فشرده سازی اطلاعات با استفاده از تبدیل موجک

علی بخشی

باشگاه پژوهشگران جوان alibakhshi2020@gmail.com

مسعود رادمهر

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد masoud_radmehr@yahoo.com

چکیده:به منظور ثبت شکل موجهای مربوط به کیفیت توان از دستگاههای ثبت کننده استفاده می شود.به جهت ثبت کلیه اغتشاشات نیاز است که فرکانس نمونه برداری آن زیاد باشد.فرکانس نمونه برداری زیاد باعث می شود که حجم اطلاعات ذخیره شده مقدار قابل توجهی باشد.بدین جهت می توان با استفاده از تکنیکهای فشرده سازی از سیگنال اصلی تبدیل موجک گرفته وبا قرار دادن یک سطح آستانه تعدادی از ضرایب را حذف کرد.این عمل باعث می شود به همراه به وجود آمدن تعدادی خطا، حجم اطلاعات به طور قابل ملاحظه ای کاهش یابد. در این مقاله بین روشهای فشرده سازی مقایسه ای صورت گرفته است.

واژگان کلیدی: تبدیل موجک،فشرده سازی داده ها،آستانه گذاری نرم،آستانه گذاری سخت،بازترکیب

1- مقدمه

تحت شرایطی مناسب یک سیگنال را می توان فشرده کرد به طوری که تنها تعدادی از ضرایب نسبتا کوچک برای بازسازی سیگنال مورد نیاز می باشند.دو روش اساسی برای فشرده سازی سیگنال وجود دارد: فشرده سازی با تلفات وفشرده سازی بدون تلفات.فشرده سازی بدون تلفات امکان بازسازی مطلوب سیگنال را به ما می دهد. در مقابل، در فشرده سازی با تلفات مقدار کوچکی خطا جهت دست یافتن به نسبت های فشرده سازی بالاتر وجود دارد.برای فشرده سازی، سیگنال در ابتدا تحت یک موجک مادر توسط تبدیل موجک تجزیه می شود. برای تجزیه دو سیگنال دو روش مورد بررسی قرار می گیرد: تجزیه موجک و تجزیه بسته موجک.

سپس بر روی سطوح، آستانه گذاری صورت می گیرد وضرایب غیر مفید حذف شده وضرایب مفید برای بازترکیب باقی مانده و پس از اینکه آستانه گذاری صورت گرفت عمل بازترکیب صورت می گیرد.برای ذخیره سازی اطلاعات در حوزه زمان همه اطلاعات سیگنال ذخیره می شونداما برای ذخیره سازی اطلاعات در روش تبدیل موجک تنها مقدار مقادیر و زمان آنها ثبت می شود که این کاهش حجم در ذخیره سازی بین $\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{2}$ را در بر دارد.

2- تبدیل موجک

سیگنالهای اندازه گیری شده ولتاژ وجریان در سیستمهای قدرت در حوزه زمان هستند.برای تجزیه وتحلیل این سیگنالها، گاهی لازم است آنها را به حوزه فرکانس ببریم.به این منظور به طور معمول از تبدیل فوریه استفاده مـی شـود.کـاربرد تبـدیل فوریه برای سیگنالهای ایستان مناسب است.

در شرایطی که شکل موجهای غیر ایستان وپریودیک هستند،می توان از تبدیل فوریه زمان کوتاه (stft) استفاده کرد.تبدیل فوریه زمان کوتاه (stft)،یک طرح شامل اطلاعات زمانی وفرکانسی از سیگنال بدست می دهد.در تبدیل فوریه زمان کوتاه یک پنجره در نظر گرفته شده وتبدیل فوریه سیگنال،که در پنجره قرار دارد، محاسبه می شود. در تبدیل فوریـه زمـان کوتـاه طـول پنجره ها ثابت است.

برای شکل موجهای غیر ایستان از تبدیلات موجک نیز استفاده می شود.این تبدیل نیز همانند تبدیل فوریـه زمـان کوتـاه یـک طرح شامل اطلاعات زمانی و فرکانسی از سیگنال ارائه می دهد.با این تفاوت که طول پنجره هـا ثابـت نیسـت وبـه فرکـانس تجزیه وتحلیل بستگی دارد.در تبدیلات موجک ، پنجره های طولانی برای مؤلفه های فرکانس پایین و پنجره های کوتاه بـرای مؤلفه های فرکانس بالا مورد استفاده قرار می گیرد. تبدیل فوریه هر چند خود اغتشاش را مشخص می کند، اما موقعیت زمانی وقوع اغتشاش را نشان نمی دهد واین یکی از بزرگترین نواقص تبدیل فوریه است.از طرف دیگر تبدیل موجک هم اغتشـاش وهم موقعیت زمانی آن را مشخص می کند.

تبدیل موجک فقط به بی نظمی و بی قاعدگی سیگنال حساس است ، اما به رفتارهای عادی و با نظم سـیگنال حسـاس نمـی باشد.یعنی در واقع تبدیل موجک به مشتقات سیگنال حساس است.[1و2]

2-1- تبدیل موجک پیوسته

با انتخاب موجک مادر $\psi(t)$ ،تبدیل موجک سیگنال $x(t)$ دارای تعریف زیر است:

$$cwt(a,b)=\frac{1}{|a|^{\frac{1}{2}}}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}\psi^{*}(\frac{t-b}{a})x(t)dt \qquad (1)$$

علامت * نشان دهنده مزدوج مختلط است.عکس تبدیل موجک از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$x(t)=\frac{1}{c_{\psi}}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty}cwt(a,b)\{\frac{1}{|a|^{\frac{1}{2}}}\psi(\frac{t-b}{a})\frac{da.db}{a^{2}}\} \qquad (2)$$

که در (1)و(2) ضریب مقیاس a وb ضریب جابجایی یا انتقال می باشد و هر دو به صورت پیوسته در زمان تغییر می کند. در فرمولهای فوق، $\psi(\frac{t-b}{a})$ موجک فرزند(موجک مادر مقیاس شده وانتقال داده شده) می باشد.

2-2- تبدیل موجک گسسته

تبدیلات موجک پیوسته ، یک همتایی برای کاربردهای دیجیتال دارد که تبدیلات موجک گسسته نامیده شده وبه صورت زیر تعریف می شود:

$$Dwt(m,k) = \frac{1}{\sqrt{a_0^j}} \sum x(n) \psi(\frac{k - nb_0 a_0^j}{a_0^j}) \qquad (3)$$

که در معادله فوق $\psi(t)$ موجک مادر است وپارامترهای a وb توابعی از یک پارامتر صحیح j هستند که در آنها $a = a_0^j$ و $b = nb_0 a_0^j$ در معادله فوق، k یک متغییر صحیح است که تعداد نقاط نمونه برداری یک سیگنال را نشان می دهد.البته باید توجه شود که موجک گسسته به معنی گسسته بودن زمان t نیست بلکه به منظور گسسته شدن پارامترهای مقیاس وجابجایی (a,b) می باشد.

3- تجزیه سیگنال

همانطور که گفته شد دو روش برای تجزیه سیگنال مورد استفاده قرار می گیرد.در روش تجزیه موجک عادی سیگنال مورد نظر ما (y) توسط تبدیل موجک تحت یک موجک مادر به دو سطح هموار CA وجزئیات CD تجزیه خواهد شد.سپس در مرحله دوم مجددا CA به دو سطح $CA2$ و $CD2$ تجزیه خواهد شد وبه همین ترتیب تا سطح مورد نظر مثلا هشت سطح سطوح هموار را تجزیه می کنیم.تبدیل بسته موجک، تعمیم تبدیل موجک است وتجزیه دقیقتری از سیگنالهای غیر ایستان بدست می دهد.دلیل انجام عمل تجزیه بسته موجک آن است که در تبدیل موجک (که صفحه فرکانس- زمان به صورت لگاریتمی موزائیک بندی می شود)ممکن است در یک بازه اطلاعات فرکانس زیاد ودر بازه دیگر اطلا عات فرکانس کم باشد.تبدیل موجک در آن بازه که اطلاعات فرکانس زیاد است،اطلاعات را به صورت کلی ارائه می هد. با عمل تجزیه بسته موجک می توان آن را به قسمتهای جزئی تر تجزیه نمود ودر نتیجه به اطلاعات دقیقتری دست پیدا کرد.در این روش سیگنال مورد نظر (y) در ابتدا توسط موجک مادر به دو سطح هموار CA وجزئیات CD تجزیه خواهد شد و در مرحله بعد سطح CA به دوسطح $CA2$ و $CD2$ تجزیه شده و CD نیز به دوسطح $CA3$ و $CD3$ تجزیه می شود وبه همین ترتیب تا سطح مورد نظر هم سطوح هموار وهم سطوح جزئیات آستانه گذاری می شوند.

4- آستانه گذاری

پس از اینکه در هر مرحله تجزیه صورت می گیرد آستانه گذاری بر روی سطوح جزئیات انجام می شود.دو روش برای آستانه گذاری استفاده می شود : آستانه گذاری سخت و آستانه گذاری نرم.

4-1- آستانه گذاری سخت

در این روش از ضرایب موجکی که قدر مطلق آنها از w کوچکتر است صرفنظر شده(برابر صفر قرار داده می شود) وضرایبی که قدر مطلق آنها از سطح آستانه (w) بزرگتر است ، بدون تغییر باقی می مانند.

4-2- آستانه گذاری نرم

در اینجا به طور مشابه از ضرایب موجکی که قدر مطلق آنها از w کوچکتر است صرفنظر می شود(برابر صفر قرار داده می شوند) وبه جای ضرایبی که قدر مطلق آنها از سطح آستانه (w) بزرگتر است ، مقدار $sign(CD)(|CD_j|-w)$ قرار داده می شود.

روش عمومی آستانه به صورت زیر است:

$$w_j = 0.1 \times \max\{|CD_j|\} \qquad (4)$$

5- انتخاب موجک مادر

در فشرده سازی اطلاعات نوع موجک مادر از اهمیت زیادی برخوردار است. نوع و میزان کاربرد یک موجک مادر ، با توانایی آن موجک در بوجود آمدن ضرایب غیر صفر مرتبط است.تعداد ضرایب غیر صفر نه تنها در فشرده سازی اطلاعات مؤثر است ، بلکه در سرعت محاسبات ونویز زدایی نیز تاثیر زیادی دارد. انتخاب موجک مادر باید به گونه ای باشد که حداکثر تعداد ممکن از ضرایب موجک صفر یا نزدیک به صفر باشد.اگر ضرایب موجک تابع f در سطوح تجزیه بالا کوچک باشد، ضرایب موجک زیادی قابل صرفنظر کردن می باشند. از جمله موجکهای مادر معروف می توان به موجکهای زیر اشاره نمود:

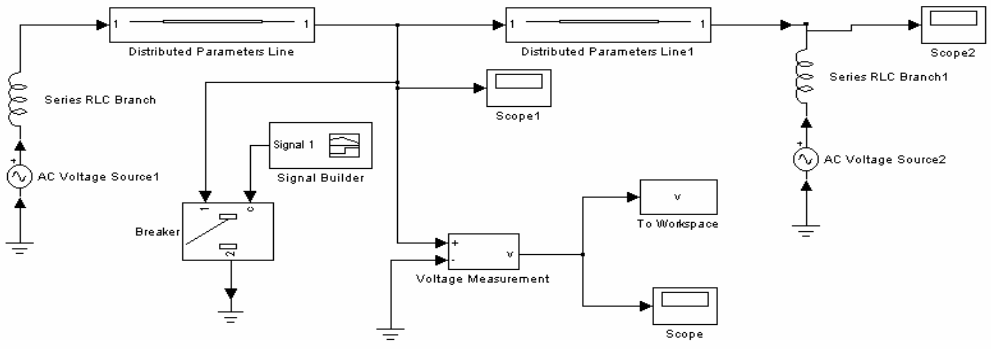
هار، دابشیز، سیملت، کیفلت، مورلت، گاوس، گاوس مختلط، نامتعامد، نامتعامد معکوس، میر.[3]

6- بازترکیب

پس از آستانه گذاری وحذف ضرایب غیر مفید نوبت به بازسازی یا باز ترکیب سیگنال می رسد.در این مرحله با استفاده از تبدیل موجک معکوس تحت همان موجک مادر عمل باز ترکیب صورت می گیرد. در اینجا دو سطح آخر تجزیه توسط معکوس تبدیل موجک با یکدیگر ترکیب شده وسطح قبلی(هموار یا جزئیات) را بازسازی می کنند و به همین ترتیب یه صورت بازگشتی با ترکیب سطوح سیگنال اصلی را باز سازی می کنیم.

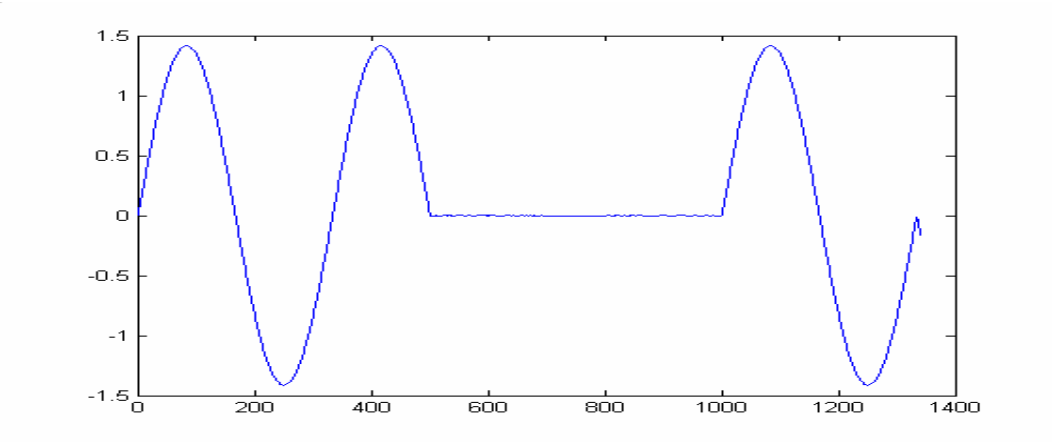
7- شبیه سازی و فشرده سازی یک سیگنال نمونه

شبکه ای که برای بدست آوردن سیگنال نمونه شبیه سازی شده است بصورت زیر می باشد :



شکل 1:شبکه شبیه سازی شده

سیگنال وشکل موج نقطه اتصال کوتاه در وسط خط انتقال بصورت شکل زیر می باشد:



شکل 2:شکل موج نقطه اتصال کوتاه

در مورد این سیگنال با توجه به مطالب گفته شده عمل تجزیه وبه کمک تبدیل موجک وآستانه گذاری به شش روش ذکر شده در زیر انجام شده و مورد تجزیه وتحلیل دقیق قرار گرفته است.

1- بسته موجک با آستانه گذاری روی سطوح جزئیات

1-1- آستانه گذاری نرم

2-1- آستانه گذری سخت

2- بسته موجک با آستانه گذاری روی تمامی سطوح

1-2- آستانه گذاری نرم

2-2- آستانه گذاری سخت

3- موجک

1-3- آستانه گذری نرم

2-3- آستانه گذاری سخت

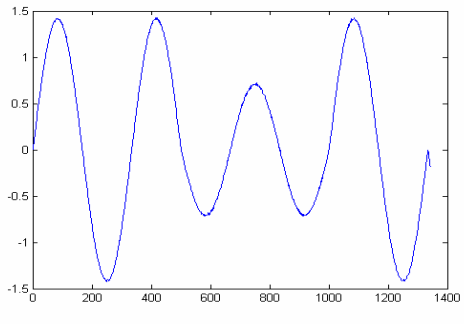
نتایج بدست آمده از شبیه سازی ها در جدول زیر آمده است:

جدول 1: نتایج بدست آمده از شش نوع تبدیل موجک

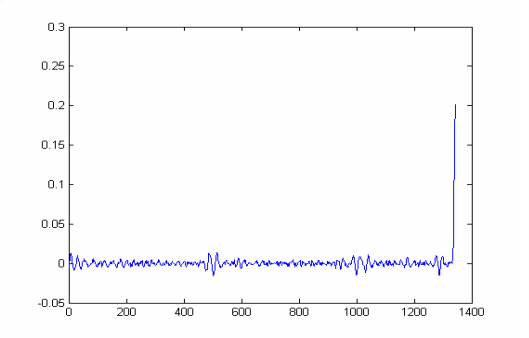
	آستانه گذری نرم	آستانه گذاری سخت	$L(y)$	R	N
تجزیه بسته موجک با آستانه جذاری روی سطح جزئیات	✓		1342	260	0/1937
تجزیه بسته موجک با آستانه جذاری روی سطح جزئیات		✓	1342	260	0/1937
تجزیه بسته موجک با آستانه جذاری روی تمامی سطوح	✓		1342	546	0/4068
تجزیه بسته موجک با آستانه جذاری روی تمامی سطوح		✓	1342	546	0/4068
تجزیه موجک	✓		1342	140	0/1043
تجزیه موجک		✓	1342	140	0/1043

که در آن $L(y)$ طول شکل موج اصلی، R تعداد ضرایب مفید و N نسبت فشرده سازی است.

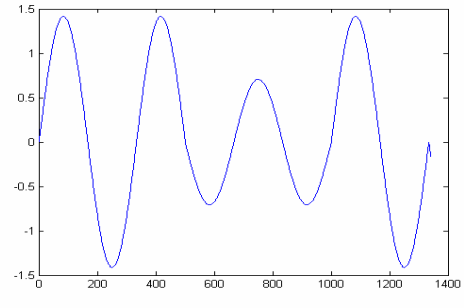
همچنین در هر مورد شکل موجهای سیگنال بازترکیب وشکل موج اختلاف بین سیگنال اصلی وسیگنال بازترکیب در زیر در شکل های (آ)3 تا (ر)3 آمده است:



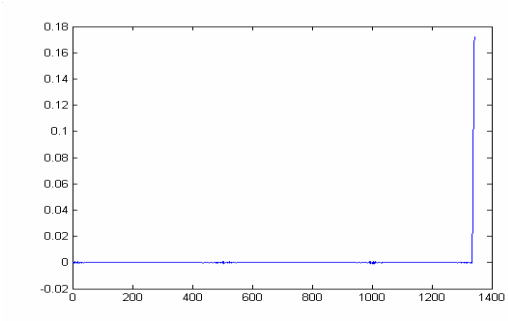
(آ)3:شکل موج بازترکیب شکل 1-1



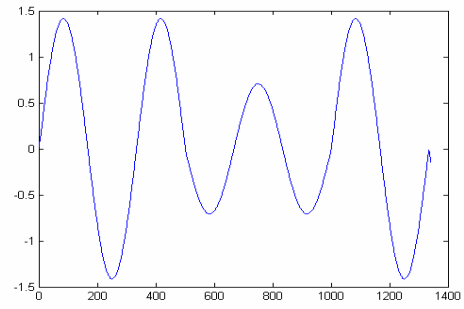
(ب)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 1-1



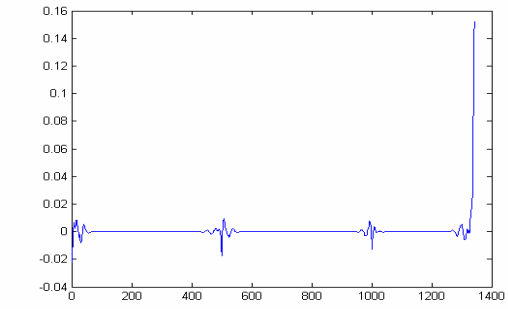
(پ)3:شکل موج بازترکیب شکل2-1



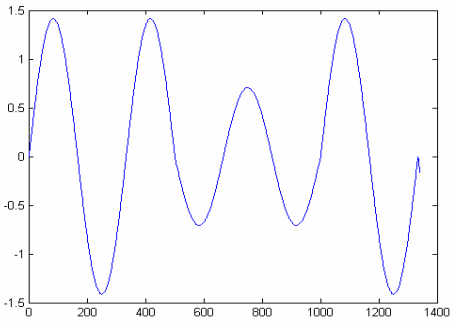
(ت)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 2-1



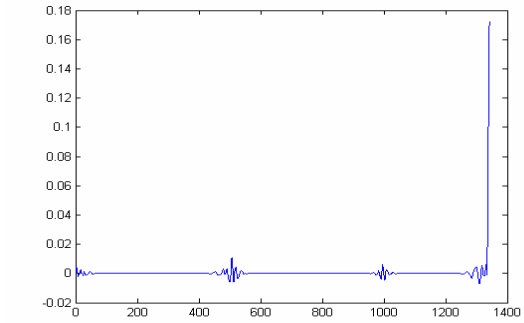
(ث)3:شکل موج بازترکیب شکل2-1



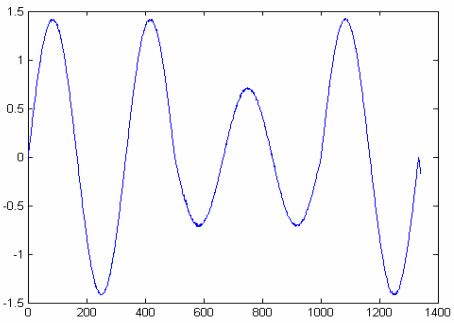
(ج)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 2-1



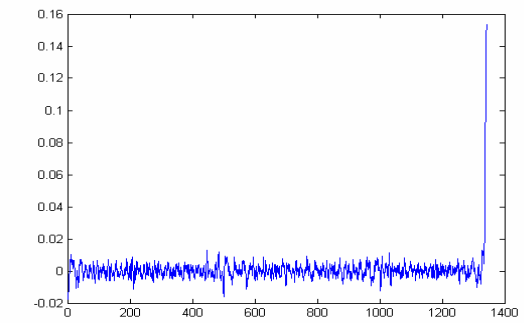
(چ)3:شکل موج بازترکیب شکل 2-2



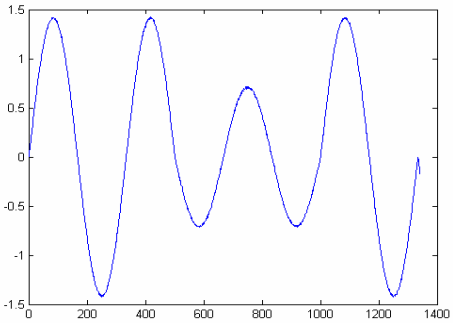
(ح)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 2-2



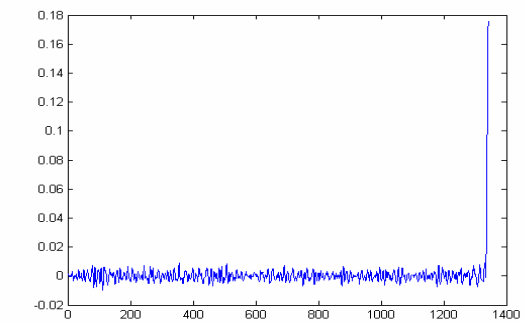
(خ)3:شکل موج بازترکیب شکل3-1



(د)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 3-1



(ذ)3:شکل موج بازترکیب شکل3-2



(ر)3: شکل موج اختلاف سیگنال اصلی وباز ترکیب شکل 3-2

همچنین واریانس ومقدار متوسط بین سیگنال اصلی وسیگنال بازترکیب محاسبه شده است که نتایج به شرح ذیل می باشد:

جدول2: واریانس و میانگین اختلاف بین سیگنال اصلی وبازترکیب در شش نوع شبیه سازی

	1-1	2-1	1-2	2-2	1-3	2-3
واریانس	0/000067514	0/000078304	0/0117	0/00054807	0/000067493	0/00007766
میانگین	0/0005657	0/00059571	0/0170	0/00020669	0/00055625	0/00059109

8- نتیجه گیری

در این مقاله بین روشهای مختلف فشرده سازی بـه کمـک تبـدیل موجـک وتبـدیل بسـته موجـک مقایسـه ای صـورت گرفت.مقایسه بررسی یک سیگنال ناشی از اتصال کوتاه در وسط یک خط انجام شد. با توجه به شبیه سازیهای انجام شده مشخص شد که روش تجزیه بسته موجک با آستانه گذاری روی تمامی سطوح بهتـرین نسـبت فشـرده سـازی وبهتـرین سیگنال بازترکیب شده را دارا می باشد. با توجه به نتایج شبیه سازیها می توان بیان نمود که هرگاه نسبت فشـرده سـازی بالاتر مورد نیاز باشد، دقت سیگنال بازترکیبی کمتر می شود و بالعکس.پس باید یک حالـت بهینـه ای را بـین دو پـارامتر فوق در نظر گرفت.این حالت بهینه با توجه به کاربرد مورد نظر قابل تعیین است.

9- مراجع

[1] Santoso, S., Powers, E. J., Grady, W. M., Parsons, A. C., "Power Quality Disturbance Waveform Recognition Using Wavelet-Based Neural Classifier—Part 1:Theoretical Foundation", IEEE Transaction on
Power Delivery, Vol.15, No.1, PP.222-228, 2000.

[2] Santoso, S., Powers, E. J., Grady, W. M., Parsons, A. C., "Power Quality Disturbance Waveform Recognition Using Wavelet-Based Neural Classifier—Part 2: Application", IEEE Transaction on Power
Delivery, Vol.15, No.1, PP.229-235, 2000.

[3] Misiti, M., Misiti, Y, oppenhime, G., poggi, J. M., wavelet toolbox user's guid : wavelet toolbox for use with
MATLAB, the matwork, INC. ,Massachusetts ,1996.