)	ك	12.50	-10.73	6.68	-10.07	8.59	-4.84	0.61	-4.63	-0.09	-0.68	2.02	-1.77	-0.50	-1.88
		8.62	-5.71	3.40	-4.03	5.68	4.10	-5.58	4.45	0.58	0.35	0.94	-1.20	-3.08	2.14
17)	ل	9.00	-7.64	4.62	-8.18	7.27	-4.29	0.23	-5.83	-0.43	-3.35	4.01	-2.58	1.00	-1.82
		6.57	-3.98	2.31	-3.51	5.04	4.19	-6.09	5.57	0.53	1.00	-0.07	-0.21	-3.08	2.31
18)	م	11.00	-10.15	7.97	-8.43	8.60	-7.27	-2.82	-4.26	-3.53	1.29	0.78	-2.31	-2.00	0.73
		6.93	-4.86	3.17	-2.37	3.76	2.08	-3.86	4.53	0.11	-0.14	1.99	-3.41	-1.54	0.57
19)	ن	13.00	-8.66	2.26	-12.43	8.85	-2.62	-0.66	-8.12	-0.63	-8.75	6.69	-1.74	6.50	-0.19
		7.57	-1.47	0.40	-3.86	1.35	5.30	-2.89	-1.01	1.84	-1.20	2.97	-0.85	0.11	-2.71
20)	هـ	16.00	-10.48	1.56	-13.85	12.45	-5.29	-1.46	-10.72	-4.09	-1.91	6.22	-6.49	-3.00	1.22
		5.61	2.41	-1.65	-2.96	0.35	4.09	-1.57	-1.99	1.03	-1.06	2.90	0.00	0.62	-3.01
21)	و	13.50	-10.33	5.83	-11.72	9.62	-4.53	-1.61	-7.19	-0.10	-3.53	5.13	-1.74	1.00	-3.18
		8.01	-4.88	4.88	-4.02	2.91	5.08	-4.81	2.14	2.02	-2.06	2.93	-1.85	0.10	-1.45

## الحرف التسلسل

22)	ش	18.50	-13.43	5.59	-14.41	14.00	-7.73	-5.04	-8.76	-2.78	-1.15	3.53	-1.99	1.00	0.09
		6.57	-0.39	1.05	-3.41	0.06	4.47	-3.77	0.23	2.56	-4.41	3.04	3.18	3.84	-5.35
23)	ص	12.00	-8.55	2.62	-11.58	8.57	-2.74	-0.42	-7.93	-0.33	-8.60	6.73	-2.09	6.50	0.27
		7.89	-2.20	-0.06	-3.48	2.21	4.40	-2.97	-0.58	0.45	0.35	1.36	-0.64	-1.28	-1.09
24)	ي	19.00	-12.23	2.56	-15.99	14.20	-6.35	-0.79	-11.17	-4.63	-0.84	5.10	-5.41	-4.00	0.39
		6.18	1.86	-0.75	-4.69	1.06	6.19	-3.55	-0.37	2.79	-2.56	2.67	0.71	1.26	-2.80
25)	ع	13.00	-9.58	3.41	-12.00	9.58	-3.86	-0.77	-8.42	-0.35	-7.99	7.44	-3.32	7.00	2.72
		7.75	-1.47	-0.90	-2.14	0.41	3.55	-2.01	-1.00	0.60	-0.41	3.72	-2.41	1.14	-3.78
26)	ى	15.00	-10.29	2.41	-12.93	12.56	-6.57	-2.60	-11.00	-5.51	-1.53	6.57	-6.88	-3.00	2.91
		5.03	2.41	-2.47	-2.00	0.00	2.25	-0.31	-2.31	0.31	0.00	1.71	0.00	0.00	-1.71
27)	ط	14.00	-11.21	5.39	-11.40	8.36	-2.65	2.32	-5.61	0.72	-3.81	5.04	-3.21	2.00	-2.81
		9.87	-6.22	3.27	-4.11	4.77	4.75	-4.36	1.11	1.42	-1.35	1.89	-0.70	-1.57	0.99
28)	ظ	20.50	-15.63	6.03	-16.32	12.46	-4.20	1.33	-6.45	0.28	1.56	1.58	-2.55	-4.50	-3.18
		12.75	-6.36	1.91	-6.71	6.83	5.36	-5.34	0.92	4.96	-1.70	1.30	0.50	-3.64	1.44
29)	م	11.00	-8.89	4.26	-10.21	8.31	-3.66	1.55	-6.73	1.03	-5.28	4.72	-1.85	2.50	-1.35
		8.15	-4.12	1.21	-5.04	6.89	5.38	-7.33	5.57	-1.52	3.41	-2.08	0.85	-5.40	3.93
30)	هـ	14.00	-10.36	3.62	-13.25	10.41	-4.06	-0.05	-9.23	-0.18	-8.59	7.27	-2.58	6.00	1.36
		9.02	-2.37	-0.60	-3.20	1.91	4.18	-3.56	0.54	1.60	-1.00	4.28	-3.62	-0.23	-3.16
31)	ح	18.00	-15.85	10.36	-11.34	9.54	-5.32	2.54	1.94	4.05	8.13	-7.95	7.17	-6.00	4.05
		9.90	-5.97	1.47	-3.27	5.12	3.64	-5.40	5.10	-1.71	0.71	1.17	-3.00	-2.14	1.34
32)	ع	16.50	-14.79	10.36	-11.98	10.79	-7.19	1.35	-2.36	0.98	4.65	-3.47	2.57	-5.00	1.38
		10.45	-7.03	3.24	-3.29	5.33	3.02	-5.76	6.81	-0.54	1.35	0.33	-2.06	-3.36	2.37
33)	غ	12.00	-11.25	9.24	-9.80	8.80	-6.66	-1.38	-4.55	-1.17	-1.65	1.98	-1.63	1.00	-3.32
		9.51	-8.20	6.41	-2.24	3.83	4.64	-5.79	5.89	0.78	-1.71	1.71	-1.71	-0.22	0.84
34)	ظ	14.50	-11.03	5.18	-13.01	10.09	-4.10	-1.31	-7.68	0.24	-6.24	5.59	-1.59	4.00	-2.09
		9.35	-4.33	3.27	-5.06	4.47	6.15	-5.97	2.49	0.46	0.00	2.82	-2.06	-1.88	-1.12
35)	ف	16.00	-12.52	5.12	-9.65	6.50	-0.02	3.64	1.55	5.02	6.66	-5.28	4.59	-7.00	1.17
		7.58	-3.40	1.25	-7.13	8.95	6.40	-7.20	3.01	2.63	-1.00	3.24	-3.12	-3.50	0.83
36)	ث	19.50	-15.30	5.97	-11.24	7.88	-0.35	6.68	0.22	4.18	4.25	-2.42	1.98	-3.50	1.52
		8.83	-3.99	1.17	-9.52	12.80	7.19	-8.93	4.64	2.97	-1.06	3.71	-3.62	-5.59	2.98
37)	ط	12.00	-10.23	6.18	-9.90	7.93	-3.80	1.62	-4.51	1.15	-2.19	2.92	-1.82	1.50	-2.54
		8.85	-6.11	3.69	-4.41	6.39	6.00	-7.40	5.89	0.42	0.00	0.46	-0.35	-2.92	2.68
38)	ي	20.50	-13.89	5.83	-17.29	13.64	-6.84	-3.74	-9.38	-4.12	-3.34	4.75	-3.23	0.00	-0.51
		8.97	-1.67	3.32	-5.39	0.50	5.17	-2.18	-0.93	2.64	-3.26	6.02	-1.56	2.12	-5.85
39)	ق	15.00	-13.70	10.30	-12.62	11.75	-8.91	-1.43	-6.84	-3.23	-0.94	1.67	-2.01	-2.50	-3.48
		11.36	-8.63	5.56	-3.10	4.97	1.92	-3.83	4.29	0.94	1.21	-0.10	-0.85	-3.71	3.19
40)	ق	20.00	-15.03	6.83	-14.75	12.95	-6.16	-4.84	-7.06	-0.83	-2.74	4.72	-2.06	1.50	2.05
		7.82	-0.82	1.14	-3.62	0.00	5.15	-3.16	-2.60	1.83	-3.26	7.23	-4.06	3.97	-8.87
41)	ى	13.00	-11.42	7.83	-10.08	10.52	-8.27	-3.01	-5.34	-3.03	2.36	-0.28	-0.72	-4.50	0.30
		7.14	-3.78	1.98	-3.10	4.12	3.89	-5.91	5.40	1.17	-0.35	1.45	-1.14	-1.43	0.09

الحرف التسلسل

42)	ك	{	16.50	-12.54	7.09	-13.99	13.74	-9.04	-1.56	-9.73	-3.45	-2.26	4.21	-3.24	-1.00	3.04	}
			9.04	-2.51	-1.30	-3.69	3.56	2.36	-3.74	1.18	-2.09	2.91	0.38	-1.35	-3.19	-0.62	}
43)	ل	{	13.00	-10.83	6.77	-10.12	9.84	-6.35	-2.22	-5.31	-1.21	2.05	0.74	-1.38	-4.00	-1.69	}
			6.88	-3.94	3.87	-4.48	5.39	4.25	-6.57	5.63	2.70	-1.56	3.00	-1.71	-1.70	-0.20	}
44)	ل	{	17.50	-12.98	6.18	-12.73	10.23	-3.39	-2.68	-4.62	1.17	0.63	2.02	-0.87	-1.00	-2.16	}
			7.57	-3.42	5.84	-7.54	7.01	8.97	-9.68	5.61	2.43	-3.62	5.77	-2.14	0.04	-2.78	}
45)	م	{	10.50	-8.65	4.62	-9.93	8.27	-4.32	-0.11	-7.07	-0.58	-6.25	5.42	-2.62	4.00	-1.12	}
			8.03	-4.27	1.49	-3.75	4.82	4.19	-5.25	3.44	-1.37	2.56	-1.12	-0.14	-3.82	2.29	}
46)	م	{	13.00	-11.33	7.10	-9.38	7.97	-4.76	1.37	-1.20	0.39	3.78	-3.58	2.74	-4.00	0.16	}
			8.32	-5.30	1.64	-4.93	7.89	5.52	-7.37	6.96	2.13	-0.35	-0.11	0.00	-4.20	4.60	}
47)	ن	{	11.00	-8.88	4.44	-10.03	8.37	-3.94	0.38	-6.57	0.85	-4.50	4.40	-1.52	2.00	-0.54	}
			7.66	-3.63	1.38	-4.79	6.24	5.82	-7.66	5.89	-0.32	1.71	0.46	-1.71	-3.94	1.92	}
48)	ن	{	14.00	-10.00	2.85	-11.95	7.96	-1.94	-2.34	-4.94	-1.95	-3.37	3.19	-2.60	1.50	0.71	}
			8.87	-2.59	0.11	-5.70	4.76	6.03	-4.10	-1.06	0.68	0.21	3.81	-4.76	-2.80	-1.68	}
49)	هـ	{	17.00	-13.35	6.54	-15.81	12.63	-5.88	-0.54	-10.21	-0.08	-8.65	7.12	-2.15	5.00	-1.47	}
			11.92	-5.57	2.69	-3.94	3.12	4.64	-4.26	1.17	1.00	-0.29	3.69	-3.41	-1.31	-2.03	}
50)	هـ	{	18.50	-13.92	5.89	-16.19	11.43	-4.45	-0.75	-6.49	-1.33	-4.68	1.66	0.27	1.00	-0.57	}
			12.55	-5.10	1.75	-8.18	8.89	8.32	-8.06	4.78	-0.62	3.33	0.54	-1.64	-6.76	3.01	}
51)	هـ	{	10.00	-8.51	4.97	-9.29	7.60	-4.04	1.17	-5.80	0.10	-4.90	3.72	-1.46	2.50	-1.73	}
			8.15	-5.04	1.92	-4.11	6.18	4.68	-6.40	5.57	-1.90	3.41	-3.01	1.56	-5.02	4.64	}
52)	و	{	12.50	-10.46	5.97	-10.61	10.00	-6.23	-0.05	-6.80	-1.99	-0.57	2.39	-3.12	-3.00	-2.59	}
			7.96	-4.48	2.52	-4.68	6.39	4.61	-7.17	6.32	3.25	-0.50	1.01	-0.14	-3.33	1.95	}
53)	ي	{	13.00	-10.96	6.47	-11.99	9.43	-5.11	-1.19	-6.58	-0.78	-5.80	3.31	-0.69	2.50	-1.67	}
			10.68	-6.53	2.63	-3.92	4.97	5.00	-5.33	3.14	-2.27	2.91	-1.82	-0.64	-3.96	2.43	}
54)	ي	{	15.00	-12.46	6.54	-13.08	11.34	-6.97	-0.93	-7.49	-4.08	-2.76	2.71	-3.01	-1.00	2.77	}
			10.38	-4.43	-1.38	-3.05	3.71	2.16	-1.71	-0.63	-2.14	3.71	-3.80	2.41	-4.43	3.34	}
55)	ن	{	15.00	-9.93	2.00	-13.81	8.65	-2.26	-6.03	-6.40	-3.89	-6.65	4.07	-2.61	3.00	1.91	}
			9.60	-1.41	-0.54	-6.40	3.83	6.57	-3.26	-2.31	-1.85	2.83	2.71	-4.83	-3.61	-2.96	}
56)	ي	{	16.00	-11.59	5.39	-13.64	10.04	-4.30	-4.80	-6.21	-1.63	-4.04	3.43	-0.90	2.00	-1.71	}
			9.04	-3.45	4.30	-5.20	2.76	7.51	-5.35	1.17	1.43	-2.06	5.28	-2.41	0.59	-4.17	}
57)	ر	{	17.50	-14.41	8.03	-13.45	9.81	-5.46	-2.26	-2.06	-2.01	2.96	-3.33	1.15	-5.00	0.65	}
			12.33	-6.83	1.59	-6.43	8.24	8.16	-7.92	5.75	-0.91	2.56	-2.68	0.56	-5.54	4.30	}
58)	ث	{	19.50	-15.05	6.68	-15.37	11.01	-4.36	-0.69	-4.09	0.20	1.58	-0.89	-0.72	4.00	-2.42	}
			13.05	-6.83	2.48	-6.05	5.27	6.91	-5.68	1.34	-0.61	1.20	-1.13	-0.56	-3.06	-0.39	}
59)	ة	{	8.00	-7.40	5.83	-7.19	6.35	-4.64	-0.92	-4.26	-1.00	-2.73	2.09	-0.92	1.00	-2.85	}
			6.89	-5.64	3.94	-2.24	3.83	3.81	-5.10	5.35	0.38	0.29	-0.85	0.71	-1.92	2.63	}
60)	ح	{	14.50	-12.27	7.33	-12.03	11.01	-6.69	0.84	-6.84	-1.26	-0.57	2.53	-2.81	-2.50	-1.90	}
			9.35	-5.44	3.05	-4.46	5.83	5.73	-7.61	5.91	2.99	-1.70	2.78	-2.20	-1.81	0.14	}
61)	لا	{	14.50	-11.99	6.18	-11.26	7.90	-2.67	2.62	-2.32	1.44	1.08	-0.38	-0.26	-2.00	-1.88	}
			10.71	-6.88	2.39	-6.56	9.60	7.90	-9.01	6.71	0.33	1.41	-2.03	1.56	-5.86	6.00	}
62)	لا	{	10.00	-9.03	6.54	-8.82	8.20	-6.03	-0.71	-5.64	-1.92	-2.41	2.63	-1.85	0.00	-0.92	}
			7.66	-5.26	2.63	-1.80	2.71	2.40	-3.41	3.13	-2.61	1.71	-1.11	0.00	-1.85	1.44	}

مصفوفة الصفات

مصفوفة الصفات (62x28) PX والمكونة من 28 معامل متكافئ لكل حرف (62) والتي استخدمت كجدول مقارنة في حالة التمييز.



## Using Mathematical Transform Technique to Recognize the Printed Isolated Arabic Charactes

**Iman K. Salman Al Quisi**

*Assistant Lecturer, Department of Computer Science, University of Technology,  
Baghdad, Iraq*

**Abstract.** An algorithm has been designed to recognize the printed isolated Arabic Characters which are 62 letters (primary, intermediate and final).

In the first stage of the algorithm, preprocessing operations including adjusting the centre of the input character and in addition to size and stroke width normalization are carried out on the input pattern. This is followed by extracting of features using one of the mathematical transform techniques which is the two dimensional Fast Fourier Transform (2-D FFT) and determining the most statistically efficient's coeffs from the calculated coefficient.

In the second stage (recognition) a minimum distance function is used to calculate degrees of similarity, and assigns the input pattern to the class which has the higher degree of similarity.

The developed recognition algorithm is tested using 744 samples of printed characters (12 samples for each class) different from learning set and have been obtained from different typewriters (Olivetti Editor 4) similar in size and shape characters. The percentage of successful recognition is 95.2% error is 4.8% the rejection is zero. The Correlative system – VIPS 2000 and the computer Mini-6 is used.