

کاهش نویز تصاویر سونوگرافی با تبدیل موجک

بررسی روشهای کاهش نویز برفک در تصاویر سونوگرافی، با استفاده از تبدیل موجک

فائقه بوربور حسین بیگی^{۱*}، محمدجواد ابوالحسنی^۲، علیرضا احمدیان^۳

۱- کارشناس ارشد فیزیک پزشکی

۲- استادیار گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- مرکز تحقیقات علوم و تکنولوژی در پزشکی، بیمارستان امام خمینی، تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۵/۲۳

تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۸۴/۵/۵

چکیده

مقدمه: به علت مزیت‌های فراوان تصویربرداری سونوگرافی از قبیل: غیرتهاجمی بودن، بهره‌گیری از پرتوهای غیر یونیزان، قیمت ارزان، قابلیت تصویرگیری بلادرنگ و قابل حمل بودن، این روش تصویربرداری هر روز بیشتر از گذشته در تشخیص بیماریها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولیکن این روش معایبی نیز دارد که از جمله آنها می‌توان به کیفیت پایین تصاویر سونوگرافی اشاره کرد.

نویز برفک را می‌توان از مهمترین علل کاهش کیفیت تصاویر در این سیستمها برشمرد. به همین علت روشهای مختلفی شامل فیلترهای مختلف (میانه، میانگین، وینر) و روشهای دیگری با استفاده از تبدیل موجک برای کاهش این نویز طراحی شده‌اند که در این مقاله به بررسی و مقایسه این روشها پرداخته شده است.

مواد و روشها: برای مقایسه روشهای مختلف حذف نویز برفک، پارامترهای MSE و S/MSE و فاکتور بتا که به ترتیب بیانگر میزان خطا، میزان حذف نویز و میزان حفظ جزئیات در حذف نویز با استفاده از روش مورد نظر می‌باشند، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در این پژوهش از بسته نرم افزاری (MATLAB) جهت نوشتن برنامه‌های مورد نیاز بهره گرفته شده است. همچنین از تصاویر سونوگرافی کبد شامل نویز واقعی و همچنین تصاویر با نویز ساختگی برای آزمودن روشهای مختلف حذف نویز بهره گرفته شده است.

نتایج: در یافته‌های بدست آمده که بصورت نمودار و جدول در اختیار می‌باشد، مشاهده شد که فیلترهای معمولی و تطبیقی موجود که برای حذف نویزهای جمعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، علاوه بر حذف ضعیف نویز باعث از بین رفتن مقدار زیادی از جزئیات تصویر نیز می‌گردند. در میان روشهای حذف نویز با استفاده از موجک نیز روش آستانه گذاری جهانی به علت تعیین غیر دقیق آستانه، باعث مات شدن تصویر می‌گردد و روش بیزین^۱ با وجود حذف نویز در عین حفظ جزئیات به میزان قابل قبول (با مقدار بتای در حدود ۰/۵۴) به علت پیچیدگی الگوریتم و بالا بودن حجم محاسبات در آن و همچنین وابستگی روش به تعیین دقیق پارامترها نیاز به تکمیل بیشتر دارد، ولی در این میان روشهای آستانه گذاری بیز^۲ و آستانه گذاری نرمال با پارامتر بتای نزدیکتر به یک و SNR بهتر در مقایسه با سایر روشها به میزان قابل توجهی باعث حذف نویز در عین حفظ جزئیات می‌گردند.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش می‌توان روشهای آستانه‌گذاری نرمال و بیز را به عنوان

بهترین روشها در حذف نویز برفک موجود در تصاویر سونوگرافی معرفی کرد. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۶، بهار ۸۴: ۴۴-۳۳)

واژگان کلیدی: تصویربرداری سونوگرافی، نویز برفک، تبدیل موجک، آستانه‌گذاری، روش بیزین

* نویسنده مسؤل: فائقه بوربور حسین بیگی

آدرس: گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران،
fbourbour@razi.tums.ac.ir

تلفکس: ۸۷۸۷۸۹۶- (۰۲۱) ۹۸+

1- Bayesian
2- Bayes

۱- مقدمه

تصویر برداری سونوگرافی از آن جهت که غیرتهاجمی و دارای قابلیت جابجایی و از نظر کاربرد ساده است و همچنین هیچگونه پرتو یونیزان در آن بکار برده نمی‌شود و نیز در مقایسه با سایر تجهیزات تصویر برداری ارزان قیمت است، اغلب به سایر تجهیزات ترجیح داده می‌شود. تصاویر بدست آمده از تجهیزات تجاری سونوگرافی اغلب باید برای تفسیر دیداری بهینه گردند تا بتوان از آنها برای شرایط تشخیصی بلادرنگ استفاده کرد. بهر حال مهمترین اشکال سونوگرافی پزشکی پایین بودن کیفیت این تصاویر به علت وجود نویزهای متعدد برفکی می‌باشد [۱و۲]. نویزهای برفکی هنگامی رخ می‌دهد که یک چشمه همدوس و یک آشکارساز غیر همدوس، برای نمایش محیطی که در مقایسه با طول موج ریز است، مورد استفاده قرار گیرند. برفک خصوصاً در رابطه با تصاویر کلیه و کبد که ساختارهای زیرین آنها در مقایسه با طول موج فراصوتی بسیار ریز است، بوجود می‌آید. به همین علت در طی سالیان اخیر روشهای مختلفی جهت کاهش نویز برفک مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

روش میانگین‌گیری که در سال ۱۹۷۶ توسط ج.و.گودمن^۱ و در سال ۱۹۷۹ توسط ج.گ ابوت و ف.ل. ترستون^۲ بهینه شد، این روش با وجود بهبود تصویر باعث کاهش رزولوشن زمانی آن می‌شود. روش استفاده از فیلتر میانه در سال ۱۹۸۴ توسط ا.یونیدیس^۳ و همکاران و ای.ر.

ریتنور^۴ و همکاران برای این‌کار پیشنهاد شد. سپس استفاده از فیلتر وینر و فیلتر میانه با ضرایب وزنی تطبیقی برای اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط و.ن. مک دیکن و ت لوپاس و پ.ل. الن^۵ پیشنهاد گردید.

اخیرا توجه شایانی به استفاده از تبدیل موجک به عنوان ابزاری قدرتمند در خصوص بازیابی سیگنالها از میان داده‌های نویزی صورت گرفته است [۳و۴]. در یک نگاه اجمالی تبدیل موجک ابزاری است که داده‌ها، توابع و یا عملگرها را به اجزاء مختلف فرکانس تقسیم می‌کند و سپس هر جزء را با قدرت تفکیک متناظر با وزن آن بررسی می‌کند. از آنجائیکه تصاویر سونوگرافی، در عین قابلیت‌های فراوان و مزیت‌های زیادی که دارند، به واسطه نویزهای متعدد از جمله نویز برفک از کیفیت مطلوبی برخوردار نیستند، لذا کارهای شایان توجه فراوانی در رابطه با کاهش این نویزها صورت گرفته است و در این میان روشهایی که با استفاده از موجک به این امر می‌پردازند بسیار قابل توجه هستند. از جمله این روشها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: د.ل. دنهو^۶ در سال ۱۹۹۵ روش آستانه نرم را مطرح نمود. ای.پ سیمونسلی و ای. چ ادلسون^۷ از روش بیزین^۸ با هسته موجک جهت کاهش نویز در سال ۱۹۹۹ بهره گرفتند. در سال ۲۰۰۰ س. گریس چنگ^۹ و همکارانش با استفاده از روش آستانه‌گذاری تطبیقی (بیز) به حذف نویز پرداختند. در

4- E.R.Ritenour

5- W.N.Mcdicken T.loupas ,and P.L.Allan

6- D.L.Donoho

7- E. P.Simoncelli and E. H. Adelson

8- Bayesian

9- s. grace chang

1- J.W. Goodman

2- J.G.Abott and F.L.Thurstone

3- A.Ioannidis

کاهش نویز تصاویر سونوگرافی با تبدیل موجک

لگاریتم برفک $\varepsilon_{i,j} = \varepsilon(x,y)$
که بر پایه $X_{i,j}$ از $\hat{X}_{i,j}$ هدف ما بازسازی برآورد بهینه $Y_{i,j}$ میباشد، است.

سه گام اصلی در کاهش نویز برفک با استفاده از انقباض ضرایب موجک بصورت زیر است:

الف) اعمال تبدیل موجک، W ، بر روی داده‌ها بصورت زیر:

$$w = WY = WX + W\varepsilon \quad (3-2)$$

تبدیل موجک یک سیگنال را با استفاده از یک سری از توابع پایه که از یک تابع اولیه واحد به نام موجک مادر ایجاد شده‌اند بسط می‌دهد.

از آنجائیکه تبدیل موجک یک عملگر خطی است در نتیجه پس از اعمال DWT (تبدیل موجک گسسته)^۴ بر روی رابطه (۲-۵) نویز برفک در حوزه موجک همچنان بصورت نویز جمعی باقی می‌ماند.

ب) تغییر دادن ضرایب موجک، w ، (با استفاده از محدود کردن^۶ و یا انقباض^۵ برای برآورد ضرایب موجک X که همان \hat{w} می‌باشد. $w \rightarrow \hat{w}$

ج) با استفاده از معکوس تبدیل موجک، W^{-1} ، بر روی ضرایب تغییر یافته برای بدست آوردن برآورد تصویر

$$\hat{X} = W^{-1}\hat{w}$$

در نظر بگیرید که w نمایشگر یک ضریب موجک و \hat{w}

نمایشگر تغییر یافته آن است. λ را نیز مقدار حد و δ را

تابع انقباض، که چگونگی اعمال حد بر روی داده‌ها را

سال ۲۰۰۱ اچیم و همکاران^۱ با استفاده از روشهای مختلف بیزین و مدل کردن ضرایب موجک سیگنال با استفاده از توزیع alpha-stable و ضرایب موجک نویز با استفاده از توزیع گاوسی به حذف نویز برفک اقدام کردند. در سال ۲۰۰۳ سویتا گوپتا^۲ و همکارانش با استفاده از روش آستانه‌گذاری نرمال به حذف نویز در تصاویر پرداختند [۱۱-۵].

۲- مواد و روشها

۱-۲ کاهش نویز با استفاده از انقباض موجک^۳

همچنانکه می‌دانیم نویز برفک دارای خواصی متفاوت از نویز جمعی است و در واقع نوعی نویز ضربی^۴ به حساب می‌آید. فرض کنید $I(x,y)$ و $S(x,y)$ به ترتیب اطلاعات نویزی و سیگنال بدون نویز و همچنین $\eta_m(x,y)$ و $\eta_a(x,y)$ نیز به ترتیب نویزهای ضربی و جمعی باشند. آنگاه داریم:

$$I(x,y) = S(x,y).\eta_m(x,y) + \eta_a(x,y) \quad (1-2)$$

از آنجائیکه مقدار نویز جمعی در مقایسه با نویز ضربی بسیار کمتر است می‌توان از آن صرفنظر کرد.

سپس با لگاریتم گرفتن از آن رابطه به شکل زیر در می‌آید:

$$Y_{i,j} = X_{i,j} + \varepsilon_{i,j} \quad (2-2)$$

$$i=1,\dots,I \quad j=1,\dots,J \quad \varepsilon_{i,j} \sim N(0, \sigma^2)$$

که در آن:

$$Y_{i,j} = f(x,y) \quad \text{لگاریتم داده های نویزی}$$

$$X_{i,j} = f(x,y) \quad \text{لگاریتم سیگنال}$$

4- discrete wavelet transform
5- thresholding
6- shrinkage

1- achim et al
2- savita gupta
2- Wavelet shrinkage
3- multiplicative

داشت: $\hat{w} = \delta_\lambda(w)$

۲-۱-۱- توابع انقباض داده ها

تابع انقباض (محدود کردن) تعیین می کند که چگونه محدودیت را بر روی داده ها اعمال کنیم. روابط ریاضی مربوط به توابع محدودیت سخت و نرم عبارتند از:

$$\text{hard - thresholding} \begin{cases} x & |x| > t \\ 0 & |x| \leq t \end{cases} \quad (۴-۲)$$

$$\text{soft - thresholding} \begin{cases} \text{Sign}(x) (|x| - t) & |x| > t \\ 0 & |x| \leq t \end{cases} \quad (۵-۲)$$

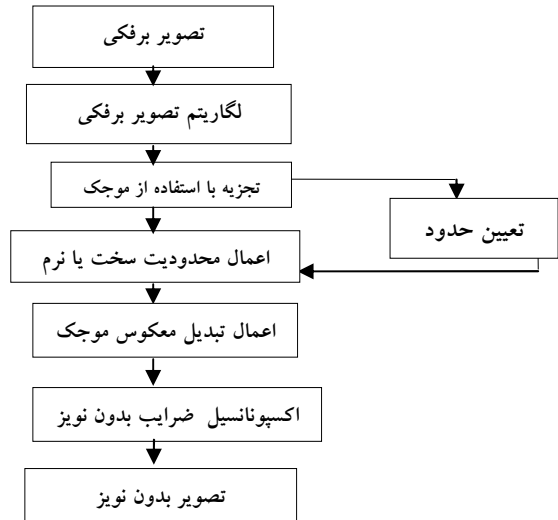
۲-۱-۲- برآورد پارامترهای نویز

جهت برآورد واریانس نویز، یک محاسبه قدرتمند که با استفاده از MAD^1 صورت می گیرد، قابل توجه است. MAD در واقع میانگین قدرمطلق تفاوت های بین یک سری از داده ها است. این رابطه که با استفاده از آن می توان واریانس نویز را تخمین زد عبارتست از:

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{0.6745} MAD \left(\left\{ d_{j,k} \quad 0 \leq k \leq 2^j \right\} \right) \quad (۶-۲)$$

که در آن MAD همان میانگین قدر مطلق انحرافها و $d_{j,k}$ ضرایب موجک مربوط به بالاترین مرتبه (ضرایب مربوط به جزئیات قطری در مرتبه اول یا زیر محدوده HHI) در تبدیل هستند [۸].

نمایش می دهد، در نظر بگیرید. در صورتی که $\hat{\sigma}$ برآوردی از انحراف معیار، σ ، برای نویز برفک باشد، آنگاه خواهیم



شکل ۱- الگوریتم روشهای انقباض (کاهش حجم)

در شکل (۱) می توان الگوریتم روشهای انقباض را مشاهده کرد. این الگوریتم بسیار ساده است ولی در عمل برای تصاویر سونوگرافی می تواند بسیار مفید باشد. عموماً می توانیم با توجه به تفاوت های موجود در سه مرحله زیر روشهای مختلفی را برای کاهش نویز برفک در نظر بگیریم:

الف) توابع مورد استفاده در انقباض داده ها، δ ، که تعیین می کنند چگونه محدودیت بر روی داده ها اعمال گردد.

ب) برآوردهای نویز، $\hat{\sigma}$

ج) قوانین انقباض داده ها که برای تخمین حد، λ ، بکار برده شده است.

در ادامه این سه مرحله بصورت مختصر تشریح خواهد شد.

1- median absolute deviation

تخمینی سیگنال است که می‌تواند با استفاده از رابطه زیر در یک زیر بانده خاص تعیین گردد:

$$\sigma_x^2 = \sqrt{\max(\hat{\sigma}_y^2 - \hat{\sigma}^2, 0)} \quad (9-2)$$

که در آن:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_n^2 \quad (10-2)$$

σ_y^2 تخمینی از واریانس مشاهده و N برابر است با تعداد ضرایب موجک، w_n ، مربوط به زیر بانده مورد نظر می‌باشد. در حالتی که $\hat{\sigma}^2 \geq \hat{\sigma}_y^2$ باشد، مقدار حد برابر است با $\lambda_s = \max(|w_n|)$ و تمام ضرایب در زیر بانده برابر با صفر در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۲-۳- روش آستانه گذاری نرمال

در روش تعیین آستانه نرمال، مشابه روش بیز مقدار آستانه برای زیر باندهای مختلف متفاوت است و این مقدار با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$T_N = \frac{\beta \hat{\sigma}^2}{\hat{\sigma}_y} \quad (11-2)$$

که مقدار β در هر مقیاس و در زیر باندهای مختلف از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\beta = \sqrt{\log\left(\frac{L_K}{J}\right)} \quad (12-2)$$

که در آن L_K طول زیر بانده در مقیاس k ام و J تعداد کل مراحل تجزیه است. $\hat{\sigma}^2$ برابر است با واریانس نویز که باز هم از رابطه (۶-۲) محاسبه می‌گردد و $\hat{\sigma}_y$ برابرست با انحراف معیار در زیر بانده مورد نظر که با استفاده از دستورات بسته نرم افزاری *MATLAB* برای محاسبه انحراف معیار تعیین می‌گردد.

۲-۲- تعیین آستانه برای انقباض داده ها

تعیین آستانه برای ضرایب موجک از مهمترین بخشها در روشهای کاهش نویز برفک با استفاده از آستانه گذاری می‌باشد و همچنانکه بیان شد روشهای متعددی برای تعیین آستانه وجود دارد که از جمله این روشها می‌توان به روش جهانی^۱، روش نرمال و روش بیز اشاره کرد که هر یک از آنها در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۲-۲-۱- روش تعیین آستانه جهانی

مقدار آستانه در این روش از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tau(\sigma_n, N) = \sigma_n \sqrt{2 \log(N^2)} \quad (7-2)$$

که در آن σ_n برابر انحراف معیار نویز بوده و با استفاده از رابطه (۶-۲) تعیین می‌گردد و N^2 نیز سائز تصویر می‌باشد.

۲-۲-۲- روش آستانه گذاری بیز

در این روش با استفاده از رابطه ریاضی بیز برای تصاویر می‌توان محدوده‌هایی را تعیین کرد که این محدودیتها به زیر باندها وابسته است و می‌تواند نتیجه دقیقتری را در پی داشته باشد.

فرمول مورد استفاده در یک زیر بانده S بصورت زیر است:

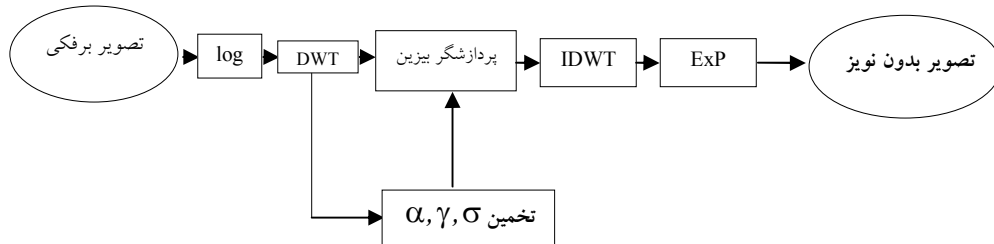
$$\lambda_s = \frac{\hat{\sigma}^2}{\sigma_x^2} \quad (8-2)$$

که در آن $\hat{\sigma}^2$ همان واریانس نویز تخمینی است که با استفاده از رابطه (۶-۲) بدست آمده و σ_x^2 نیز واریانس

۲-۲-۴- روش بیزین

این مرحله در واقع قسمت اول از الگوریتم روش بیزین است که در شکل (۲) نمایش داده شده است.

همچنانکه در مورد آن بحث شد و با استفاده از رابطه (۲-۳) نویز ضربی برفک به نویز جمعی تبدیل می شود که



شکل ۲- بلوک دیاگرام روش حذف نویز برفک بوسیله روش بیزین

$$\phi(\omega) = \exp(j\delta\omega - \gamma|\omega|) \quad (2-14)$$

که در آن :

پارامتر مشخصه α : $0 < \alpha \leq 2$: α : δ : پارامتر مکان $(-\infty < \delta < +\infty)$ و پارامتر پراکنندگی توزیع $(\gamma > 0)$ می باشند.

در روش بیزین در رابطه (۲-۱۳) $d_{j,k}$ و $s_{j,k}$ و $\zeta_{j,k}$ به ترتیب به عنوان نمونه هایی از متغیرهای d, s, ζ محسوب می گردند. مؤلفه سیگنال، s ، بصورت یک توزیع $s^\alpha s$ با پارامتر مکانی صفر و مؤلفه نویز، ζ نیز بوسیله توزیع گاوسی با میانگین صفر مدلسازی می شوند. هدف ما در این بحث تعیین تخمینگر ریسک بیز، \hat{s} و همچنین پیدا کردن مقدار کمینه ریسک مشروط برای ضرایب موجک موجود می باشد [۸].

$$\hat{s}(d) = \int s p_{s|d}(s|d) ds \quad (2-15)$$

از آنجائیکه تبدیل موجک یک عملگر خطی است، بعد از اعمال تبدیل موجک DWT بر رابطه (۲-۳) این رابطه در هر یک از مراحل بصورت یک سری از ضرایب نویزی موجک که با ضرایب موجک سیگنال و نویز دارای رابطه مشابهی می باشد، بصورت زیر در می آید:

$$d_{j,k}^i = s_{j,k}^i + \zeta_{j,k}^i \quad (2-13)$$

که در آن $k = 0, \dots, 2^{J+j} - 1$ و $-1 < j < J$ و $i = 1, 2, 3$ که مربوط به مرحله تجزیه و یا مقیاس آن و نیز مربوط به سه جهت فضایی آن می باشد.

در روش حذف نویز با استفاده از بیزین برای مدل کردن ضرایب موجک مربوط به سیگنال بدون نویز از خانواده $heavy - tailed$ که می توانند به شکل مؤثری خصوصیات آماری مربوط به سیگنال را آشکار نمایند، استفاده شده است. توزیع $s^\alpha - s$ که برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته است، دارای رابطه ای بصورت زیر است:

1- symmetric - α - stable

۳- نتایج

محاسبه می‌گردد و مقدار آن متناسب با فاکتور SNR استاندارد در حالت نویز جمعی می‌باشد. فاکتور بتا نیز که مقدار آن متناسب با مقدار حفظ لبه‌ها در حین حذف نویز می‌باشد از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\beta = \frac{\Gamma(\Delta S - \Delta \bar{S}, \Delta \hat{S} - \Delta \bar{S})}{\sqrt{\Gamma(\Delta S - \Delta \bar{S}, \Delta S - \Delta \bar{S}) \Gamma(\Delta \hat{S} - \Delta \bar{S}, \Delta \hat{S} - \Delta \bar{S})}} \quad (3-3)$$

که در آن ΔS و $\Delta \hat{S}$ به ترتیب برابر مقادیر حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر لاپلاسی بر روی تصویر اصلی بدون نویز و تصویری که مورد حذف نویز قرار گرفته است، می‌باشد. عملگر گاما نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Gamma(S_1, S_2) = \sum_{i=1}^k S_{1i} \cdot S_{2i} \quad (4-3)$$

مقدار پارامتر بتا هرچه به مقدار یک نزدیکتر باشد بیانگر این امر است که جزئیات و لبه‌های تصویر به نحو بهتری حفظ شده‌اند.

همچنانکه گفته شد، این سه پارامتر برای ارزیابی کمی از میزان بهینه بودن حذف نویز در روشهای مختلف مورد محاسبه قرار گرفتند. که شامل:

(۱) فیلترهای پایین‌گذر معمولی: میانه و میانگین

(۲) فیلتر تطبیقی: وینر

(۳) روشهای آستانه‌گذاری موجک: جهانی، زمانی، بیز

(۴) روش بیزین با استفاده از تبدیل موجک

این نتایج در شکل (۳) و جداول (۱) و (۲) آمده‌اند و همچنین مقادیر موجود در جدول (۲) برای مقایسه بهتر بصورت نمودار در شکل (۳) نمایش داده شده‌اند.

تصاویر شامل تعدادی از تصاویر سونوگرافی کبد می‌باشند که در ابتدا تصاویری با بهترین تفکیک پذیری ممکن انتخاب شدند. اندازه این تصاویر 512×512 پیکسل است. سپس پس از لگاریتم گرفتن از تصاویر با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نویز گاوسی بر روی آن اضافه گردید که به این ترتیب نویز به این علت که بر لگاریتم تصویر افزوده شده است به صورت نویز ضربی عمل می‌کند. سپس با استفاده از روشهای مختلف به حذف نویز برفک اقدام شد و نتایج بدست آمده از هر یک از روشها بصورت کمی با یکدیگر مقایسه گردید. برای ارزیابی کمی از میزان حذف نویز در تصاویری که نویز در آن ساختگی بودند روشها و پارامترهای متنوعی وجود دارند که در کنار محاسبه میزان حذف نویز با استفاده از محاسبه پارامتر S/MSE ، مقدار پارامتر β نیز که بیانگر میزان حفظ جزئیات تصویر در هنگام حذف نویز می‌باشد، محاسبه می‌گردد. مقدار پارامتر MSE از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$MSE = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k (\hat{S}_i - S_i)^2 \quad (1-3)$$

که در آن:

تصویری که نویز آن با روش مورد نظر حذف شده است: \hat{S}

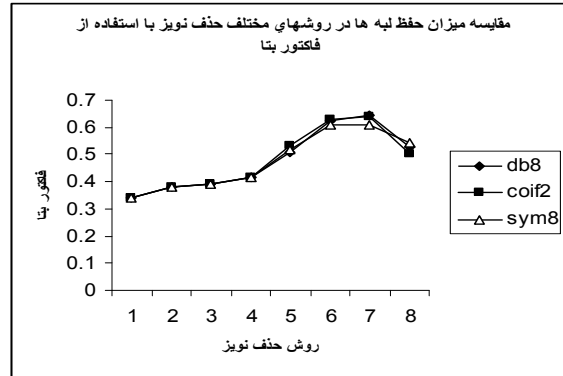
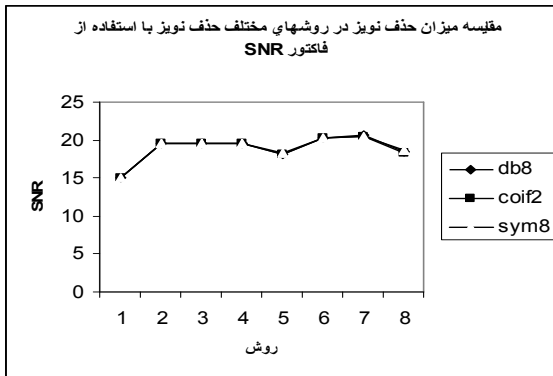
تصویر اصلی بدون نویز: S

سایز تصویر: k

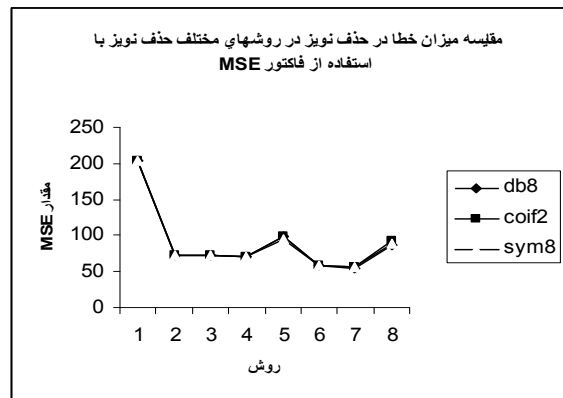
می‌باشند.

مقدار فاکتور S/MSE نیز از رابطه

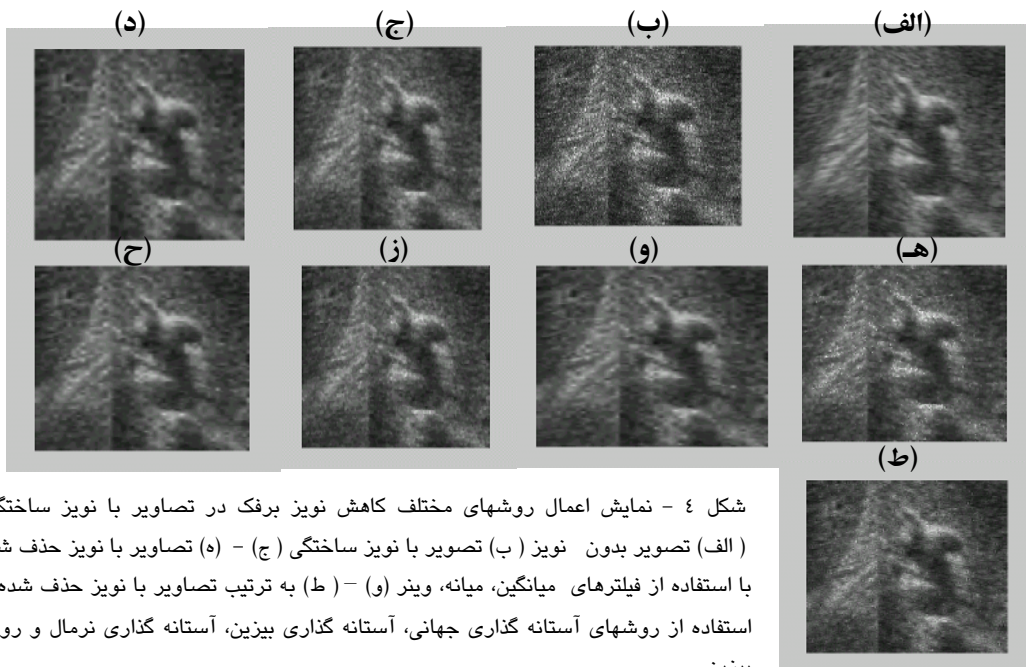
$$S/MSE = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{\sum_{i=1}^k (\hat{S}_i - S_i)^2} \right) \quad (2-3)$$



۱	تصویر نویزی	۵	روش آستانه گذاری جهانی
۲	فیلتر میانگین	۶	روش آستانه گذاری بیزین
۳	فیلتر میانه	۷	روش آستانه گذاری نرمال
۴	فیلتر وینر	۸	روش بیزین



شکل ۳- مقایسه نموداری روشهای مختلف حذف نویز از لحاظ میزان حذف نویز و حفظ لبه‌ها و میزان خطای حذف نویز



جدول ۱ - مقادیر بدست آمده برای آستانه در روشهای آستانه گذاری برای حذف نویز در تصاویر با نویز ساختگی

Wavelet : sym8		$\sigma = 0.1724$		
Thresholding Method	Level	Subband		
		Horizontal	Vertical	Diagonal
Bayesian	1	0.4881	90.3631	77.7421
	2	0.0619	3.3854	6.2395
Normal	1	0.6050	1.8247	1.8212
	2	0.0936	1.2388	1.3830
Universal	all	0.8822		
Wavelet: coif2		$\sigma = 0.1724$		
Thresholding Method	Level	Subband		
		Horizontal	Vertical	Diagonal
Bayesian	1	0.5002	Inf	119.4853
	2	0.0902	2.5832	4.4810
Normal	1	0.6121	1.8535	1.8205
	2	0.1309	1.1401	1.2926
Universal	all	0.8822		
Wavelet : db8		$\sigma = 0.1724$		
Thresholding Method	Level	Subband		
		Horizontal	Vertical	Diagonal
Bayesian	1	0.4310	43.9034	87.7168
	2	0.1124	3.3987	5.9397
Normal	1	0.5556	1.8036	1.8238
	2	0.1622	1.2399	1.3735
Universal	all	0.8822		

جدول ۲ - مقایسه کمی میزان تاثیر روشهای کاهش نویز برفک با استفاده از پارامتر های مربوطه

METHOD		PARAMETER	β	S/MSE	MSE
		Without filtering	0.3375	14.9780	203.7436
Spatial Filtering		Mean	0.3785	19.4805	72.2481
		Median	0.3889	19.5208	71.5818
Adaptive filtering		Wiener	0.4138	19.5681	70.8058
Wavelet Thresholding	Universal	db8	0.5087	18.0563	98.5214
		Coif2	0.5321	18.0415	98.8577
		Sym8	0.5198	18.3312	94.1361
	Bayesian	db8	0.6215	20.3431	58.1901
		Coif2	0.6305	20.3795	57.7043
		Sym8	0.6066	20.3529	59.1007
	Normal	db8	0.6429	20.6442	54.2930
		Coif2	0.6375	20.5137	55.9492
		Sym8	0.6089	20.5106	56.9929
Bayesian	Based	db8	0.5264	18.5414	87.3427
		Coif2	0.5042	18.2968	93.2147
		Sym8	0.5437	18.6660	87.9297

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقایسه روشهای مختلف حذف نویز برفک که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته اند و با توجه به اشکال (۳) و (۴) و جدول (۱) و (۲) مشاهده می شود که روشهای فیلتر کردن معمولی شامل روش فیلتر میانه و میانگین که به علت سادگی در الگوریتم در کارهای معمول بسیار مورد استفاده قرار می گیرند، با مقدار بتای در حدود ۶۰٪ روشهای آستانه گذاری، باعث مات شدن تصویر و در نتیجه از دست رفتن مقدار زیادی از جزئیات آن می گردند. همچنین روش فیلتر وینر که یک نوع فیلتر تطبیقی می باشد نیز با وجود تاثیر خوبی که بر حذف نویز برفک دارد هر چند در مقایسه با فیلترهای مکانی معمولی بصورت مؤثرتر و بهتری عمل می کند ولی باز هم با دارا بودن مقدار بتای در حدود ۶۴٪ روش آستانه گذاری نرمال، ملاحظه می شود که در حفظ جزئیات ضعیف عمل می کند.

در روشهای حذف نویز برفک که با استفاده از موجک صورت می گیرد روش بیزین به علت الگوریتم مورد استفاده در آن که بگونه ای هوشمندانه از رابطه بیز استفاده کرده و به این ترتیب باعث حفظ جزئیات تصویر به میزان قابل قبولی (با مقدار بتای در حدود ۵۴٪) می گردد، می تواند به عنوان یک روش مفید و قابل قبولی برای این امر در نظر گرفته شود اما در مقابل، پیچیدگی نسبی الگوریتم و همچنین وابستگی زیاد الگوریتم به واریانس نویز و همچنین به میزان دقت در تعیین پارامترها و نیز

حجم بالای محاسبات که نیاز به زمان طولانی (برای هر تصویر بیش از ۳۰ دقیقه بوسیله یک سیستم با سرعت متوسط) برای انجام محاسبات، مشکلاتی هستند که از مقبولیت آن می کاهند. با این وجود در ادامه این روش با در نظر گرفتن تابع احتمال توزیع نویز نیز بصورت یک توزیع α -stable و تخمین دقیقتر پارامترها با استفاده از الگوریتم دقیقتر می توان این روش را بصورت مؤثرتر و مفیدتری بکار برد. همچنین می توان با مقایسه انواع مختلف موجک به بررسی دقیقتر این روش پرداخت.

از روشهای دیگری که با استفاده از موجک به حذف نویز برفک اقدام می کنند، روشهای آستانه گذاری می باشند، که شامل روشهای آستانه گذاری جهانی و بیزین و نرمال می باشند. در روش آستانه گذاری جهانی که در آن برای همه سطوح تنها یک آستانه تعیین می شود به علت مات کردن تصویر و از دست دادن مقدار زیادی از جزئیات نمی تواند روش مؤثری باشد ولی روشهای آستانه گذاری بیزین و نرمال به این علت که برای هر زیر باندهای یک آستانه خاص تعیین می کند و تعیین این آستانه ها نیز با توجه به توزیع ضرایب موجک در همان زیر باندها می باشد و با توجه به دقت بالای این روشها در عین سرعت بالای الگوریتم (برای هر تصویر در حدود ۲ ثانیه با سیستمی با سرعت متوسط) و نیز حفظ نسبی جزئیات در ضمن حذف نویز که بگونه مطلوبی در این روشها صورت می گیرد، این دو روش آستانه گذاری (بیز و نرمال) می توانند به عنوان روشهای مطلوبی مورد استفاده قرار گیرند.

مورد مقایسه کمی قرار گیرند. برای اثبات این امر می‌توان نتایج موجود در مقالات (۸) و (۱۰) و (۱۱) را مشاهده کرد، که در آنها تصاویر مختلف و نویزهای با پارامترهای مختلف نتایج متفاوتی را در پی داشته‌اند، که این نتایج حتی در مورد تصاویر ثابت با نویزهای با واریانس مختلف نیز قابل مقایسه کمی نیستند و بطور مجزا آورده شده‌اند [۱۱]. البته این نکته نیز قابل ذکر است که آهنگ نتایج (بهبود پارامترهای کمی) که در این پژوهش بدست آمده‌اند با آهنگ نتایج سایر مقالات، مشابه است [۸ و ۱۰ و ۱۱].

ضمناً لازم است در اینجا این نکته را متذکر شویم که به علت وابستگی نتایج حاصل از اعمال روشهای حذف نویز برفک به تابع توزیع تصویر و همچنین تابع توزیع نویز، نمی‌توان نتایج بدست آمده بوسیله افراد مختلف که بر روی تصاویر متفاوت انجام گرفته و نویزهایی با پارامترهای مختلف را مورد استفاده قرار داده‌اند، را بصورت کمی با هم مقایسه کرد و حتماً باید تمام روشهای مورد مقایسه بر روی یک تصویر مشترک با نویز مشترک، اعمال شود. در نتیجه نتایج بدست آمده در سایر مقالات با نتایج بدست آمده در این پژوهش نمی‌توانند

منابع

- 1- Goodman JW. Some fundamental properties of speckle. J. Opt. Soc. Amer 1976; 66:1145–1150.
- 2- Abbott JG, Thurstone FL. Acoustic speckle: Theory and experimental analysis. Ultrason. Imag., 1979, 1:303–324.
- 3- Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. New York: Academic Press, 1998.
- 4- Valens C. A Really Friendly Guide to Wavelets. 1999, Tutorial, Perso.Wondodo.fr.
- 5- Loupas T, Meddick WN, Allan PL. An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images. IEEE Trans. Circuits Syst. 1989, 36:129–135.
- 6- Zong X, Laine AF, and Geiser EA. Speckle reduction and contrast enhancement of echocardiograms via multiscale nonlinear processing. IEEE Trans. Med. Imag. 1999, 17: 532–540.
- 7- Donoho DL. Denoising by soft-thresholding. IEEE Trans. Inform. Theory. 1995, 41: 613–627.
- 8- Achim A, Bezerianos A, Tsakalides P. Novel Bayesian multiscale method for speckle removal in medical ultrasound images. IEEE Trans. Med. Imag. Aug. 2001, 20: 772–783.
- 9- Abrishami Moghadam H, Valadan Zouj MJ, Deghani M. An Efficient Bayesian – based Algorithm for Speckle Noise Reduction Using Wavelet Transform. Ms.c

Thesis, Khajenasireddin Toosi (KTU), Jan. 2004.

10- Savita Gupta, Kaur L, Chauhan RC, Saxena SC. A Wavelet Based Statistical Approach for Speckle Reduction in Medical Ultrasound Images. Med. Bio. Eng. Comput. 2004, 42: 189-192.

11- Grace Chang S, Bin Yu, Vetterli M. Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression. 2000 IEEE Transaction on Image Processing. 2000, (9)9.