

# التعرف الضوئي على برايل العربي

د. عبد الملك السلطان، د. يوسف العوهلي

جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

د. محمد الكنهل، عبد الله الراجح

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، المملكة العربية السعودية

الكلمات المفتاحية: التعرف الضوئي، برايل، معالجة الصور، التعرف على الأنماط، المعاقين بصريا، الكفيف، اللغة العربية.

**ملخص:** برايل (Braille) هو نظام قراءة وكتابة لضعاف أو فاقد البصر. ونتيجة للأهمية المتزايدة لأنظمة التعرف الضوئي على برايل فلقد ظهر العديد منها في السنوات الأخيرة، إلا أن هذه الأنظمة تخدم لغات أجنبية فلا يوجد حتى الآن نظام للتعرف الضوئي على برايل العربي. يمكن تقسيم أي نظام للتعرف الضوئي على برايل العربي إلى مرحلتين هما: مرحلة تحويل مطبوعات برايل إلى صيغة رقمية يمكن التعامل معها، ومرحلة تحويل هذه الصيغة الرقمية والتي تمثل رموز برايل إلى نص عربي مقروء. تتناول الورقة المرحلة الأولى من نظام التعرف الضوئي على برايل العربي والمتعلقة بمعالجة الصور وتطبيق عدة خوارزميات مختلفة عليها لتحويلها إلى صيغة رقمية.

## مقدمة

نتيجة لتزايد استخدام نظام برايل في أكثر دول العالم وانتشار مطبوعات برايل فقد أصبحت هناك حاجة ملحة لوجود أنظمة أتمتة لها. وقد ظهرت عدة أنظمة للتعرف الضوئي على برايل لعدة لغات إلا أنه لا يوجد حتى الآن نظام للتعرف على برايل العربي. إن الهدف من نظام التعرف الضوئي على برايل العربي هو أتمتة التعامل مع مطبوعات برايل وتحويلها إلى نص عربي. ويتكون هذا النظام من عدة أجزاء أساسية وهي: معالجة الصور ومن ثم تحديد أماكن نقاط برايل وبعد ذلك تقسيم هذه النقاط إلى خلايا ليتم بعد ذلك التعرف عليها وتحويلها إلى نص عربي مقروء.

هناك العديد من الفوائد لوجود نظام للتعرف الضوئي على برايل منها: إمكانية الاحتفاظ بنسخ إلكترونية من مطبوعات برايل، كذلك إعادة إنتاج مطبوعات برايل حيث هناك العديد منها قديمة وموجودة في المكتبات لذا تحتاج إلى إعادة نسخ، ووجود مثل هذا النظام يسهل هذه العملية، وكذلك مساعدة من ليس لديهم القدرة على التعامل مع مطبوعات برايل بترجمتها لهم، ممن لهم علاقة في ذلك. ولكي يكون نظام التعرف الضوئي عملي يجب أن لا يأخذ وقتاً طويلاً في التعرف إضافة إلى أنه يجب أن يكون هناك نوعاً من المرونة في التعامل مع بعض المشاكل التي قد تحدث عند التقاط الصفحة إضافة إلى عوامل الإضاءة ووضعيات الصفحة نفسها.

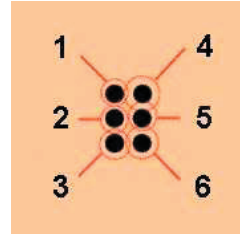
المعالجة في نظام التعرف الضوئي على برايل العربي تحتوي على مرحلتين هما: مرحلة تحويل مطبوعات برايل إلى صيغة رقمية يمكن التعامل معها، والمرحلة الثانية هي تحويل هذه الصيغة الرقمية والتي تمثل رموز برايل إلى نص عربي مقروء. في هذه الورقة سنلقي الضوء على المرحلة الأولى فقط. بعد هذه المقدمة سنتطرق إلى نظام برايل وطريقة كتابة برايل العربي، ثم سنستعرض عدداً من الأعمال السابقة في مجال التعرف الضوئي على برايل، وبعد ذلك سنتحدث عن خطوات التعرف الضوئي على برايل العربي وشرح لأهم الخوارزميات المستخدمة في ذلك، ومن ثم نقدم أهم نتائج البحث، وأخيراً الخاتمة والأعمال المستقبلية.

## نظام برايل

لقد ابتكر لويس برايل المولود في عام ١٨٠٩م نظام برايل، حيث كان قد فقد بصره في وقت مبكر من حياته بسبب حادث وعمره آنذاك ثلاث سنوات. هذا وقد طُوّر لويس نظام برايل للمُساعدَة على تعليم الأطفال الذين فقدوا بصرهم القراءة والكتابة. وقد نشر لويس أول كتاب له بنظام برايل في عام ١٨٢٥م، إلا أن إنجازاته أصبحت واسعة الانتشار فقط بعد موته. وقد ظهرت عدة أنظمة أخرى إلا أنها لم تلاق نجاح نظام برايل الذي أخذ بالانتشار لسهولة وسرعته في القراءة والكتابة. وقد أصبح اليوم نظام برايل هو نظام القراءة والكتابة المعتمد على مستوى العالم للمكفوفين.



السعودية خصوصاً يمكن الرجوع إلى . ونظام برايل يعتمد على حاسة اللمس حيث يتكون من مجموعة من الخلايا (cells) . وكل خلية عبارة عن شبكة من ست نقاط بارزة (dots) على شكل عمودين وثلاثة صفوف كما في الشكل ١ ، ومن خلال عدد النقاط وأماكنها يمكن تكوين ٦٣ خلية مختلفة باستثناء الفراغ حيث أن الخلية قد تكون حرفاً أو رمزاً أو اختصاراً لكلمة أو رقماً . والجدير بالذكر أن نظام برايل يقرأ من اليسار إلى اليمين في جميع اللغات، فيقرأ برايل العربي والإنجليزي كلاهما من اليسار إلى اليمين.



شكل ١ : طريقة تمثيل  
خلية برايل

إن نظام برايل ليس لغة وإنما هو ترميز لجميع اللغات، وكما يظهر في الشكل ٢ تمثيل الحروف العربية وكذلك في الشكل ٣ تمثيل الحروف الإنجليزية برموز برايل.

	ا	ب	ت	ث	ج	ح	خ	د	ذ	ر
#	١	٢			٠			٤		
	ز	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف
#										٦
	ق	ك	ل	م	ن	هـ	و	ي		
#						٨		٩	٣	٥
										٧

شكل ٢ : رموز  
برايل العربي

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	u	v	w	x	y	z				

شكل ٣ : رموز  
برايل الإنجليزي

#### استعراض للأعمال السابقة في مجال برايل

من فقد بصره أو كان لديه ضعف شديد في الإبصار يجد صعوبة في التعامل مع كثير من الأشياء ومن ذلك الحاسب. فالإنسان المبصر يتعامل مع الحاسب بسهولة عن طريق عدد من أجهزة الإدخال والإخراج، بينما غير المبصر أو من لديه ضعف شديد في ذلك يحتاج إلى مجموعة من الأجهزة الخاصة لكي يتفاعل مع الحاسب. ومن ذلك عدد من الأجهزة والبرامج التي تمكنه من إدخال البيانات إلى الحاسب والتحكم بها، كلوحة مفاتيح برايل، وتقنية التعرف الصوتي. أما فيما يتعلق بأجهزة الإخراج فهناك اختلاف كبير بين استخدامات المبصر والكفيف أو ضعيف البصر، حيث أن المبصر يشاهد نتائج عمله مباشرة من الشاشة بينما الكفيف أو من لديه ضعف يستخدم الورق أو الأجهزة الخاصة لمعرفة ذلك. ومن ذلك السطر لإلكتروني (Braille display) ، وكذلك قارئ الشاشة (Screen reader) ، وطابعات برايل (Braille Embossers) ، ومكبر الشاشة (Screen magnifier). كما أن هناك العديد من البرمجيات التي تقوم بالترجمة أو التحويل بين النص المكتوب ونظام برايل، منها على سبيل المثال WinBraille و ABE. ولما كان

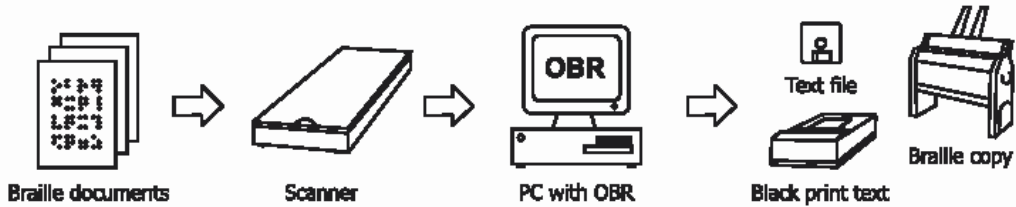
الهدف من هذه الورقة هو بناء نظام متكامل للتعرف الضوئي على برايل العربي كان لابد من استعراض بعض الجهود المبذولة في هذا المجال.

هناك نوعان من الأنظمة المتعلقة بترميز برايل وهي: نوع يقوم بآتمة المطبوعات عن طريق التعرف الضوئي عليها، أما النوع الآخر فيقوم بمعالجة الصيغة الرقمية لبراييل إما بتحويلها إلى نص مقروء أو تحويل النص إلى برايل. إن ما يهمنا في هذه الورقة النوع الأول. هناك عدد قليل من الأنظمة التي تقوم بالتعرف الضوئي على برايل، منها مثلاً، إلا أنه وبحسب علمنا لا يوجد سوى نظام تجاري واحد في هذا المجال وهو (OBR System) من تطوير شركة (Neovision). ويقوم هذا النظام بمساعدة المكفوفين والمبصرين على حد سواء، حيث يمكن للمكفوف بواسطة هذا النظام الاحتفاظ بنسخة إلكترونية لمطبوعات برايل على شكل نص يستطيع سماعه عن طريق القارئ الآلي، أما المبصر فيمكنه من التواصل مع مستخدمي برايل بدون الحاجة إلى متخصص يترجم له نصوص برايل. علاوة على ذلك فهناك إمكانية لتحرير أي نص وإعادة طباعته بطريقة برايل، كما في الشكل ٤.

## ١٧٧

هذا ويعتمد نظام (Neovision OBR) على تقنيات معالجة الصور ومن ذلك الظل الناتج من نقاط برايل، إضافة إلى أنه يقوم بالاعتماد على وضع ورقة شفاف خاصة على مطبوعات برايل خصوصاً الأبيض منها وذلك ليظهر الظل بشكل واضح لتسهيل معالجته بعد ذلك. كما يشترط النظام القيام بعملية معايرة للماسح الضوئي في البداية عن طريق ورقة خاصة.

شكل ٤ :  
خطوات عمل  
النظام كما هو  
موجود في  
(١٩)



هناك ميزات عديدة لنظام (OBR) منها: أن دقة التعرف لديه عالية حيث فاقت ٩٩٪، كما أنه يتعرف على مطبوعات برايل ذات الوجهين من خلال مسح واحد، أما عندما تكون الورقة وضعت بشكل مائل أو مقلوب فإنه يقوم بمعالجة ذلك آلياً، كما أن النظام يتعرف على برايل سواءً بشكل عمودي أو أفقي، إضافة إلى أنه عندما تكون مطبوعة برايل أكبر من الحجم المعتاد وهو (A٤) يمكن مسح جانب منها على حدة ومن ثم مسح الجانب الآخر على حدة، وبعد ذلك يدمج البرنامج آلياً بين الجانبين. إلا أن من أبرز جوانب القصور في هذا النظام أنه لا يدعم برايل العربي.

مراحل التعرف الضوئي على برايل العربي

إن عملية التعرف الضوئي على برايل تقوم على نقطة جوهرية وهي تحديد أماكن النقاط (dots) عن طريق ظلها. لهذا من المهم أن يظهر ظل النقاط بشكل واضح عند التقاطها بالماسح الضوئي. والشكل ٥ يبين جزء من ورقة برايل بعد التقاطها، أما الشكل ٦ فهو نفس الجزء السابق مع إضافة ورقة شفاف ملون تحت ورقة برايل.

شكل ٥ : صورة  
لورق برايل بدون  
ورقة الشفاف



شكل ٦ : صورة  
لورق برايل بورقة  
شفاف



من الواضح أن استخدام الشفاف مع ورق برايل زاد من وضوح الصورة، إلا أن هناك أمراً آخر يزيد من أهمية وجود الشفاف ألا وهو أن مطبوعات برايل إما أن تأتي على وجهين أو على وجه واحد، ففي حالة كون الكتابة على وجهين كما في الشكلين ٥ و ٦ فلدينا نوعان من النقاط، نقاط بارزة وأخرى غائبة، وفي حالة التقاط ورق برايل بدون شفاف خصوصاً اللون الأبيض، فإنه لن يكون هناك تمييز واضح بين النقاط البارزة والنقاط الغائبة كما هو جلي في الجزء الأبيض من الشكل ٥. لقد كانت هناك عدة محاولات للتمييز بينها عن طريق حجم الظل إلا أن هذه الخطوة غير عملية وتسببت بأخطاء كبيرة في التعرف.

في حالة وجود ورق ملون مع شفاف أو بدونه وكذلك ورق أبيض مع شفاف، فإن لدينا ثلاثة أجزاء (ساطعة، داكنة، ليست ساطعة ولا داكنة) كما في الجزء الملون من الشكل ٥ وكامل الشكل ٦. ويلاحظ أن الجزء العلوي من النقاط البارزة ساطع والجزء السفلي داكن بعكس

النقاط الغائبة. لهذا فأن وجود الشفاف هو لحل مشكلة مطبوعات برايل البيضاء. أما بعد التقاط صور مطبوعات برايل فهناك تسع مراحل للتعرف عليها.

(أ) تحويل الصورة إلى لون رمادي (Gray Level):

الصور الملونة تخزن في مصفوفة ذات ثلاثة أبعاد (٣D) كما في الشكل ٧. لهذا لا بد من تحويلها إلى مصفوفة ذات بعدين (٢D) -لون رمادي- ليسهل التعامل معها بحيث يكون تمثيل الألوان لأي بكسل (pixel) في الصورة من (٠-٢٥٥) حيث تتدرج الألوان تصاعدياً من السواد إلى البياض، وفي الشكلين ٨ و٩ مثال على ذلك

0.5804	0.2235	0.1294	<b>Blue</b>	0.4196	0.2902	0.4824	0.2235
0.5804	0.2902	<b>0.0627</b>	0.2902	0.2902	0.2235	0.2588	0.2588
0.5176	0.0627	0.0627	<b>Green</b>	0.1922	0.2588	0.2588	0.2588
0.5176	0.1294	<b>0.1608</b>	0.1294	0.1294	0.2588	0.2588	0.2588
0.5176	0.1608	0.0627	0.1608	0.1922	0.2588	0.2588	0.2588
0.5490	0.2235	0.5490	<b>Red</b>	0.7412	0.7765	0.7765	0.902
0.5490	0.3882	<b>0.5176</b>	0.5804	0.5804	0.7765	0.7765	0.196
0.490	0.2588	0.2902	0.2588	0.2235	0.4824	0.2235	0.2235
0.2235	0.1608	0.2588	0.2588	0.1608	0.2588	0.2588	0.2588
0.2588	0.1608	0.2588	0.2588	0.2588	0.2588	0.2588	0.2588

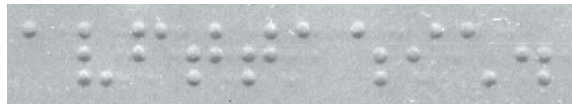
١٧٨



شكل ٧ : تمثيل  
صورة ملونة في  
مصفوفة ذات  
ثلاث أبعاد.  
( الصورة )  
مأخوذة من  
MATLA



شكل ٨ : صورة  
ملونة لورق برايل



شكل ٩ :  
صورة رمادية  
لورق برايل

(ب) تَهذيب إطار الصورة (Cropping):

أحياناً يوجد سواد أو بياض في إطارات الصفحة من الماسح الضوئي أو لون مختلف بسبب أن الشفاف لم يغط كامل الورقة، لهذا لا بد من إزالة ذلك، لأن وجوده يؤثر على التعرف.

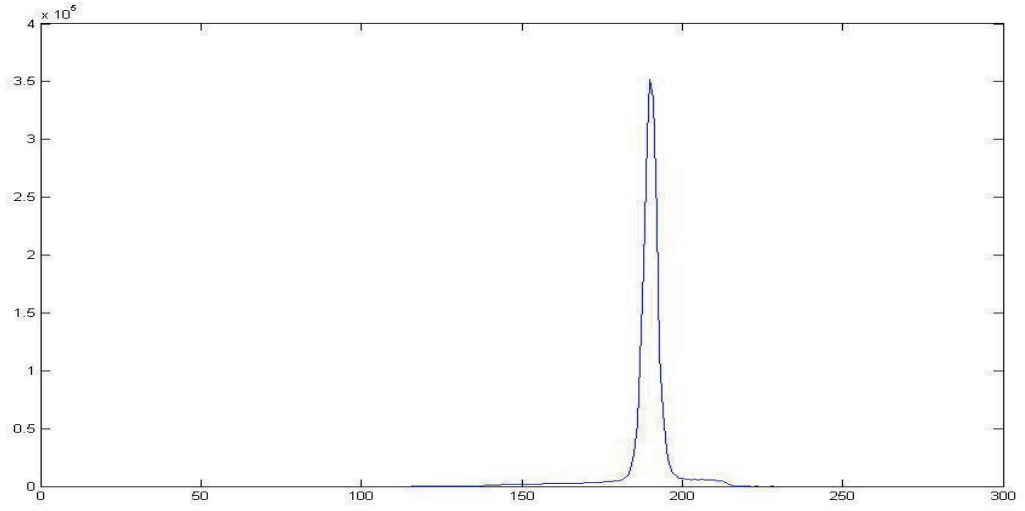
ولعمل ذلك نقوم بحساب متوسط قيم البكسل لكل الورقة ومن ثم نحسب المتوسط لكل الأعمدة والصنوف، فإذا كان متوسط العمود أو الصف أعلى من المتوسط الكلي بمقدار ١٥٪ أو أقل بمقدار ١٥٪ فإنه يحذف. علماً أنه من خلال التجربة تبين أن ١٥٪ من المتوسط الكلي هي القيمة المناسبة لتحديد حذف الصف أو العمود.

(ج) تصنيف الصورة:

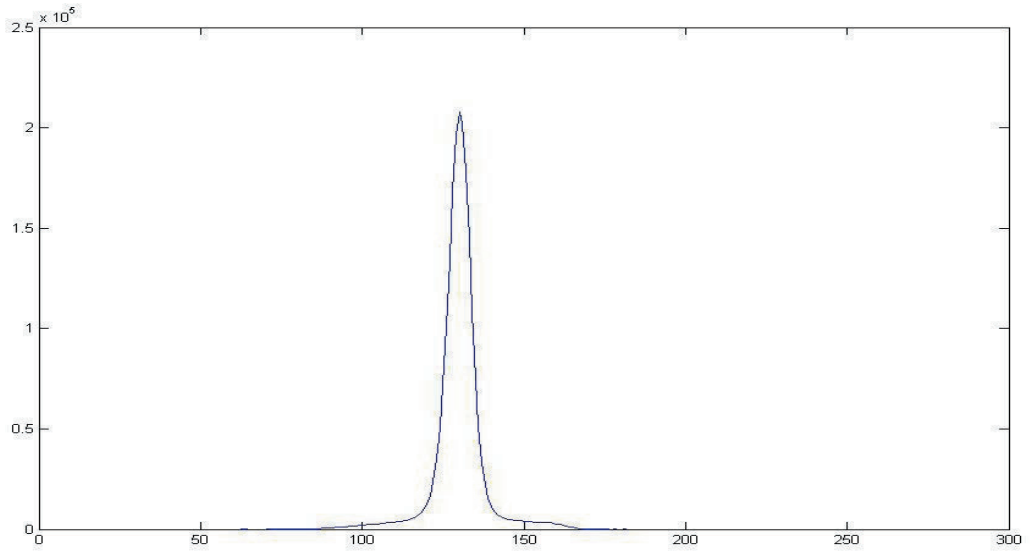
من خلال وضعنا للرسم البياني لتكرار الألوان للورقة (histogram) كما في الشكلين ١٠ و١١، لاحظنا أنه يظهر على شكل توزيع طبيعي (normal distribution)، لهذا فمن المقبول استخدام التوزيع الطبيعي لتصنيف الورقة

شكل ١٠ :  
الرسم البياني  
لتكرار الألوان  
في الورق الأبيض  
بشفاف

١٧٩

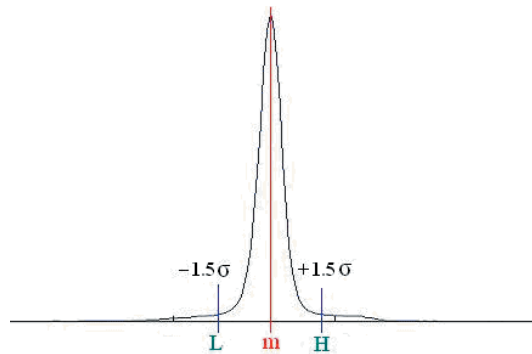


شكل ١١ :  
الرسم البياني  
لتكرار الألوان  
في الورق البني  
بشفاف



ومن خلال التجربة وجد أن  $(\sigma \times 1, 0)$  هو الحد الأمثل، حيث أن  $(\sigma)$  هي الانحراف المعياري، والتي من خلالها نوجد قيمة دنيا (L) وقيمة عليا (H)، بحيث يكون ما فوق H جزء ساطع وما دون L جزء داكن كما في الشكل ١٢

شكل ١٢ :  
إيجاد H و L  
حيث أن m هي  
المتوسط



ملاحظة: تحديد معامل ( $\sigma$ ) بقيمة ١,٥ ليس ثابتاً في كل الحالات وإنما يعتمد على عدة متغيرات كنوع الشفاف والماسح الضوئي، لهذا من الأفضل استخدام المعايير في بداية إعداد البرنامج لتحديد المعامل المثالي ل ( $\sigma$ ).

(د) تعديل انحراف الصورة (Deskewing):

في بعض الحالات يكون هناك انحراف في الصورة نظراً لميلان الورقة أثناء التقاطها بالماسح الضوئي مما يؤثر كثيراً على التعرف، لهذا لا بد من معرفة درجة انحراف الصورة لتعديله.

ولحساب درجة الانحراف يمكننا استخدام إحدى الخوارزميتين التاليتين (على افتراض أن أقصى انحراف يتوقع حدوثه هو ٤ درجات من اليمين أو اليسار، وأن دقة التعرف على الانحراف هي (١٦/١) من الدرجة):

الخوارزمية الأولى:

١. بعد تصنيف الصورة نقوم باختيار أحد الجزأين (الساطع/الداكن) ونحذف الجزء الآخر.
٢. نقوم بتدوير الصورة بمقدار (١٦/١) من الدرجة مرة لجهة اليمين ومرة أخرى لليسار.
٣. نقوم بحساب الإسقاط الأفقي (horizontal projection) للجزء الذي اخترناه في الخطوة الأولى في كل صف ومن ثم نحسب عدد الصفوف التي تحوي أكثر من ١٠ نقاط.
٤. من خلال عدد الصفوف الأقل نحدد الجهة التي سنعمل تدوير نحوها، هل هي جهة اليمين أو اليسار؟ وفي حالة تساوي عدد الصفوف في كلا الجهتين فإن درجة الانحراف هي صفر.
٥. نقوم بعمل تدوير للصورة بمقدار (١٦/١) من الدرجة ومن ثم نطبق عليها الخطوة الثالثة فإذا كان عدد الصفوف قبل عمل التدوير أقل منها الآن فتكون درجة الانحراف هي درجة انحراف الصورة التي قبل الحالية، وإلا فإننا نكرر الخطوة الخامسة.

الخوارزمية الثانية:

١. بعد تصنيف الصورة كما في المرحلة الثانية نقوم باختيار أحد الجزأين (الساطع/الداكن) ونحذف الجزء الآخر.
٢. نقوم بحساب الإسقاط الأفقي للجزء الذي اخترناه في الخطوة الأولى في كل صف ومن ثم نحسب عدد الصفوف التي تحوي أكثر من ١٠ نقاط.
٣. نقوم بنفس الخطوة السابقة ولكن بعد عمل تدوير للصورة بمقدار ٤ درجات مرة لجهة اليمين ومرة أخرى لجهة اليسار.
٤. عند حساب عدد الصفوف للصورة في حالاتها الثلاث (جهة اليمين/المنتصف/جهة اليسار) ف لدينا احتمالان وهما:  
أ- إذا كان عدد الصفوف للجهة اليمنى متساوي مع الجهة اليسار، فإن المنتصف بينهما يعتبر هو الوضع الصحيح للصورة وننتهي من حساب درجة الانحراف.  
ب- إذا كان عدد الصفوف للجهة اليمنى مختلف عن الجهة اليسار فننتقل للخطوة الخامسة.

٥. في هذه الخطوة أيضاً لدينا احتمالان وهما:

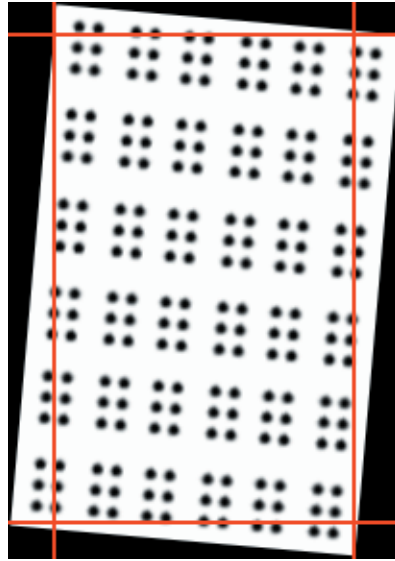
- أ- في حالة أن عدد الصفوف للجهة اليمنى أقل من الجهة اليسرى، نجعل نقطة المنتصف السابقة (في الخطوة الرابعة) هي الجهة اليسرى الجديدة ونقوم بحساب عدد الصفوف للمنتصف الجديد بين الجهة اليمنى واليسرى الحالية.
- ب- في حالة أن عدد الصفوف للجهة اليسرى أقل من الجهة اليمنى، نجعل نقطة المنتصف السابقة (في الخطوة الرابعة) هي الجهة اليمنى الجديدة ونقوم بحساب عدد الصفوف للمنتصف الجديد بين الجهة اليمنى واليسرى الحالية.
٦. نقوم بتكرار الخطوتين ٤ و ٥ ما دام أن نصف الفرق بين درجة انحراف الجهة اليمنى والجهة اليسرى أكبر من (١٦/١) من الدرجة وهي أقل دقة متفق عليها للتعرف على الانحراف.

من خلال ما سبق فإن الخوارزمية الأولى أبسط في التطبيق إلا أن عدد الخطوات لتحديد درجة انحراف في أسوأ حالة هي ٦٤ خطوة (٤×١٦) لأن البحث عن درجة انحراف الصورة تسلسلي وبمقدار (١٦/١) من الدرجة بينما في الخوارزمية الثانية فنحتاج إلى ٨ خطوات في أسوأ حالة لأن البحث عبارة عن (Binary Search)، وعلى هذا تم اختيار الخوارزمية الثانية.

بعد الانتهاء من تحديد درجة الانحراف نقوم بعمل تدوير للصورة الأصل (الرمادية) في المرحلة الأولى من مراحل المعالجة ومن ثم نطبق المرحلة الثانية والثالثة مرة أخرى عليها، وذلك لأنه في حالة انحراف الصورة فإن عملية التهذيب (Cropping) في المرحلة الثانية قد تقوم بحذف بعض أجزاء من نص برايل مما يؤثر على التعرف كما في الشكل ١٣.

شكل ١٣ : يبين  
ضرر التهذيب  
في حالة انحراف  
الصورة

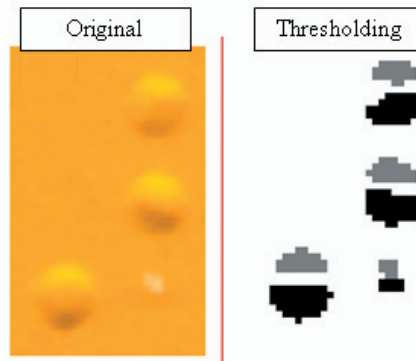
١٨١



(هـ) التعرف على أجزاء النقطة (Dot):  
من خلال التجارب السابقة للتعرف على النقطة خصوصاً في حال كون الورقة ذات وجهين (double side) كانت طريقة التعرف على أجزاء النقطة -وليس النقطة ككل- هي الأفضل.

ومن خلال التجربة تبين أن متوسط طول النقطة (Dot) هو ٨ بكسل لهذا فإن التعرف على أجزاء النقطة سيكون بالتعرف على أعمدة طولها ٨ بكسل. وعند عمل تصنيف لصور برايل يتبين أن أي نقطة إنما هي عبارة عن منطقة ساطعة ومنطقة داكنة وبين هاتين المنطقتين فراغ بسيط كما في الشكل ١٤. أما بالنسبة لتحديد نوع النقاط هل هي بارزة أو غائرة فذلك يعتمد على تواجد المنطقة الساطعة والداكنة، فإذا كانت المنطقة الساطعة في الأعلى والداكنة في الأسفل فهذا يدل على أن النقطة بارزة وإذا كانت عكس ذلك فهي غائرة.

نود أن نشير إلى أنه ليس على الدوام تكون المنطقة الساطعة في الأعلى والداكنة في الأسفل للنقطة البارزة والعكس للغائرة، إلا أننا سنفترض ذلك في هذه الورقة للتسهيل. وإنما في حالات أخرى يكون العكس هو الصحيح وذلك يعتمد على طريقة الماسح الضوئي في التقاط الصورة وانعكاس النور عليها ويمكن تحديد نوع الماسح الضوئي هل يظهر النقاط البارزة على أنها منطقة ساطعة في الأعلى وداكنة في الأسفل والغائرة بالعكس أو خلاف ذلك من خلال المعايرة (calibration).



شكل ١٤ :  
النقاط بعد  
تصنيفها إلى  
منطقة ساطعة  
وداكنة

خوارزمية التعرف على جزء من النقطة (Detecting Part of a Dot):  
١- بما أن متوسط ارتفاع النقاط هو ٨ بكسل وأن النقطة عبارة عن منطقة ساطعة ومنطقة داكنة وبينهما فراغ، فإننا سنبحث عن أي عمود يحوي ٨ بكسل بحيث ما يهمننا منه هو قيمته الأولى والثانية في الأعلى والأخيرة وما قبلها في الأسفل كما في الشكل ١٥.

1
2
X
X
X
X
7
8

شكل ١٥ : القيم  
الأربع التي في الوسط  
غير مهمة

٢- نشء مصفوفة خالية مماثلة للتي تحوي النقاط المراد التعرف عليها، لحفظ النتائج.

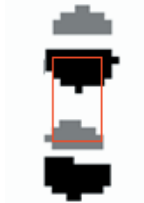
٢- قيمة كل بكسل سامع هي (١+) و كل بكسل داكن هي (١-) وما عدا ذلك صفر.

٤- نقوم بالبحث عن أجزاء النقطة بشكل عمودي (vertical search) في المصفوفة من أعلى إلى أسفل بحيث أنه إذا كان:

• بكسل (١) + بكسل (٢) > صفر، و بكسل (٧) + بكسل (٨) < صفر  
فإن هذا العمود جزء من نقطة (Dot) بارزة.

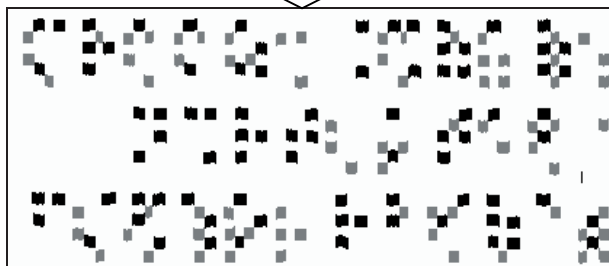
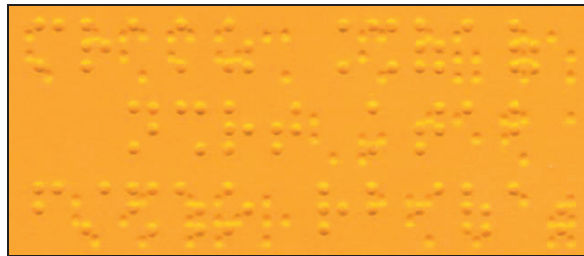
• بكسل (١) + بكسل (٢) < صفر، و بكسل (٧) + بكسل (٨) > صفر  
فإن هذا العمود جزء من نقطة (Dot) غائبة.

وفي حالة تحقق أحد هذين الشرطين نقوم بتسجيل ذلك في المصفوفة الأخرى في نفس المكان المقابل، ثم نقوم بالقفز لأسفل بمقدار ١٢ بكسل، لأن هذا هو مقدار الفراغ العمودي المناسب بين كل نقطة وأخرى، وهذه الخطوة مهمة جدا في ضبط التعرف، لأنه بدون هذه الخطوة قد يتعرف على عمود غير صحيح هو في الواقع الجزء الأسفل من النقطة الأولى والجزء الأعلى من النقطة الثانية التي في الأسفل، انظر الشكل ١٦.



شكل ١٦ :  
الخطأ المتوقع  
للتعرف في حالة  
عدم القفز  
العمودي

٥ - بعد الانتهاء من البحث ستظهر لنا النقاط البارزة والغائبة كما في الشكل ١٧، ومن ثم نقوم بفصلهما في مصفوفتين مختلفتين



شكل ١٧ :  
أجزاء النقاط  
البارزة والغائبة  
في لونين  
مختلفين بعد  
فصلهما

(و) تصحيح التعرف على أجزاء النقطة (Dot):

من خلال تطبيق الخوارزمية السابقة للتعرف على أجزاء النقطة فإنه قد يحدث هناك خطأ في التعرف عليها بسبب وجود بعض الشوائب حول النقاط أو التعرف على أجزاء بين نقطتين كما في الشكل ١٦، ولتجاوز هذه المشكلة فإن هناك طريقتين وهما:

١) مقياس محلي (Local Measure):

وتتلخص طريقتيه في اختيار العمود الأفضل بالنسبة للأعمدة التي تحته بمقدار ٨ بكسل، وليس العمود المحقق للشروط فقط.

٢) مقياس عام (Global Measure):

ويكون بتصنيف أعمدة الصورة ككل إلى ٣ أصناف:

١. أعمدة لنقاط بارزة.

٢. أعمدة لنقاط غائبة.

٣. أعمدة غير محددة.

وذلك لأن من خصائص ورق برايل أن عمود النقاط على طول الورقة لا يأتي إلا على نوع واحد إما بارز أو غائر. ويكون هذا التصنيف بناءً على عدد أجزاء النقاط الأكثر على طول العمود في الصورة، بحيث يكون هناك معالجة مبدئية لتصنيف الأعمدة، ومن ثم معالجة نهائية بحيث لا يكون التعرف إلا على أجزاء النقاط التي من نفس العمود، أما بالنسبة للعمود غير المحدد نوعه فيكون التعرف على كلا نوعي أجزاء النقاط البارزة والغائبة خلال البحث العمودي. وقد كانت نتائجه ممتازة.

(ز) التعرف على كامل النقطة (Dot):

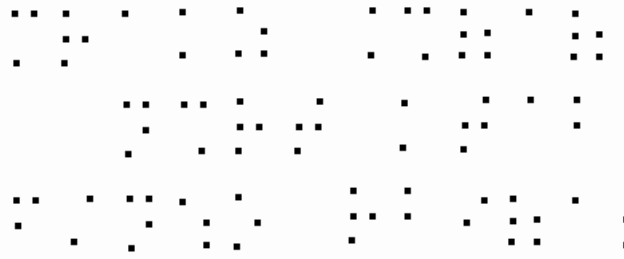
هناك عدة خطوات للتعرف على كامل النقطة وهي:

١- النقاط المعتبرة هي التي تحوي ثلاثة أعمدة فأكثر، أما أقل من ذلك فليس بنقطة.

٢- ننشء مصفوفة خالية، وتكون مماثلة للمصفوفة التي تحوي أجزاء النقاط، لحفظ النتائج.

٣- نقوم بالبحث عن النقاط بشكل عمودي (vertical search) في المصفوفة من أعلى إلى أسفل بحيث أنه عند وجود ثلاثة أجزاء من نقطة لا يبعد أولها عن آخرها أكثر من ٦ بكسل فإنها تعتبر نقطة، فنقوم بتسجيل ذلك في المصفوفة الأخرى في نفس المكان المقابل بحيث يكون حجم النقطة ٤×٤، ثم نقوم بإزالة هذه المنطقة التي تحوي أجزاء النقاط لكي لا تدخل معنا في بحث آخر، وهذه الخطوة (Detect & Remove) مهمة جداً لجودة التعرف.

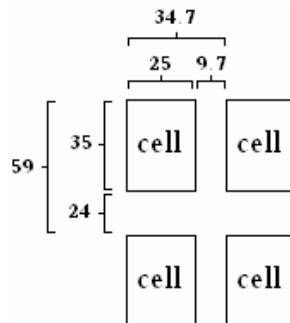
٤- بعد الانتهاء من البحث ستظهر لنا النقاط كما في الشكل ١٨.



شكل ١٨ : شكل  
النقاط البارزة  
بعد التعرف  
عليها من  
الشكل ١٧

(ح) التعرف على الخلايا (Cells):

في هذه المرحلة نحدد المنطقة التي تحوي جميع النقاط (Dots)، حيث أنه لا يمكن أن نجد نقاط خارج هذه المنطقة. وذلك عن طريق جمع صفوف المصفوفة على حدة، وجمع أعمدة المصفوفة على حدة. ومن ثم نأخذ موقع القيمة الموجبة الأولى والأخيرة للمحورين x و y. هناك خوارزمتان للتعرف على الخلايا هما:



شكل ١٩ :  
متوسط أطوال  
الخلية والسطر  
والعمود بالبكسل

الخوارزمية الأولى: نحدد عدد أسطر الخلايا في المنطقة وعدد الأعمدة. ومن خلال دراسة أطوال الخلايا والمسافة بينها، يتم معرفة متوسط عرض السطر والعمود كما في الشكل ١٩.

ولهذا فإن حساب عدد الأسطر والأعمدة يكون على النحو التالي:

$$\begin{aligned} \text{linNum} &= (y_{\text{Max}} - y_{\text{Min}}) / ٥٩ \\ \text{colNum} &= (x_{\text{Max}} - x_{\text{Min}}) / ٣٤,٧ \end{aligned}$$

بعد معرفة عدد الأسطر والأعمدة، يمكن الوصول لأي خلية من خلال رقم السطر والعمود:

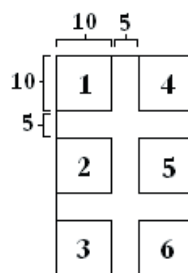
$$\begin{aligned} i &= y_{\text{Min}} + (\text{lin} - ١) \times ٥٩ \\ j &= x_{\text{Min}} + (\text{col} - ١) \times ٣٤,٧ \end{aligned}$$

الخوارزمية الثانية: في هذه الطريقة لا يكون الوصول إلى الخلايا عن طريق أرقام ثابتة لأطوال الخلايا والمسافة بينها، حيث أنه في بعض أوراق برايل يكون متوسط أطوال الخلايا والمسافة بينها يختلف عما تم تحديده في الخوارزمية الأولى.

خطوات تحديد الخلايا:

- ١- حساب الإسقاط الأفقي للمصفوفة التي تحوي النقاط، ومنها نحدد متوسط المسافات بين صفوف النقاط.
- ٢- حساب الإسقاط العمودي للمصفوفة التي تحوي النقاط، ومنها نحدد متوسط المسافات بين أعمدة النقاط.
- ٣- عن طريق كل من الإسقاط الأفقي على محور  $y$  وكذلك الإسقاط العمودي على محور  $x$ ، نستطيع الوصول إلى أي خلية وذلك باعتبار أن أي ثلاثة صفوف (على محور  $y$ ) وعمودين (على محور  $x$ ) متتاليات عبارة عن خلية وذلك بشرط ألا تكون المسافات بين الصفوف والأعمدة أكبر من المتوسط الذي حددناه في الخطوة الثانية والثالثة.

ومن الواضح أن هذه الخوارزمية لا تعتمد على قيم ثابتة لتحديد الخلايا إلا أنها أقل دقة من الخوارزمية الأولى، خصوصاً وأن أغلب أوراق برايل متوسط أطوال الخلايا والمسافة بينها هو ما حددناه في الشكل ١٩، ويمكن ترك الحرية للمستخدم لاستخدام إحدى هاتين الطريقتين. ولتحويل الخلية إلى (binary code) نقوم بتقسيمها إلى ستة أقسام كما في الشكل ٢٠، ومن ثم تجمع عناصر كل قسم على حدة، فإذا كان مجموع عناصر القسم أكبر من ٨ بكسل (وضع الرقم ٨ للتأكد أن أكثر من نصف النقطة موجودة في هذه المنطقة وذلك لأن حجم النقطة بعد التعرف عليها هو  $٤ \times ٤$ ) فيأخذ الرقم ١ أو صفر.



شكل ٢٠ :  
أقسام الخلية  
الواحدة

بعد تحويل الصورة إلى ترميز ثنائي نقوم بالتحويل إلى الترميز العشري:

$$\text{decimalCode} = b_1 + b_2 \times 2 + b_3 \times 4 + b_4 \times 8 + b_5 \times 16 + b_6 \times 32$$

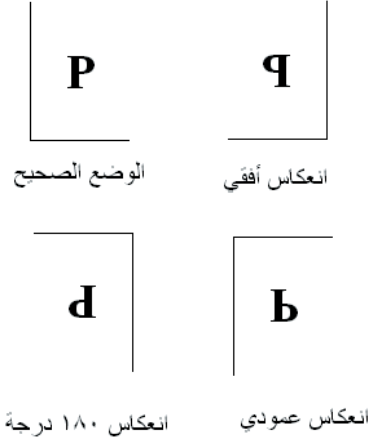
ومن ثم يتم تحويل الترميز العشري بما يقابله من حروف عربية لنحصل في النهاية على الترميز الصحيح.

(ط) تصحيح وضعية الورقة:

في كثير من الحالات تكون الصفحة معكوسة بمقدار ١٨٠ درجة عند وضعها في الماسح الضوئي، وذلك لعدم وجود فرق واضح بالنظر لدى المستخدم - عن الوضع الصحيح لورقة برايل، لهذا لا بد من إعادتها إلى الوضع الصحيح ليتم التعرف عليها. ولعمل ذلك نقوم بحساب نسبة وجود الأحرف الهجائية (بدون الرموز والعلامات الأخرى) في الصفحة، وقد وجدنا أنه عندما تكون الصفحة في وضعها الصحيح تكون النسبة أكثر من ٨٥٪ وعندما تكون مقلوبة فهي أقل من ٤٥٪. تجدر الإشارة إلى أنه في بعض الماسحات الضوئية تكون النقاط البارزة ظلها لأعلى والأخرى ظلها لأسفل، ولهذا لا بد من تحديد ذلك عند المعايرة. وفي حالة عدم معالجة

ذلك فإنه سيكون لدينا أربع احتمالات لوضع الورقة كما في الشكل ٢١، حيث أن ظهور الانعكاس الأفقي والعمودي هو بسبب عدم تحديد مكان الظل للنقطة.

شكل ٢١ : احتمالات  
وضع ورقة برايل في  
حالة عدم تحديد مكان  
الظل للنقطة



١٨٥

ومن خلال التجربة تبين أنه عندما تكون الصفحة في وضعها الصحيح تكون نسبة الأحرف الصحيحة أكثر من باقي الأوضاع الأخرى. إلا أن الأفضل هو تقليل الاختيار بين وضعين (الأصل/انعكاس ١٨٠) بتحديد مكان الظل للنقطة في المعايير.

#### نتائج التجارب

من خلال عدة تجارب على خمسة أنماط من الأوراق المختلفة، ذات وجه أو وجهين وبحالات متعددة -ورق منحرف أو معكوس أو قديم- لمعرفة نسبة التعرف، وبعد تطبيق جميع الخوارزميات السابقة لمعالجة ورق برايل، كانت نسبة التعرف ٩٩,١٥٪، وقد ظهر أثر هذه الخوارزميات الواضح على جودة التعرف، وفيما يلي جدول يبين نتائج هذه التجارب علماً بأن ورقة برايل كاملة ذات وجه واحد (single side) تحوي ٨١٠ حرف وذات الوجهين (double side) تحوي ١٦٢٠ حرف:

الورقة البنية		الورقة البيضاء		مطبوعة برايل	
نسبة النجاح	عدد الأحرف الخطأ	نسبة النجاح	عدد الأحرف الخطأ	نوع الورقة	نوع الشفاف
99.26%	6	99.50%	4	وجه واحد	ورق شفاف عالي الجودة
99.20%	13	99.44%	9	وجهين	
98.89%	9	99.14%	7	وجه واحد	ورق شفاف متوسط الجودة
98.77%	20	99%	16	وجهين	

جدول ١ : نتائج  
التعرف الضوئي  
على مطبوعات  
برايل

يلاحظ من الجدول السابق أن الأخطاء في التعرف على الورقة البيضاء أقل منها في الورقة البنية ويرجع ذلك إلى كثرة الشوائب في الورقة البنية بخلاف الورقة البيضاء.

#### الخاتمة

لقد قمنا في هذه الورقة بعرض الخوارزميات والتي قمنا بتطويرها من أجل استعمالها في المرحلة الأولى من نظام التعرف الضوئي على برايل العربي والمتعلقة بمعالجة الصور وتحويلها إلى صيغة رقمية، ولقد أظهرت النتائج المنفذة نسباً عالية في التعرف. أما بالنسبة للأعمال المستقبلية فستكون بمحاولة التعرف على مطبوعات ذات الحجم الكبير وإيجاد الحلول المناسبة لذلك، إضافة إلى إكمال الجزء الثاني من نظام التعرف الضوئي وهو تحويل خلايا برايل التي تم التعرف عليها إلى نص (عربي/إنجليزي)، ولذا يلزم التعرف على اللغة وعلى قواعد التحويل.

- Mennens, J., L. Van Tichelen, G. Francois, and J. Engelen. "Optical Recognition of Braille Writing Using Standard Equipment". IEEE transactions of rehabilitation engineering. Vol. 2. No. 4. December 1994.
- Oyama, Y., T. Tajima, and H. Koga. "Character Recognition of Mixed Convex- Concave Braille Points and Legibility of Deteriorated Braille Points". System and Computer in Japan. Vol. 28. No. 2. 1997.
- Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Braille>. (Last visited in 14 November 2006).
- AlMosa, Naser A. Reading and teaching of Braille in schools for Blind in Saudi Arabia. Ph. D. Dissertation. Vanderbilt University, USA. 1987.
- Glossary of Adaptive Technologies. <http://www.utoronto.ca/atrc/reference/tech/techgloss.html>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- The University of Toronto Adaptive Technology Resource Center. <http://atrc.utoronto.ca/>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- Sighted Electronics, inc. Sighted electronics. <http://www.sighted.com>. (Last visited in 4 Jan. 2007)
- IBM Voice Systems. <http://www-4.ibm.com/software/speech>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- Halousek, Jan. Embossed Braille Advancements: Automatic "Reading" By A New Optical Braille Recognition System "OBR" And Objective Dot And Paper Quality Evaluation. Proceedings of the 14th annual. International conference. "Technology and Persons with Disabilities." Los Angeles. March 15-20. 1999. <http://www-cod.csun.edu/conf/1999/proceedings/session0249.htm>.
- Index Company. <http://www.indexbraille.com/>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- Neovision s.r.o Company. <http://neovision.cz/>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- Frontier Computing. <http://www.frontiercomputing.on.ca/p-powerbraille.html>.
- RINB. <http://rnib.org.uk/technology/brailledisplays.htm>.
- Visio Technology. [www.visiotech.com](http://www.visiotech.com). (Last visited in 4 June 2006)
- Jaws for Windows. <http://www.hj.com>. (Last visited in 8 Jan. 2007)
- Sakhr. 2006. Ibsar system. [http://www.sakhr.com/Sakhr\\_\\_a/Products/Ibsar.htm?Index=2&Main=Products&Sub=Ibsar](http://www.sakhr.com/Sakhr__a/Products/Ibsar.htm?Index=2&Main=Products&Sub=Ibsar). (Last visited in 5 Jan. 2007)
- Braille Embosser. <http://www.sighted.com/basicd.html>. (Last visited in 2 Jan. 2007)
- Sensus ApS. Sensus. Oct. 1999. <http://www.sensus.dk/indexuk.htm>.
- Optical Braille Recognition System. version 3.5. User Manual. October 2000.
- WinBraille. <http://web.ics.purdue.edu/~schwarte/www/winbraille.html>. (Last visited in 9 Jan. 2007)
- Al-Salman, A. and Al-Khalifa, H.. "Towards a Computerized Arabic Braille Environment." Software Practice and Experience. Vol. 33. No. 6. May 2003. pp. 497-508.