

**Audio File Compression Using Counter Propagation Neural Network**  
**Saja J. Mohammed**

[Sj\\_alkado@uomosul.edu.iq](mailto:Sj_alkado@uomosul.edu.iq)

University of Mosul/ College of Computer Science and Mathematics

Received on: 20/1/2010

Accepted on: 16/5/2010

**ABSTRACT**

In this paper audio files are compressed using counter propagation neural network (CPNN) which is one of the fastest neural networks in multi media. The utilized counter propagation neural network was trained on uncompressed sound file to obtain the final weights of this CPNN (Kohonen layer, Grossberg layer).

In compression operation: the sound signal segmented to number of frames equal in size. Then these frames are applied step by step, to the first layer of the neural network(kohonen layer) to obtain some compression results. The decompression operation done by retrieve stored information in resulted file. This information is applied to second layer of this CPNN (Grosberg layer) which will perform decompression operation and retrieve the original sound file. The proposed algorithm is applied on (.wav) audio files , The results show high performance in addition to short time in compression and decompression operation.

**Keywords:** neural network, counter propagation, compression, audio file.

كيس ملفات الصوت باستخدام شبكة **counter propagation** العصبية

سجى جاسم محمد

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: ٢٠١٠/٥/١٦

تاريخ استلام البحث: ٢٠١٠/١/٢٠

**الملخص**

تم في هذا البحث كيس ملف الصوت باستخدام شبكة (counter propagation) وهي إحدى أسرع الشبكات العصبية المستخدمة في مجال الوسائط المتعددة. إذ تم أولاً تدريب شبكة (counter propagation) على الملف الصوتي المطلوب كبسه للحصول على الأوزان النهائية للشبكة لطبقتها الأولى والثانية (طبقة كوهين (Kohonen layer)، طبقة كروسبيرج (Grossberg layer)). في عملية الكيس تم تقطيع الإشارة الصوتية إلى مقاطع منتظمة متساوية

الطول وإدخالها إلى الطبقة الأولى من الشبكة (طبقة كوهين) لإجراء الكبس، ثم اعتماد الملف الناتج من إخراج طبقة كوهين كنواتج لعملية الكبس.

أما عملية فك الكبس فقد تمت باسترجاع المعلومات المخزونة في الملف المكبوس وإدخالها إلى الطبقة الثانية من الشبكة (طبقة كروسبيرج) والتي تقوم بفك الكبس واسترجاع ملف الصوت الأصلي.

تم تطبيق الخوارزمية على ملفات صوتية من نوع (wav) وقد اظهرت النتائج دقة عالية جدا في عملية الكبس وفك الكبس ويزمن قليل نسبيا.

**الكلمات المفتاحية:** الشبكات العصبية، الكبس، الملف الصوتي، شبكة الانتشار المحدود.

## 1- المقدمة:

في تطبيقات كبس البيانات غالباً ما يكون لعملية تمثيل البيانات نموذج اولي له مساحة خزن ضخمة ويحتاج الى وقت نقل اكبر من البيانات المكبوسة [5][10]، وباعتبار الصوت الرقمي هو بيانات رقمية تحمل قيم العينات الصوتية فان عملية كبس الصوت الرقمي تساعد في الإسراع في عملية نقله كما يقلل من مساحة الخزن في الذاكرة [7][9][10].

لهذا الغرض فقد تم تطوير طرق الكبس باتجاه الخوارزميات التقليدية المبنية على أساس تطبيق عملية ترميز معقدة للبيانات اعتماداً على صيغ رياضية معروفة. وفي السنوات التي تلت اكتشاف ودراسة الشبكات العصبية قام الباحثون بتطبيق تقنية وحسابات الشبكات العصبية في عملية كبس البيانات [2]، اذ تم اولا القيام بعملية كبس الصور باستخدام شبكة Back propagation neural network وذلك عام 1991 ثم توالى استخدامات الشبكات العصبية في الكبس منها شبكة Kohonen خاصة في كبس الصور الرقمية [1]، الى ان استخدمت شبكة counterpropagation في عملية الكبس [2].

هناك العديد من خوارزميات كبس البيانات الصوتية الرقمية تهدف جميعها الى تحقيق كبس للبيانات الصوتية مع المحافظة على جودة الصوت اكثر ما يمكن وان كان الصوت كلاما فيجب ان لا يتغير مفهوم الكلام ونبرة المتكلم بحيث يصل الكلام بدون تغيير بعد فك الكبس [7][9][10].

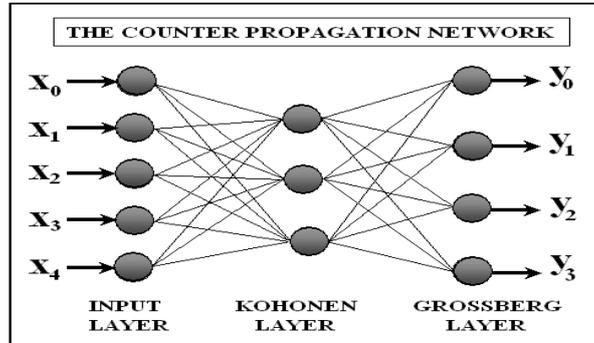
## 2- الشبكات العصبية

نشأ الاهتمام بالشبكات العصبية من الخصائص الموجودة فيها، منها قدرتها على تجاوز محددات الحل التقليدي وخاصية التوازي (parallelism) التي تمثل أساس الشبكات العصبية

الاصطناعية إذ ان كل الخلايا في الشبكة تعمل بتزامن مما يعطي قدرة للشبكات العصبية على معالجة البيانات بسرعة عالية جدا حتى وان كانت البيانات هائلة، كذلك قدرتها على التكيف والتنظيم الذاتي إذ ان الشبكات العصبية الاصطناعية توفر قدرات معالجة موثوق بها وكذلك قابليتها على التكيف من خلال تعديل أوزان ارتباط خلاياها إضافة إلى امتلاكها خاصية تقسيم الذاكرة إذ أن كل خلية من خلايا الشبكة العصبية تحوي على وحدة ذاكرة خاصة بها تقوم بخزن الحقائق، لذا عند فقدان إحدى العناصر فإنه لا يسبب فقدان للبيانات المخزونة[1][9].

## 2-1-1- شبكة (counter propagation):

تتألف هذه الشبكة من دمج نوعين من الشبكات: شبكة التعليم الذاتي كوهين (Kohonen layer) التي تمثل الجزء الأول من الشبكة و شبكة كروسبيرج (Grossberg Layer) وهي الجزء الثاني من الشبكة، وبطريقة واحدة لكل شبكة وهذا الدمج بين الشبكتين أدى إلى جعل الشبكة سريعة جدا وتدريب بأقل عدد من الخطوات[8]. من المعروف ان شبكة كوهين (Kohonen layer) تستخدم التعليم الذاتي (بدون مشرف) وبما أن شبكة كروسبيرج هي من نوع الشبكات ذات التدريب بمشرف وهي الجزء الثاني للشبكة المقترحة لذا فان شبكة counter propagation تكون من نوع التدريب بمشرف وتعتمد في تدريبها على نسبة خطأ محددة ، يوضح الشكل (1) هيكلية هذه الشبكة، وفيما يلي شرح لهاتين الطبقتين مع المعادلات المستخدمة لتعديل أوزان الشبكتين.



الشكل (1) معمارية شبكة counter propagation

## 2-1-1-2- طبقة كوهين Kohonen layer [3][4][1] :

ويطلق عليها أيضا "Winner-take-all" (WAT) أي الفائز يأخذ كل شيء، وهكذا فإن الإدخالات الموجهة للطبقة يخرج منها عقدة فائزة واحدة فقط تكون قيمتها (1) وباقي العقد تكون قيمتها (0).

تتكون شبكة كوهين من طبقتين ، طبقة الإدخال والتي تتألف من مجموعة من الخلايا العصبية وكل خلية من خلايا الإدخال ترتبط بجميع الخلايا الموجودة في طبقة الإخراج ( output layer) أو ما يسمى بـ(Kohonen layer) عن طريق أوزان الارتباطات بين الخلايا.ومما تجدر الإشارة إليه أن شبكة كوهين هي واحدة من الشبكات العصبية الاصطناعية ذات التعليم بدون إشراف أي من نوع التعليم الذاتي إذ لا يوجد لها إخراج محدد (target output).

أما خطوات تعليم طبقة كوهين فهي كما يلي :

الخطوة الأولى: تهيئة الإدخال ووضعه على الشبكة ذلك بإجراء عملية الـ (normalization) عليه بتطبيق المعادلة رقم (1) وإخراج متجه الإدخال الجديد X :

$$x_i = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_j x_j^2}} \quad \dots(1)$$

الخطوة الثانية:وضع قيمة ابتدائية عشوائية صغيرة بشكل عشوائي لأوزان كل الخلايا في الشبكة. الخطوة الثالثة: حساب الإخراج NET عن طريق حاصل الجمع الناتج من ضرب الإدخالات بالأوزان المكافئة لها، لنرمز إلى ناتج الشبكة طبقة كوهين هو  $k_j$ ، إذ يمثل  $j$  تسلسل العقدة في طبقة الإخراج عندها يكون:

$$k_j = \sum_{i=1}^m w_{ij} x_i \quad \dots(2)$$

$m$  عدد العقد في طبقة الإدخال

$w$  مصفوفة الأوزان

$x$  متجه الإدخال

الخطوة الرابعة: اختيار الخلية التي تحمل أعلى قيمة للإخراج واعتبارها هي الخلية الفائزة والإخراج لها يثبت واحد وبقية الخلايا في طبقة كوهين أي طبقة الإخراج تثبت صفر وكما هو مبين أدناه:

$$k_h = \sum_{i=1}^m w_{ij} x_i = 1 \quad \dots(3)$$

$$k_{j \neq h} = 0 \quad \dots(4)$$

## 2-1-2- طبقة كروسبيرج Grossberg Layer [6][3]:

يمثل ناتج طبقة كروسبيرج الناتج الموزون لطبقة كوهين، فإذا كان رمز ناتج الشبكة للخلية  $j$  في طبقة كروسبيرج  $g_j$  عندها:

$$g_j = \sum_i k_i v_{ij} \quad \dots(5)$$

إذ أن:  $k_j$  : نواتج طبقة كوهين .

$V_{ij}$  : أوزان طبقة كروسبيرج

لكن بطبيعة (WTA) لطبقة كوهين اذا كان :

$$\left. \begin{array}{l} k_h = 1 \\ h_{j \neq h} = 0 \end{array} \right\} \quad \dots(6)$$

فإن:

$$g_j = \sum_{i=1}^p k_i v_{ij} = k_h v_{hj} = v_{hj} \quad \dots(7)$$

### 2-1-3- تعديل أوزان الشبكة [3]:

عند تدريب الشبكة على الإخراج المطلوب فان هذه العملية تتطلب تعديل لأوزان الشبكة بطبقتها الأولى والثانية وحسب ما هو موضح أدناه، اذ توضح المعادلة (8) قانون تعديل الأوزان في طبقة كوهين، بينما توضح المعادلة (9) قانون تعديل الأوزان في طبقة كروسبيرج. ومما تجدر الإشارة إليه انه لا يوجد شرط توقف خاص بشبكة كوهين فقط لانها تعتبر طبقة من الشبكة الناتجة ككل، فهي ترتبط مع شبكة كروسبيرج لهذا فالإخراج الخاص بشبكة كروسبيرج هو الذي يحدد التوقف حسب نسبة الخطأ الناتجة لأنه يعتبر إخراج الشبكة الهجينة الناتجة.

$$w_{(n+1)} = w_{(n)} + \alpha [x - w_{(n)}] \quad \dots(8)$$

$\alpha$  هي معامل نسبة النظام (عادة  $\alpha=0.7$ )

$$v_{(n+1)} = v_{(n)} + \beta [T - v_{(n)k}] \quad \dots(9)$$

$\beta$ : تكون قيمتها (1) ويتم تقليلها تدريجيا أثناء تدريب الشبكة .

T: هو الإخراج الهدف او المطلوب (Target output) .

وقد استخدم مقياس معدل مربع الأخطاء (Mean Square Error: MSE) المبين في المعادلة (10) في شرط توقف الشبكة عن التدريب لمقارنة الإخراج الناتج مع الإخراج الهدف (Target output) أما الدالة التي استخدمت لإيجاد ( $f(\text{net})$ ) فكانت دالة (Sigmoid function) (output) الموضحة بالمعادلة (11).

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n er_i^2 \quad \dots(10)$$

(er): هو مقدار الخطأ الحاصل ويمثل الاخراج المطلوب - الاخراج الحالي.

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1 + e^{-c(\text{net})}} \quad \dots(11)$$

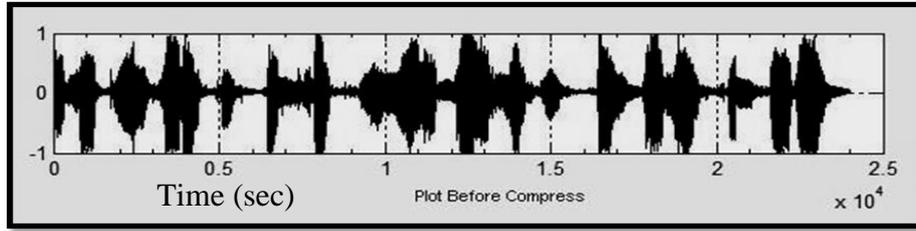
c: قيمة ثابتة تم اختيارها عند تدريب الشبكة ومقدارها 1.

### 3- الجانب العملي:

تضمن الجانب العملي عدة مراحل هي:

1. مرحلة التهيئة: تبدأ مراحل الخوارزمية المعتمدة بخطوة التهيئة، إذ يتم تهيئة متطلبات العمل ومنها توليد مصفوفة الأوزان الابتدائية التي ستبدأ بها الشبكة وتحديد قيم معامل التعلم لكل طبقة لغرض تدريبها.

يتم في هذه المرحلة أيضا عملية تسجيل الصوت وخصونه تحت صيغة الملف wav، يوضح الشكل (2) إشارة كلام لصوت مقدمة لنشرة الأخبار تم تسجيلها من جهاز التلفاز وخصنها في ملف من نوع wav لتهيئتها قبل عملية الكبس، وتجدر الإشارة ان حجم الملف المذكور قبل الكبس هو 49.6kb.



الشكل (2): ملف صوتي تم تسجيله من جهاز التلفاز.

### 2. مرحلة المعالجة الأولية للصوت:

وتتضمن قراءة الملف الصوتي والبدء بمعالجته قبل إدخاله للشبكة وذلك بالقيام بعملية التعبير (normalization) ثم تقطيع الإشارة الناتجة إلى عدد من المقاطع (وبحسب طول الملف) وقد تم تحديد طول المقطع الواحد بـ(100) عينة حسب عدد العقد المعتمد في طبقة الإدخال الخاص بالشبكة، ومما يجدر الإشارة اليه انه تم اختيار هذا العدد بالتجربة في عدة محاولات للحصول على جودة عالية للصوت المسترجع ونسبة كبس جيدة.

### 3. مرحلة تدريب الشبكة:

- في هذه المرحلة يتم البدء بعملية تدريب الشبكة التي تستمر لحين الوصول إلى مرحلة التعلم والحصول على الأوزان المثالية للشبكة حسب الإدخال المعطى، وعملية التدريب تتضمن:
- ❖ حساب إخراج طبقة كوهين وإيجاد العقدة الفائزة وإعطائها القيمة 1 وإعطاء القيمة (صفر) لباقي العقد.
  - ❖ إدخال ناتج طبقة كوهين على طبقة كروسبيرج لحساب إخراج هذه الطبقة والذي يمثل الإخراج النهائي للشبكة.
  - ❖ مقارنة الإخراج الحالي (Actual output) مع الإخراج المطلوب (Desired output) والذي يمثل في حالة الكيس عينات الإدخال نفسها (input sample)، ثم حساب نسبة الخطأ حسب المعادلة (10)، وفي حالة كون الخطأ أكبر من القيمة المحددة له يتم إعادة تدريب الشبكة لتحقيق التوازن والوصول إلى حالة الاستقرار.

4. مرحلة إتمام عملية الكيس وتكوين الملف المكبوس:

عندما تصل الشبكة إلى حالة التعلم والاستقرار، وبعد خزن الأوزان النهائية لها تكون الشبكة جاهزة للقيام بعملية الكيس وفك الكيس، إذ يتم أولاً إدخال الملف المطلوب كبسه إلى الشبكة وحساب الـ (Net) لطبقة كوهين وإيجاد العقدة الفائزة. ان تسلسل هذه القعدة سيمثل ناتج كيس أول 100 عينة صوتية للملف (أي ناتج كيس أول مقطع من الملف الصوتي) وهكذا تستمر عملية الكيس هذه لايجاد ناتج الكيس لكل مقاطع الملف الصوتي. وعلى سبيل المثال لو كان الملف متكون من 240 مقطع صوتي سيكون ناتج عملية الكيس 240 قيمة لتسلسلات العقد الفائزة لكل مقطع، أي تم التعويض عن كل 100 عينة صوتية بقيمة واحدة تمثل تسلسل العقدة الفائزة في الطبقة الأولى من الشبكة.

وبعد إتمام كيس الملف تبدأ عملية تكوين الملف الناتج والذي يمثل ناتج عملية الكيس وخزنه بالامتداد (CPC: Counter propagation Compression)، إذ يتم أولاً تكوين بادئة للملف والتي تضم كل المعلومات الضرورية والتي يصفها الجدول (1)، يليها القيم الناتجة بعد عملية الكيس (تسلسل العقد الفائزة لكل مقاطع الملف الصوتي) ثم الأوزان النهائية للشبكة والخاصة بطبقة كروسبيرج فقط وذلك لغرض استرجاعها أثناء عملية فك الكيس، يوضح الشكل (3) هيكلية الملف الناتج، اما حجم الملف بعد كبسه فقد اصبح 3.94kb.

جدول (1): بادئة الملف (.cpc)

ت	القيم المستخدمة في بادئة الملف
1	طول بادئة الملف

2	طول بيانات الصوت الحقيقية
3	نسبة التعيان
4	طول جزء الـ(index) من الملف الناتج
5	عنوان بداية مقطع أوزان شبكة كروسبيرج
6	حجم مصفوفة الأوزان الناتجة
7	محموزة للاستخدام المستقبلي

مقطع الأوزان C	مقطع الـindex B	بادئة الملف A
-------------------	--------------------	------------------

الشكل(3): هيكلية الملف .cpc.

وللمثال الصوتي الموجود في الشكل(2) كان الملف الناتج بعد الكبس (.cpc) كما موضح في الشكل (4).

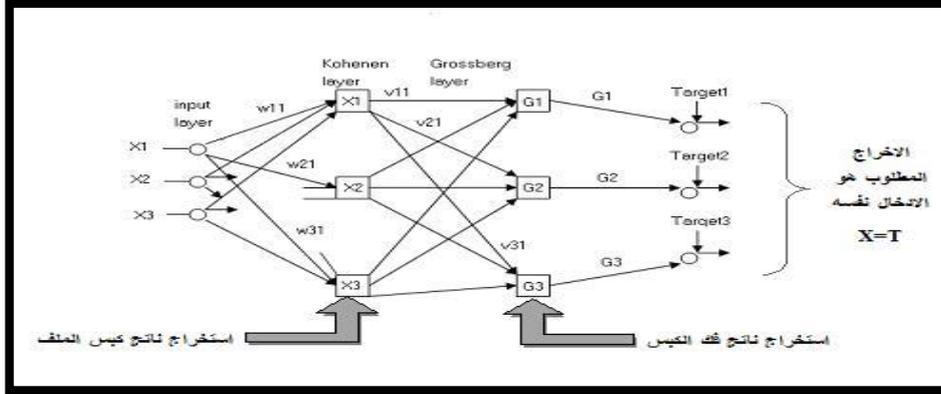
8	24000	8000	240	248	1000	0	0	A
10	7	1	7	9	1	4	7	B
⋮								
1	3	2	6	7	1	3	3	C
0.0171	0.0167	0.0172	0.0169	0.0169	0.0168	0.0167	0.0170	
⋮								
0.0151	0.0155	0.0155	0.0148	0.0155	0.0156	0.0147	0.0146	

الشكل(4) الملف الناتج من كبس الملف الصوتي بالخوارزمية المقترحة

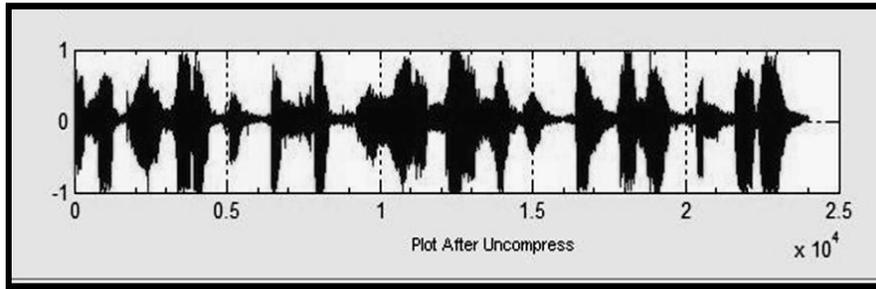
5. مرحلة فك الكبس: وتتضمن:

- ❖ قراءة الملف الناتج من عملية الكبس(.cpc) واسترجاع المعلومات الضرورية لعملية فك الكبس.
- ❖ قراءة تسلسلات العقد الفائزة والاحتفاظ بها.
- ❖ استرجاع الأوزان الخاصة بطبقة كروسبيرج.
- ❖ حساب الإخراج لكل قيمة من تسلسلات العقد الفائزة المسترجعة من الملف بضربها بالأوزان التابعة لها وفي كل مرحلة سيتمثل الإخراج مقطع من مقاطع الصوت المسترجع.

❖ إعادة تجميع مقاطع الملف الصوتي، والاستماع إلى الصوت الناتج، يوضح الشكل (5) كيف يتم الكبس وفك الكبس في الشبكة بينما يوضح الشكل (6) رسم لإشارة الصوت الناتجة بعد فك الكبس.

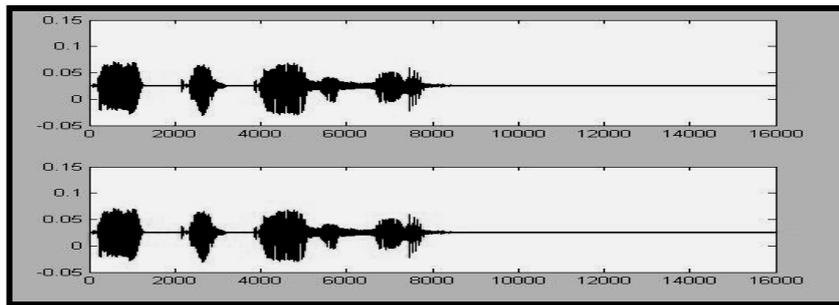


الشكل (5) يوضح كيف يتم الكبس وفك الكبس في الشبكة

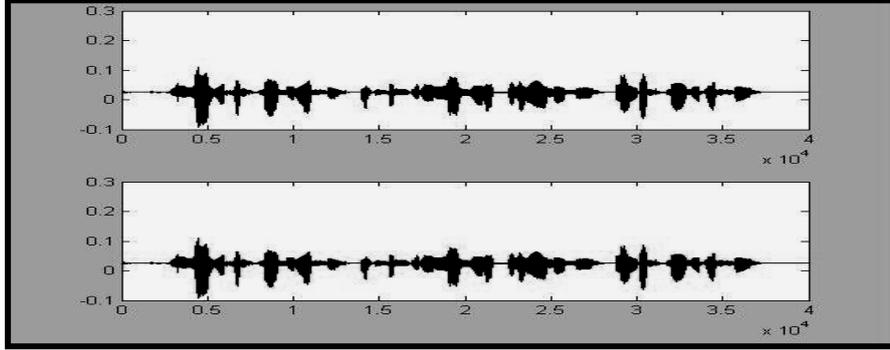


الشكل (6): الملف الناتج بعد فك الكبس

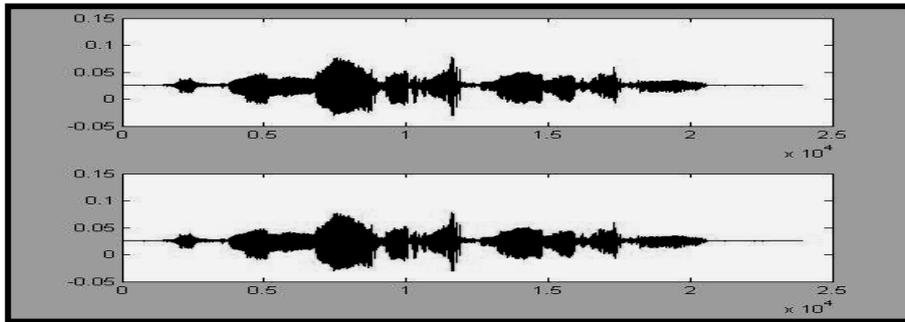
في الأشكال (7)، (8)، (9) أدناه أمثلة تطبيقية أخرى تم كبسها باستخدام الشبكة المعتمدة في البحث:



الشكل (7) الصوت الأصلي والمسترجع من تطبيق الخوارزمية على صوت أنثى ولمدة 2 ثانية



الشكل (8) الصوت الأصلي والمسترجع من تطبيق الخوارزمية على صوت طفل ولمدة 4 ثواني



الشكل (9) الصوت الأصلي والمسترجع من تطبيق الخوارزمية على صوت رجل ولمدة 4 ثواني

##### 5- المقاييس المعتمدة في قياس جودة الصوت المسترجع :

- من المعروف ان هنالك عدد من المقاييس العالمية المعتمدة لقياس مدى جودة الملفات المسترجعة [9] لمعرفة كفاءة الطريقة المستخدمة نذكر منها:
1. مقياس (MOS): يعتمد هذا المقياس على الإذن البشرية في تقدير نجاح الأسلوب المستخدم، ذلك بأخذ آراء المستمعين للإشارة المسترجعة اعتمادا على درجات المقياس الخمس (ممتاز، جيد، متوسط، مقبول وريء).
  2. مقياس MSE: أي متوسط مربع الأخطاء ويستعمل هذا المقياس غالبا مع الشبكات العصبية لقياس مدى كفاءة النتائج او عند تدريب الشبكة القائمة على أساس التدريب بإشراف، وحسب المعادلة (10).
  3. مقياس MAE: مقياس لأداء عمل الشبكة العصبية والذي يعتمد على إيجاد معدل القيمة المطلقة للأخطاء حسب المعادلة (12).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad \dots(12)$$

1. مقياس SNR: أساس عمل هذا المقياس هو قياس نسبة الأخطاء الموجودة في الإشارة الناتجة من خلال المعادلة (13):

$$SNR = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 10 \log_{10} \frac{\sum_{n=1}^N |s_{in}(n)|^2}{\sum_{n=1}^N |s_{out}(n) - s_{in}(n)|^2} \quad \dots(13)$$

إذ أن:  $S_{out}, S_{in}$  : تحويل فوريير للإشارة الداخلة والخارجة على التوالي

N : عدد العينات داخل المقطع

M : عدد المقاطع (Frames)

2. مقياس نسبة الكبس Compression ratio

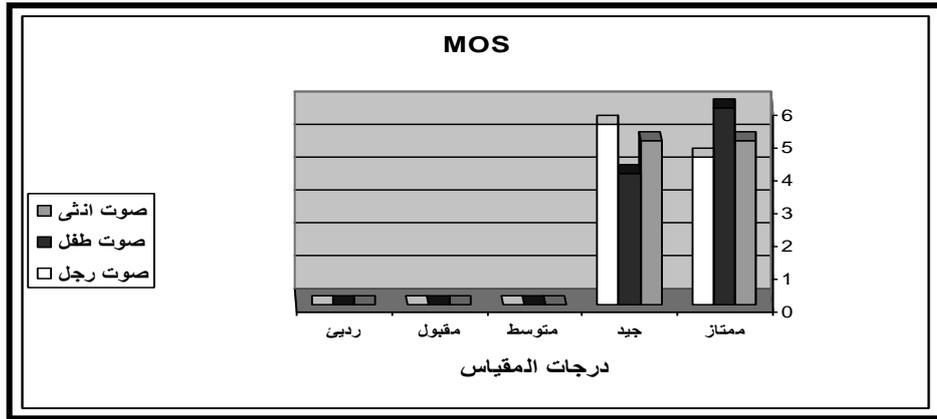
من المعروف أن قياس مدى كفاءة أي خوارزمية للكبس يعرف من خلال حساب نسبة

الكبس والتي يمكن الحصول عليها كما يلي:

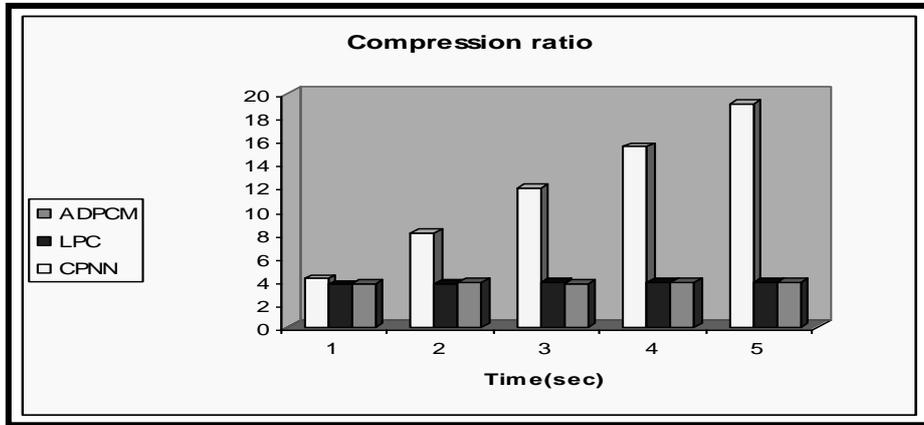
Compressed ratio(CR)=Compressed file size/ uncompressed file size

### 5-1 مناقشة النتائج:

من خلال تنفيذ الخوارزمية على خمس ملفات صوتية واعتماداً على المقاييس المذكورة سابقاً فقد تم الحصول على النتائج الموضحة في الجداول والإشكال التالية، إذ عرضت الملفات الناتجة على عدد من المستمعين لتقييم الاداء حسب مقياس MOS والنتائج يوضحها الشكل (10)، وتم حساب نسبة الكبس بعد تطبيق الخوارزمية على أكثر من ملف صوتي وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (2) والشكل (11)، أيضاً أجريت مقارنة بين نسب الأخطاء في الخوارزمية المعتمدة مع خوارزمتين معروفتين للكبس (LPC مع RLE وADPCM) تبينها الجداول (2)، (3) و(4) والأشكال (12)، (13) و(14)، كما تم مقارنة الزمن الذي تستغرقه الشبكة للتدريب والكبس وفك الكبس مع الخوارزميات المعروفة لكبس الصوت، كما موضح في الجدول (5)، وأخيراً تم حساب نسب الأخطاء للشبكة لمثال صوتي واحد ولعدة مرات يوضحها الجدول (6).



الشكل (10): مقياس (MOS) لثلاث ملفات صوتية مسترجعة بالخوارزمية المقترحة



الشكل (11): حساب نسبة الكبس لعدد من الملفات الصوتية ولثلاث خوارزميات مختلفة

جدول (2) يوضح نتائج كبس ملفات صوتية باستخدام CPNN

MAE	MSE	CR	الحجم بعد الكبس	الحجم قبل الكبس	TIME	File
1.44E-21	6.51E-39	4.16	3.75	15.6	1 sec	1
4.37E-22	5.26E-40	8.125	3.84	31.2	2 sec	2
7.54E-22	8.67E-40	11.90	3.94	46.9	3 sec	3
7.05E-22	8.76E-40	15.47	4.04	62.5	4 sec	4
4.91E-22	8.88E-40	19.14	4.08	78.1	5 sec	5

جدول (3) كيس الصوت باستخدام خوارزمية (LPC+RLE)

MAE	MSE	CR	الحجم بعد الكبس	الحجم قبل الكبس	TIME	File
0.0301	0.0012	3.662	4.26	15.6	1 sec	1
0.0259	7.42E-04	3.773	8.27	31.2	2 sec	2
0.0261	7.54E-04	3.813	12.3	46.9	3 sec	3
0.0266	8.31E-04	3.81	16.4	62.5	4 sec	4
0.0262	7.79E-04	3.828	20.4	78.1	5 sec	5

جدول (4) كيس الصوت باستخدام خوارزمية ADPCM

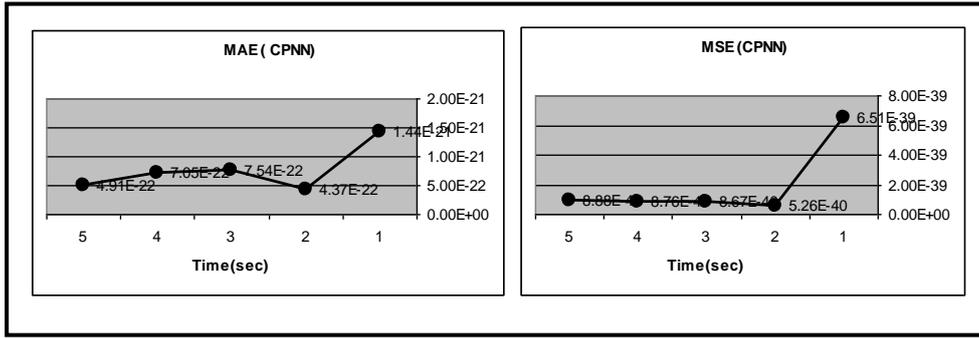
MAE	MSE	CR	الحجم بعد الكبس	الحجم قبل الكبس	TIME	File
0.0011	2.82E-05	3.75	4.16	15.6	1 sec	1
3.92E-04	3.16E-06	3.847	8.11	31.2	2 sec	2
3.05E-04	5.14E-07	3.752	12.5	46.9	3 sec	3
7.97E-04	1.22E-05	3.810	16.4	62.5	4 sec	4
7.75E-04	1.12E-05	3.809	20.5	78.1	5 sec	5

جدول (5) مقارنة بين الزمن الذي تستغرقه الخوارزمية المقترحة مع خوارزميات أخرى

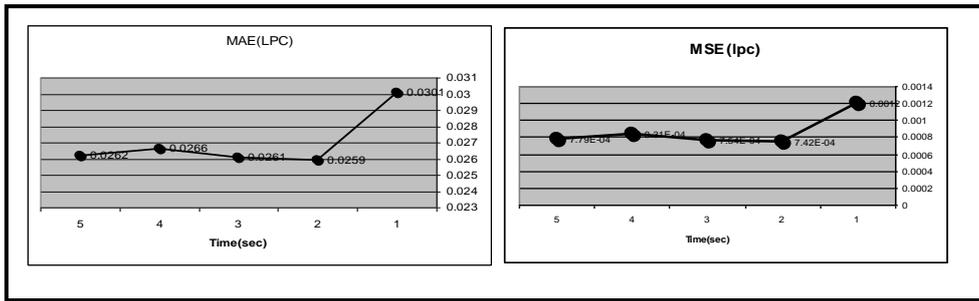
LPC +RLE	ADPCM	CPNN	File
0.8125 sec	1.625 sec	0.6875 sec	1
1.8594 sec	3.3438 sec	1.6406 sec	2
3.5781 sec	5.6094 sec	2.7344 sec	3
5.6406 sec	7.9063 sec	5.3438 sec	4
8.6094 sec	12.3281 sec	7.2031 sec	5

جدول (6) اختلاف نسب الأخطاء في الخوارزمية المعتمدة لأربع تجارب على ملف صوتي واحد

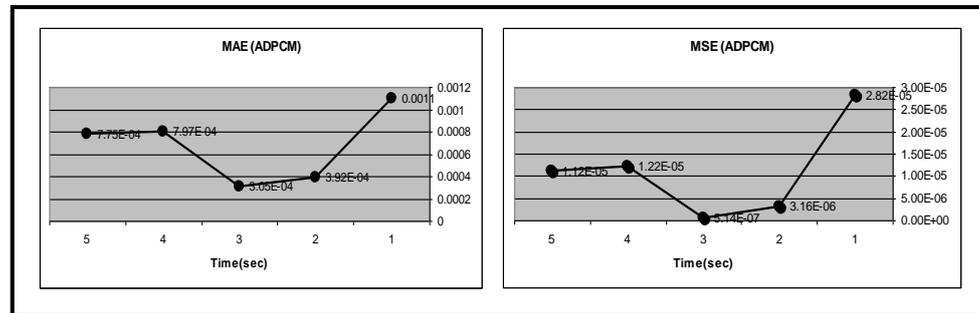
MAE	MSE	Tests
1.44E-21	6.51E-39	1
6.81E-22	6.93E-40	2
1.40E-21	6.38E-39	3
6.37E-22	6.39E-40	4



الشكل (12) حساب MAE و MSE لنتائج شبكة CPNN



الشكل (13) حساب MAE و MSE لخوارزمية (LPC+RLE)



الشكل (14) حساب MAE و MSE لخوارزمية ADPCM

من النتائج اعلاه يمكن استنتاج مايلي:

أولاً: نسبة الكبس :

كانت نسبة الكبس في الشبكة المعتمدة مستقرة نسبياً مقارنة بالخوارزميات الأخرى ذلك ان الملف الناتج لا يتأثر بحجم الملف الأصلي كثيراً، اذ ان 75% من حجم الملف المكبوس ثابت لانه

يمثل الأوزان الثابتة الحجم مع بادئة الملف وما يتغير من الحجم هو فقط زيادة في حجم مصفوفة الـ(index)، لهذا تناسبت نسبة الكبس للشبكة CPNN مع زيادة حجم الملف تناسبا طرديا بينما كانت ثابتة في الخوارزميات ((LPC+RLE) و ADPCM)، وهذا ما وضحه الشكل(10) .

#### ثانياً: نسبة التشوه:

أظهرت شبكة CPNN نتائج جيدة جدا في عملية الكبس فقد كان استرجاع الملف بدون فقدان للبيانات بنسبة تجاوزت 90% على سبيل المثال عندما كان عدد عينات الملف 24000 عينة كان عدد العينات التي استرجعت بنسبة خطأ قليلة جدا تقدر بـ65 عينة وباقي العينات استرجعت بالكامل كما هي، اما في خوارزمية ((LPC+RLE) فقد استرجع الملف بنسبة تشوه كبيرة اذ شابه الصوت المسترجع صوت الآلة او الإنسان الآلي، اما طريقة ADPCM فقد كانت نسبة التشوه فيها معقولة او مناسبة فكانت الإشارة المسترجعة مقاربة للإشارة الأصلية.

ومما يجب الإشارة إليه انه قد استخدم المقياس SNR و PSNR لقياس نسبة الخطأ في نتائج الشبكة المعتمدة لكنه ولد حالة الـ(ما لانهاية-Infinty) ذلك لوجود عدد كبير من المقاطع (frames) في الملف المسترجع مطابقة تماما للملف الاصيل وهذا ما سبب القسمة على صفر وبالتالي الوصول الى حالة الـ(ما لانهاية)، لهذا استبعد هذان المقياسان في عملية ايجاد نسبة الخطأ بين الملف الاصيل والملف المسترجع.

#### ثالثاً: الزمن المستغرق:

من خلال قياس الوقت المستغرق لعمل الشبكة أثبتت الخوارزمية المقترحة سرعة ملحوظة في الأداء، فقد قورنت مع الخوارزميات المعروفة للكبس وكان الزمن الذي تستغرقه للتدريب والحصول على الأوزان النهائية اضافة الى الكبس وعملية فك الكبس مقارب او اقل للزمن الذي تستغرقه خوارزميتي ((LPC+RLE) و ADPCM) هذا ما يمكن الشبكة للعمل في مجال استخدامات الزمن الحقيقي.

#### رابعاً: عشوائية نسب الخطأ:

لقد سبب اختيار الأوزان الابتدائية بصورة عشوائية في كل مرحلة تدريب الى كون نسبة الخطأ ذات طبيعة غير مستقرة لنفس الملف وهذا موضحة الجدول(5).

#### المصادر

- [1] خليل، بيداء ابراهيم، (2001)، "مقارنة التطبيق لبعض الشبكات العصبية الاصطناعية"، بحث ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل.
- [2] Chang ,W. ; Soliman, H. S. & Sung, A. H.; (1992), "Image Data Compression Using Counterpropagation Network" , New Mexico Institute of Mining and Technology Computer Science Department, Socorro, NM 87801.
- [3] Graupe, Daniel, (2007),” principle of artificial neural network”, (2nd Edition), Advanced Series on Circuits and Systems Vol. 6, Published by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- [4] Krose, Ben; Smagt ,Patrick van der ;(1996), "An introduction to neural network", Eighth edition, The University of Amsterdam.
- [5] Ladino ,Jeffrey N. ,(1996),"Data Compression Algorithms ", Copyright Jeffrey N. Ladino.
- [6] Margaris, Athanasios I.; Kotsialos, Efthimios; (2004),” parallel counter-propagation networks" ,Proceedings of the International Conference on Theory and Applications of Mathematics and Informatics - ICTAMI 2004, Thessaloniki, Greece,306.
- [7] Pan ,Davis Yen; (1993), "Digital Audio Compression", Digital Technical Journal Vol. 5 No. 2.
- [8] Rao ,Valluru B. ,(1995), "C++ Neural Networks and Fuzzy Logic", M&T Books, IDG Books Worldwide, Inc. ISBN: 1558515526 .
- [9] Wikipedia the free encyclopedia, (2007), <http://en.wikipedia.org>.
- [10] Wootton, cliff; (2005), "A Practical Guide to Video and Audio compression", Elsevier inc., ISBN 0-240-80630-1.