P- ISSN 1991-8941 , E-ISSN 2706-6703
2012 ,(6), (2) :20-25

(*JUAPS*) **مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة**

Open Access

تمييز العلامات الموسيقية القياسية المطبوعة بالاعتماد على الشبكات العصبية

سجى جاسم محمد

جامعة الموصل- كلية علوم الحاسوب والرياضيات

معلومات البحث:

تاريخ التسليم: ٠٠/٠٠/٠٠
تاريخ القبول: ٠٠/٠٠/٠٠
تاريخ النشر: ٩ / ١٢ / ٢٠١٢

DOI: 10.37652/juaps.2012.63373

الكلمات المفتاحية:

العلامات الموسيقية ،
الشبكات العصبية.

الخلاصة:

استخدمت الشبكات العصبية في كثير من التطبيقات العملية وأثبتت نجاحها الفائق في معظم هذه المجالات، من بين تلك المجالات عمليات التمييز، تم في هذا البحث استخدام الشبكات العصبية من النوع الموجه في تمييز العلامات الموسيقية القياسية المطبوعة اذ تم اعتماد صورة مدرج موسيقي وتقطيعه الى عدد من العلامات الموسيقية بعدد العلامات الموجودة فيه ثم استخلاص خواص كل علامة موسيقية باستخدام طرق رياضية مهجنة وادخال النواتج الى الشبكة العصبية لتتم بعدها عملية التمييز .طُبِقت الخوارزمية على علامات موسيقية قياسية متعددة وتم تحقيق نتائج جيدة وبنسبة خطأ قليلة نسبيا.

المقدمة:

اتجهت الكثير من اهتمامات المختصين بالحاسوب الى تحقيق وتوسيع عمليات تمييز وتصنيف الأشياء، ولما كان للعلامات الموسيقية صيغة عامة يمكن التعرف عليها من قبل المهتمين في مجال الموسيقى وكتابة وقراءة المدرج الموسيقي وبوجود جهاز القارئ الذي يعمل على قراءة النص وتحويله الى تمثيل صوتي، أصبح من المهم التوصل الى خوارزميات تعمل على اكتشاف وتمييز العلامات الموسيقية ليسهل تحويلها بعدئذ الى نغمات مسموعة[١].

هناك اسباب كثيرة تدعو الى ادخال العلامات الموسيقية الى الحاسوب منها التحديث والتمارين التعليمية الخاصة بنظرية الموسيقى..الخ. في الوقت الحاضر، المعلومات الموسيقية يتم ادخالها الى الحاسوب عن طريق لوحة المفاتيح، الفأرة، لوحة مفاتيح البيانو او اي اجهزة الكترونية اخرى تربط الى الحاسوب تمهيدا لاستخدامها في التطبيقات الموسيقية، ولما كان لتمييز العلامات الموسيقية الدور الأساسي لأغلب التطبيقات الموسيقية مثل الاستنساخ الموسيقي او استرجاع الأغاني وغيرها من التطبيقات الموسيقية [١][٢]، لهذا فقد كانت محط اهتمام العديد من الباحثين في هذا المجال فمنهم من قام ببناء نظام حاسوبي يقوم باستماع الموسيقى وتمييز نوع الآلة الموسيقية التي تعزف هذا اللحن وبصورة أوتوماتيكية [٢][٣] ومنهم من قام بتمييز الآلة الموسيقية مستخدمين أسلوب استخلاص الخواص [٤]، واخرون قاموا بمحاولة فصل النغمات الموسيقية المسموعة والتي تعمل بصورة متزامنة(باستخدام المرشحات) لغرض تمييز كل واحدة منها على حدة[٥]، في حين لم توجد اعمال كثيرة بخصوص استخدام الشبكات العصبية مع العلامات الموسيقية خاصة في عملية التمييز، فقد قام بعض الباحثين بتمييزها باستخدام الشبكات العصبية [١].

هدف البحث هو تصميم نظام لقراءة وتمييز العلامة الموسيقية المطبوعة باستخدام الشبكات العصبية والموجهة منها بالذات لغرض تحويلها الى تمثيل صوتي موسيقي في مراحل اخرى متقدمة، كما يهدف الى دراسة صفات العلامة الموسيقية المطبوعة واستخلاصها بطرق رياضية احصائية مهجنة.

كتابة العلامات الموسيقية بالاعتماد على النظرية الموسيقية:

يوجد صيغة قياسية ثابتة لكتابة العلامات الموسيقية، فهناك خطوط مستقيمة منظمة تسمى المدرج الموسيقي (او السلم الموسيقي) والذي يكون عبارة عن خمس خطوط مستقيمة عرضية وبأربع فراغات بين هذه الخطوط، كما يوجد ايضا عدد من العلامات القياسية الموسيقية، اذ يمثل شكل العلامة الموسيقية فترتها الزمنية بينما يمثل موقع العلامة على المدرج الموسيقي حدتها او درجتها[١].

كما يمكن اعتبار المدرج الموسيقي على انه تتابع النغمات صعوداً وهبوطاً، فهو يتكون من سبع درجات نغمية وهي: دو – ري – مي – فا – صول – لا – سي. أما العلامة الثامنة فهي جواب العلامة الأولى وتحمل نفس التسمية دو، كما في الشكل ذو الرقم (١)، بينما يوضح الشكل ذو الرقم(٢) مدرج موسيقي بعدد من العلامات الموسيقية المذكورة.

* Corresponding author at: University of Mosul - College of Computer Science and Mathematics;
E-mail address: Saja_3m_80@yahoo.com

P- ISSN 1991-8941 , E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2012 ,(6), (2) :20-25

مصفوفة التباين:

عادة مايكون في مسائل التمييز اكثر من ميزة واحدة يمكن الاعتماد عليها في عملية التمييز وفي المسائل الاحصائية فان هدف الإحصائيين هو إيجاد علاقة بين مجموعة من البيانات بغض النظر عن أبعادها[٤] ، ففي كثير من الأحيان تكون مجموعة البيانات ذات أكثر من بعد واحد(اي ذات بعدين مثلا) فلا يفي لهذا الغرض المقاييس الإحصائية المخصصة للبعد الواحد مثل الانحراف المعياري ومدى الاختلاف بين البيانات، لهذا وجد ما يسمى بمصفوفة التباين (مصفوفة التغاير) التي تجد علاقة بين مجموعة من البيانات ذات البعدين[؟؟] والمعرفة بالمعادلة رقم(١):

$$COV = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{x})(Y_i - \bar{y})}{n-1} \quad \ldots(1)$$

حيث ان :

X ، Y: مصفوفات مربعة ذات بعدين

$\bar{y}$ و$\bar{x}$: يمثلان معدل كل من X و Y على التوالي

إن القيم الناتجة من تطبيق هذه المعادلة لا تعتبر ذات أهمية بالغة بقدر أهمية الإشارة التي تحملها هذه القيم سواء كانت موجبة أم سالبة، فإذا كانت الإشارة موجبة فهذا يعني إن كلا البعدين في زيادة مستمرة، أما إذا كانت الإشارة سالبة فهذا يعني أن احد البعدين يزداد في حين يكون البعد الأخر في نقصان مستمر، وأخيرا إذا كان الناتج صفر فهذا يعني إن كلا البعدين مستقلين عن بعضهما البعض [٤].

القيم الذاتية والمتجهات الذاتية:

تعتبر القيم الذاتية والمتجهات الذاتية من المصطلحات الهامة المتعلقة بحقل الجبر الخطي، وهي تمثل خواص المصفوفة إذ يتم حسابها اعتمادا على معادلات رياضية خاصة والتي تعطي معلومات مهمة عن المصفوفة تمثل تحليل عواملها، بعبارة أخرى يمكن القول أنها أعداد تتشارك معا لإيجاد مصفوفة مربعة تمثل تحليل للقيم المعطاة أو هيكلية المصفوفة المعطاة، وهي تشير أيضا إلى خصائص تلك المصفوفة، وهي مهمة عند الباحثين الإحصائيين في حلول مسائل الامثلية[٨] وتستخدم القيم الذاتية في عدد من التطبيقات الرياضية المتنوعة منها ميكانيكية الكم [٩]، ويرتبط مفهوم القيم الذاتية مع المتجه الذاتي فكل قيمة ذاتية لها متجه متعلق بها يدعى بالمتجه الذاتي(eigen vectors) [٨]، لحساب القيمة الذاتية لمصفوفة مربعة اولا يتم تطبيق المعادلة (٢):

$$Ax = \lambda x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث ان:

A: مصفوفة مربعة.

x : المتجه الذاتي المرتبط مع القيمة الذاتية λ.

λ: القيمة الذاتية للمصفوفة A.

ويمكن إعادة كتابة المعادلة (٢) كما يلي:

$$(A - \lambda I)x = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

في المعادلة رقم (٣) تكون λ هي القيمة الذاتية للمصفوفة A اذا وفقط اذا كان المحدد للمصفوفة مساوي للصفر كما في المعادلة (٣) [٨] :

$$\det(A - \lambda I) = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

١- شبكة الانتشار العكسي:

تعتبر شبكة الانتشار العكسي من الشبكات المستخدمة بشكل واسع جدا في التطبيقات العملية في الوقت الحاضر لقدرتها على تعليم الشبكات ذات الهيكلية المتعددة الطبقات والمعقدة وقدرتها على حل المسائل المعقدة بدقة عالية[١٠][١١] الشكل(٣) يوضح هيكلية شبكة الانتشار العكسي. اذ ان العقد في الطبقة المخفية تنفذ بواسطة الدالة الأساسية التي تعمل على منطقة محصورة من حيز الإدخال. وذلك باعتماد المعادلة (٥) [١٠] .

$$a1 = \tan sig(IW_{1,1}p_1 + b_1) \ldots\ldots\ldots\ldots 5$$

ومن ثم العقد في طبقة الإخراج تحسب بواسطة الدالة الخطية التي تعمل على منطقة محصورة من حيز الإخراج. وذلك باعتماد المعادلة (٦) [١٠]:-

$$a1 = purelin(LW_{2,1}a_1 + b_2) \cdots\cdots 6$$

وبعد عملية تعديل الأوزان تستمر عمليات حساب الnet الى ان تصل الشبكة للاستقرار وتكون قيم الإخراج مقاربة جدا للإخراج الهدف بأقل خطأ ممكن.

الخوارزمية المقترحة للتمييز:

تضمنت الخوارزمية المقترحة لتمييز العلامات الموسيقية المطبوعة عدد من الخطوات يمكن تفصيلها بمرحلتين، الأولى يتم فيها استخلاص خواص العلامات الموسيقية المطبوعة ومن ثم تدريب شبكة الانتشار العكسي(back propagation)عليها الى حد الوصول الى مرحلة التعلم لتبدأ بعدها المرحلة الثانية والتي تتضمن اختبار الشبكة وتمييز العلامات الموسيقية المقروءة من سلم موسيقي مطلوب تمييز علاماته(قراءتها).

المرحلة الأولى(تدريب الشبكة العصبية):

١. البداية.

٢. اعتماد صورة مدرج موسيقي يضم العلامات الموسيقية القياسية.
٣. تحويل المدرج الموسيقي من الالوان الحقيقية الى الصورة الثنائية اللون (ابيض واسود).
٤. تقطيع الصورة المعتمدة الى عدد من المقاطع بعدد العلامات الموسيقية القياسية وخزن النواتج في مصفوفة ثلاثية الابعاد ولتكنX.
٥. اعتماد المصفوفة الناتجة(X) واختيار ابعاد جديدة للصور ثم اعادة تحجيم كل الصور الناتجة من الخطوة ٤ والمخزونة في المصفوفة X.
٦. اعتماد صورة لعلامة موسيقية مطبوعة من المصفوفة X.
٧. إزالة كل الأسطر الزائدة المحيطة بصورة العلامة.
٨. إيجاد خواص العلامة من خلال مصفوفة التباين.
٩. إيجاد القيم الذاتية للمصفوفة الناتجة(مصفوفة التباين).
١٠. إعادة الخطوات (٦-١٠) على جميع الصور المخزونة في المصفوفة X.
١١. تدريب الشبكة العصبية على الخواص المستخلصة من علامات المدرج الموسيقي القياسي حتى الوصول الى حالة الاستقرار.
١٢. النهاية.

المرحلة الثانية (عملية تمييز العلامات الموسيقية):

١. البداية.
٢. قراءة صورة المدرج الموسيقي المطلوب تمييز العلامات القياسية الموجودة فيه وتحويلها الى صورة ثنائية اللون.
٣. تقطيع صورة المدرج الموسيقي إلى عدد من الصور بعدد العلامات الموسيقية الموجودة في المدرج المطلوب.
٤. قراءة صورة علامة موسيقية من المدرج الموسيقي المطلوب تمييزه.
٥. إعادة تحجيمها بنفس الحجم المعتمد في مرحلة التدريب.
٦. إزالة الأسطر الغير ضرورية في الصورة ليكون المتبقي صورة العلامة الموسيقية فقط.
٧. استخلاص خواص الصورة باستخدام مصفوفة التباين.
٨. إيجاد القيم الذاتية للمصفوفة الناتجة.
٩. ادخال الخواص المستخلصة الى الشبكة العصبية المدربة والمستقرة نسبيا والتي ستقوم بدورها بعملية التمييز واعطاء نتائج نهائية.
١٠. العودة الى الخطوة ٤ اذا لم ينته المدرج المطلوب قراءته.
١١. النهاية.

٢- مثال تطبيقي:

للتطبيق العملي للخوارزمية تم اعتماد نموذج مدرج موسيقي قياسي بسيط يحوي خمس علامات موسيقية قياسية إضافة الى مفتاح المدرج، في حين تم اعتماد مدرج آخر لعملية التمييز يحوي على مفتاح المدرج مع علامة موسيقية واحدة، يوضح الشكل(٤) عملية استخلاص خواص العلامات الموسيقية القياسية والتي سيتم تدريب الشبكة العصبية عليها، بينما الشكل(٥) يوضح استخلاص خواص وتمييز العلامات الموسيقية من سلم آخر.

النتائج:

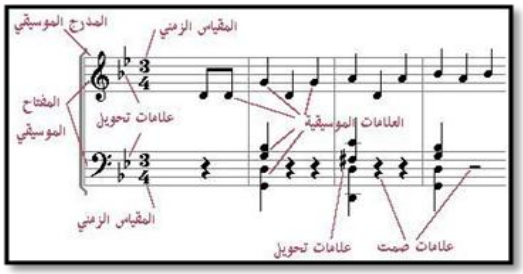
تم تطبيق الخوارزمية المقترحة على العلامات الموسيقية القياسية المطبوعة السبعة بضمنها علامة مفتاح المدرج الموسيقي، توضح الاشكال(٦)، (٧)، (٨)، (٩)، (١٠)، (١١)، (١٢) و(١٣) القيم الذاتية التي تم استخلاصها للعلامات القياسية قبل تدريب الشبكة العصبية عليها وهي توضح مدى الاختلاف الموجود بين علامة موسيقية واخرى، بينما يوضح الجدول(١) النتائج المحققة من تدريب شبكة الانتشار العكسي على هذه الخصائص.

المناقشة:

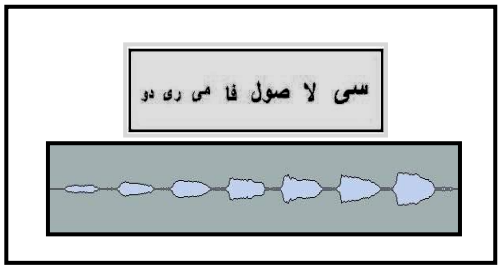
من الاشكال(٦)، (٧)، (٨)، (٩)، (١٠)،(١١)، (١٢) و(١٣) يتبين الفرق الواضح بين علامة موسيقية مطبوعة واخرى عند استخلاص خواصها بالطرق المقترحة في الخوارزمية فيبدو فيها جليا ان بالامكان تمييز العلامات الموسيقية بسهولة حتى بدون اللجوء الى استخدام الشبكات العصبية ذلك من خلال الفرق الكبير بين الخصائص لكل علامة، بينما يبين الجدول رقم(١) بوضوح قدرة الشبكة المعتمدة على تمييز صورة العلامة الموسيقية بأقل عدد ممكن من الأخطاء اذا ما تم اعتماد علامات موسيقية مطبوعة بأحجام مناسبة، فباستخدام الشبكة العصبية ازدادت قوة الخوارزمية باقل عدد ممكن من الأخطاء وبأقل وقت ممكن ايضا طبعا بعد تدريب الشبكة على النماذج القياسية للعلامات اي وصولها الى حالة الاستقرار والحصول على الاوزان المثالية.

الاستنتاجات:

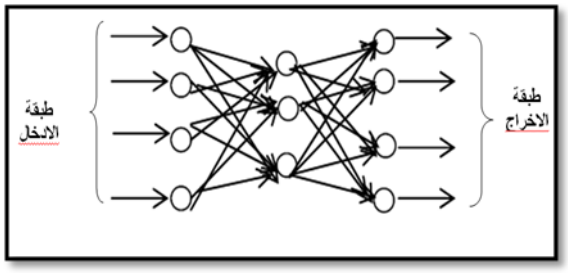
١- استخدام القيم المميزة لمصفوفة التباين اظهر تميز في الصفات لكل علامة موسيقية وبشكل واضح ومختلف عن مثيلاتها من العلامات الموسيقية المطبوعة الاخرى.



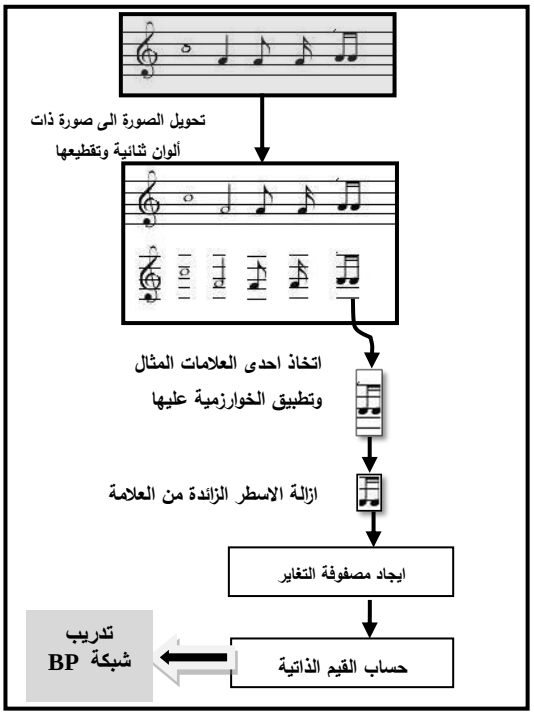
الشكل (١) مدرج موسيقي مع العلامات الموسيقية



الشكل(٢) النغمات الموسيقية القياسية



الشكل(٣) هيكلية شبكة الانتشار العكسي



الشكل(٤)خطوات استخلاص خواص السلم الموسيقي

٢- عملية استخلاص الخواص تعمل على تركيز المعلومات الضرورية للصورة والتي بالتالي تسهل من عملية التمييز.

٣- اعطت الشبكة العصبية سرعة في عملية التمييز وزيادة في دقة النتائج.

٤- ان استخدام اسلوب استخلاص الخواص ادى الى تقليل حجم البيانات الداخلة للشبكة وبالتالي ادى الى زيادة في السرعة عملية تدريب الشبكة.

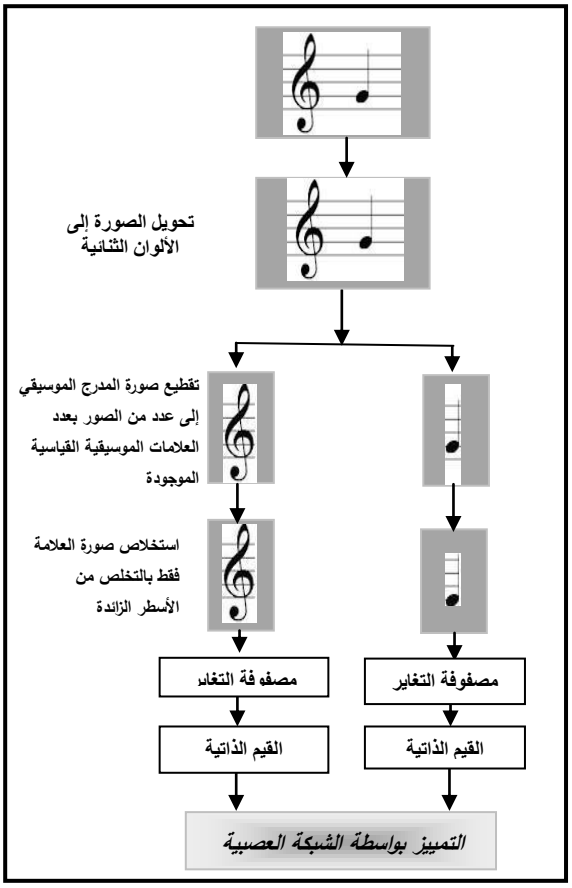
المصادر:

1. Y., K. and W., P., (2008). Music Note Recognition Based on Neural Networks. *IEEE* Computer *society press*, vol.2: 474-478. I47410.1109/ICNC.2008.831.
2. C., D.S. and M., E.D.,(1997). An adaptive technique for automated recognition of musical tones. IEEE Comput. Soc. Press, vol.2:1138-1141.
3. E., A.,(2001). Automatic musical instrument recognition. Tampere University of Technology, Master of Science Thesis, Department of Information Technology., pp(1-3).
4. E., A., (2003) . Musical instrument recognition using UCA-Based transform of features and discriminatively trained HMMS. IEEE, vol.2 : 133 – 136.
5. F.,S. W. and L.,E.W., (2003). Application of FRM filters for musical notes separation . *IEEE computer society press*, vol. 1: 731-734.
6. A.,T. and R. , A. K. ,(2005). Image processing principle and application.75-77. John Wiley& Sons, MC., publication, Canada.
7. J., J. and H., L.,(1993). Eigenvalues and eigenvectors of covariance matrices for closely-spaced signals in multi-dimensional direction finding. IEEE DOI ,vol.4: 228-231.
8. S., G., (2006). Linear algebra and its applications . pp(233-239), fourth edition, thomson learning inc.
9. P., A. C.,(2003).Introduction to Quantum mechanics,(123-188), John Wiley & Sons, Inc., 605 Third Avenue,New York.
10. G., D., (2007). Principle of artificial neural networks, 59-63, 2nd edition, World Scientific publishing, Co.Pte.Ltd.
11. S., E. A. and S., A.,(2006). Image compression using back propagation neural network using cumulative distribution function. world academy of science , engineering and technology, vol17:60-64.

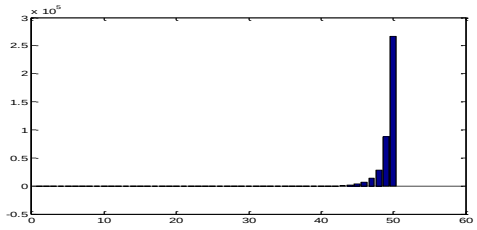
P- ISSN 1991-8941 , E-ISSN 2706-6703
2012 ,(6), (2) :20-25

(*JUAPS*) ***مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة***

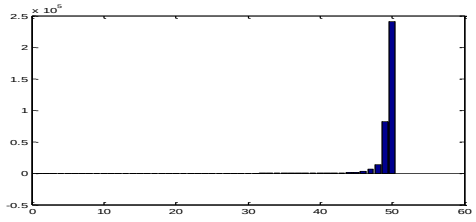
Open Access



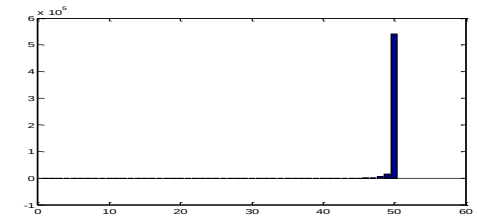
الشكل(٥) التطبيق العملي لخوارزمية التمييز المقترحة



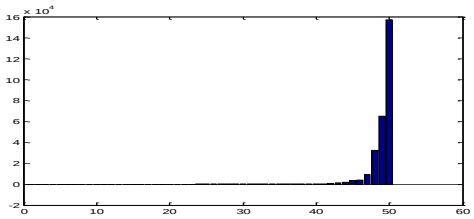
الشكل (٦)الخواص المستخلصة من العلامة (دو)



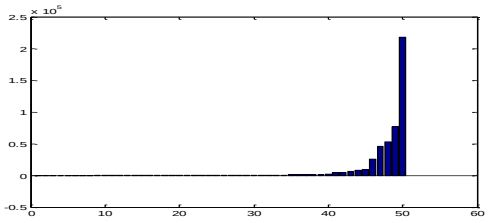
الشكل(٧)الخواص المستخلصة للعلامة(ري)



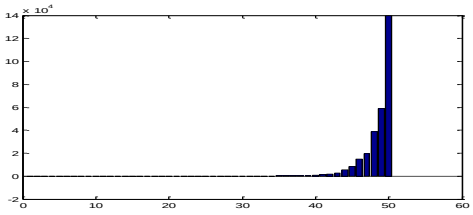
الشكل (٨) الخواص المستخلصة من العلامة (مي)



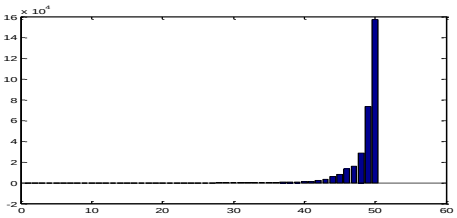
الشكل(٩)الخواص المستخلصة للعلامة(فا)



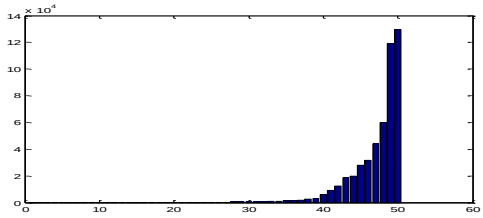
الشكل(١٠)الخواص المستخلصة من العلامة(صو)



الشكل(١١)الخواص المستخلصة من العلامة (لا)



الشكل(١٢)الخواص المستخلصة للعلامة(سي)



الشكل (١٣)خواص مفتاح المدرج الموسيقي

جدول(١)النتائج المحققة من الشبكة

العلامة	الوقت	الهدف	قيمة الاخراج	نسبة الخطأ	عدد محاولات التدريب
دو	1.7	1	0.953	0.0470	11
ري	0.3120	2	1.99	0.0100	3
مي	0.2960	3	2.55	0.4500	2
فا	0.2970	4	3.85	0.1500	2
صو	0.3270	5	4.70	0.3000	1
لا	0.3120	6	5.70	0.3000	2
سي	0.2970	7	6.71	0.2900	1
المفتاح	0.3016	8	7.89	0.1100	1

P- ISSN 1991-8941 , E-ISSN 2706-6703 (*JUAPS*) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2012 ,(6), (2) :20-25

Standard printed musical note recognition based on neural network

Saja jasem Mohammed

E.mail: Saja_3m_80@yahoo.com

Abstract:

Artificial neural network is widely used for many computer applications and assure it success in all of these fields, like recognition applications. In this paper the a supervised NN is used to recognize printed musical notes. First music staff image is read, this staff is segmented in to no. of single music note, then feature extraction is performed on results using combination of mathematic and statistic operations. BP now will trained on all extracted feature to recognize the standard printed music notes. This algorithm is applied on many examples and achieve good results and low error rate.