



کاهش نویز اسپکل تصاویر با استفاده از معادلات انتشار و مفهوم تصویر پیکسونی

سارا شریف زاده

احسان نادرزاد

موسسه آموزش عالی صنعتی مازندران - بابل - میدان کارگر - صندوق پستی ۷۴۴

sarasharifzade@yahoo.com

ehsan_nader@yahoo.com

اکثر فیلترهای حوزه مکان و فرکانس با ایجاد توازن بین حذف نویز در نواحی همگن تصویر و حفظ جزئیات در نواحی ناهمگن، عملاً نویز را در نواحی ناهمگن تصویر باقی می گذارند. فیلترهای ساده ای نظیر متوسط گیر و میانگین یا فیلترهای تطبیق پذیر لی (Lee) و فراست (Frost) از این جمله اند. از دیگر روشهای حذف نویز اسپکل می توان به فیلتر وینر [۲] و همچنین روشهای جدیدی نظیر پنجره های تطبیق پذیر [۳] اشاره نمود. همچنین با استفاده از آستانه گذاری روی ضرایب موجک نظیر آستانه گذاری سخت و نرم عمل حذف نویز انجام می شود [۴].

در سالهای اخیر استفاده از معادلات با مشتقات جزئی (معادله انتشار) به عنوان روشی قدرتمند جهت بازیابی اطلاعات از داده های نویزی مورد استفاده قرار گرفته است [۵]. مدلسازی تصاویر با استفاده از ساختار پیکسونی اولین بار توسط Pina و Puetter در بازسازی تصاویر نجومی (Reconstruct astronomical images) استفاده شد [۶،۷]. ایده اصلی در استفاده از پیکسون به این صورت می باشد که اطلاعات موجود در یک تصویر بصورت محلی توزیع می شوند و در نتیجه می توان یک تصویر را سلولهایی با اندازه متغیر در نظر گرفت که بصورت محلی وضوح اطلاعات در تصویر را مشخص می کنند. اندازه، شکل و موقعیت پیکسونهای داخل یک تصویر را می توان بصورت یک نگاشت پیکسونی گردآوری کرد. استفاده از تصاویر پیکسونی باعث کاهش حجم محاسبات می شود تصاویر پیکسونی کاربرد وسیعی در مباحث مهم پردازش تصویر نظیر قطعه بندی و بازیابی تصاویر و ... دارند [۸،۹].

در این مقاله ابتدا تصویر را بصورت یک تصویر پیکسونی مدل می کنیم در نتیجه مسئله حذف نویز از تصویر پیکسونی به تصویر پیکسونی منتقل می شود سپس با اعمال معادله نفوذ به تصویر پیکسونی عمل حذف نویز انجام می گیرد. این روش ابزار قدرتمندی را در حذف نویز تصاویر در اختیار ما قرار می دهد. نتایج آزمایشات مختلف نشان می دهد که روش پیشنهادی ضمن حفظ لبه ها و کیفیت تصویر، به میزان قابل توجهی نویز را در تصاویر کاهش می دهد.

چکیده: کاهش نویز تصاویر یکی از مراحل بسیار مهم در اکثر کاربردهای پردازش تصویر می باشد هدف در اکثر روشها والگوریتم های پردازش تصویر حفظ ساختار تصویر، مانند ناپیوستگی ها و لبه های موجود در آن می باشد. استفاده از معادلات با مشتقات جزئی برای بازسازی تصاویر در سالهای اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و پژوهشگران قرار گرفته است. در این مقاله با استفاده از معادلات با مشتقات جزئی و مفهوم تصویر پیکسونی، نویز اسپکل را با حفظ جزئیات تصویر بصورت بهینه حذف می نماییم ایده اصلی در این روش جاگذاری معادلات نفوذ در یک مدل تصویر پیکسونی می باشد این الگوریتم بر روی تصاویر مختلف آزمایش شده است و عملکرد آن با عملکرد الگوریتم های موجود مورد مقایسه قرار گرفته است نتایج نشان می دهد که روش پیشنهادی در این مقاله، نسبت به روشهای موجود، علاوه بر حذف نویز در حفظ لبه و بهبود کیفیت از عملکرد بهتری برخوردار است.

واژه های کلیدی: نویز اسپکل، حذف نویز، معادلات نفوذ، تصویر پیکسونی.

۱- مقدمه

علم پردازش تصویر یکی از علوم پرکاربرد در مهندسی است که در سالهای اخیر پیشرفت قابل توجهی داشته است، یکی از مسائلی که در این علم وجود دارد، حذف اختلالات ناخواسته نظیر انواع نویزها و عوامل متعدد دیگر در تصاویر است که اغلب به عنوان مرحله پیش پردازش مورد استفاده قرار می گیرد.

در اثر تداخل سازنده و مخرب امواج بازگشتی در سیستم تصویر برداری فراصوت و یا در تصاویر ماهواره ای، الگوی نقطه ای ضرب شونده ناخواسته که به نویز اسپکل مشهور است، تشکیل می شود. یکی از روشهای کاهش نویز اسپکل، میانگین گیری از چندین تصویر مشابه ولی با الگوهای مستقل اسپکل می باشد [۱]. روش دیگری فیلتر کردن تصویر است که می تواند مستقیماً بر روی تصویر و یا بعد از اعمال یک نگاشت بر روی ضرایب تبدیل یافته صورت پذیرد. معیارهای اصلی که در کاهش نویز اسپکل باید همواره رعایت شود عبارتند از: (۱) کاهش هر چه بیشتر واریانس نویز در نواحی همگن (۲) حفظ جزئیات (بافت، لبه و خطوط) و (۳) نداشتن هیچ گونه عوارض مصنوعی.

یکنواخت و یا در نواحی با روشنایی بالا بیشتر از نواحی با گرادیان بالا یا نواحی تاریک صورت گیرد. همچنین اگر تخریب در نواحی مختلف تصویر به شکلهای مختلف بوجود آمده باشد امکان بازسازی توسط فیلتر وینر فراهم نخواهد بود.

۳- معادله انتشار

ایده اصلی معادلات انتشار بر اساس تکرار می باشد. در استفاده از معادلات انتشار در پردازش تصویر، یکی از اصلی ترین پیش پردازشها استفاده از فیلتر دوبعدی گوسین است که در آن تصویر $p(x, y)$ با یک پنجره $K_\sigma(x, y)$ کانالو می شود:

$$K_\sigma(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{|x|^2 + |y|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (۳)$$

در معادله فوق $K_\sigma(x, y)$ فیلتر گوسین است و σ بیانگر انحراف استاندارد ضرایب فیلتر می باشد. با عملیات کانولوشن روی تصویر، یکی از مشکلات اساسی که بوجود خواهد آمد هموار شدن لبه ها می باشد. البته در [۱۰] نشان داده شده است که این مشکل را می توان با تلقی کردن تغییرات چگالی تصویر به عنوان جریان گرمایی برطرف کرد.

معادله انتشار برای یک تصویر $p(x, y)$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$\frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} = \nabla^2 p(x, y, t) = \frac{\partial^2 p(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p(x, y, t)}{\partial y^2} \quad (۴)$$

در معادله فوق تصویر $p(x, y, 0) = p_0(x, y)$ ، تصویر اولیه (در $t=0$) و $p(x, y, t)$ تصویر در لحظه $t = 0.5\sigma^2$ می باشند. معادلات فوق را به صورت زیر می توان خلاصه نمود.

$$\frac{\partial p(x, y, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (r(x, y, t) \nabla p(x, y, t)) \quad (۵)$$

در معادله فوق، ∇ اپراتور گرادیان و $r(x, y, t)$ فاکتور یا ضریب انتشار و $\nabla \cdot$ اپراتور دیورژانس هستند. اگر r یک مقدار ثابت و مستقل از x و y و t باشد، معادله فوق یک معادله انتشار با فاکتور انتشار همگن نامیده می شود. در این حالت، معادله فوق بین پیکسلهای مربوط به لبه ها و سایر پیکسلهای تصویر تفاوتی قائل نمی شود و همه پیکسلها را به یک میزان هموار می کند. واضح است که چنین شرایطی شرایط ایده آلی نمی باشد. برای حل این مشکل، می توانیم ضریب انتشار را به عنوان تابعی از x و y بررسی کنیم. بنابراین، معادله فوق تبدیل به یک معادله خطی و غیرهمگن می شود و اگر r وابسته به تصویر باشد، معادله خطی فوق تبدیل به یک معادله غیرخطی می شود. این ایده در [۱۱] مطرح شد که در آنها دو معادله مختلف برای ضریب انتشار مطرح شده است:

۲- مروری بر روشهای حذف نویز

در این بخش دو تکنیک عمده حذف نویز که بطور گسترده در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می گیرند، بررسی می شود.

۱-۲ فیلتر میانه (median filter)

فیلتر میانه یکی از موثرترین فیلترها جهت حذف نویز در تصاویر می باشد. در این فیلتر پنجره های مربعی به اندازه $(2k+1) \times (2k+1)$ و یا بشکل صلیب در نظر گرفته شده و مرکز ثقل آن به روی تک تک پیکسل های تصویر شیف داده می شود. به این ترتیب که مقادیر سطوح داخل یک پنجره به ترتیب از کوچک به بزرگ چیده شده و سپس مقدار میانی به عنوان مقدار سطح خاکستری مرکزی خواهد بود.

$$g(m, n) = \text{median} \left(\begin{matrix} f(m-k, n-k) & \dots & f(m-k, m+k) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(m+k, n-k) & \dots & f(m+k, n+k) \end{matrix} \right) \quad (۱)$$

از جمله مزایای فیلتر میانه توانایی بالای آن در حذف نویز ضربه می باشد اما این فیلتر توان کاهش نویز گوسی را به خوبی دارا نیست. از دیگر مزایای این فیلتر این است که مقدار جدید روشنایی (سطح خاکستری) در تصویر ایجاد نمی کند، اما ضعف عمده آن در جابه جایی محل لبه ها در تصویر به اندازه یک یا دو پیکسل می باشد، همچنین اگر اندازه پنجره در این فیلتر افزایش یابد نه تنها، نویز حذف میشود به همراه آن وضوح سطوح کوچک ولی غیر نویزی تصویر اصلی نیز از بین می رود و شکل ظاهری تصویر به یک تصویر مصنوعی متمایل می گردد.

۲-۲ فیلتر وینر (wiener filter)

فیلترهای مختلفی جهت حذف نویز و بازسازی تصاویر تعریف می شود از جمله معروفترین این فیلترها، فیلتر وینر می باشد. فیلتر وینر نگاه آماری به پردازش دارد. در این فیلتر فرض بر این است که تصویر و نویز دارای توزیع گوسی با متوسط صفر می باشند. فیلتر وینر با هدف کاهش متوسط مربعات خطا $|\mathcal{E}|^2$ ، بین تصویر اصلی ($I_{original}$) و تصویر تقریب زده شده از تصویر نویزی ($I_{deniosed}$) عمل می کند.

$$|\mathcal{E}|^2 = \|I_{original} - I_{deniosed}\|^2 \quad (۲)$$

فیلتر وینر توانایی بالایی در حذف نویزهای گوسی دارد اما همانطور که گفته شد این فیلتر با هدف حداقل سازی مجموع مربعات خطا برای کل تصویر عمل می کند و در نتیجه برای نواحی مختلف از تصویر یکسان عمل می کند. از آنجاییکه امکان رویت نویز توسط انسان در تمام نواحی تصویر یکسان نمی باشد، باید فرآیند بازسازی در مناطق با روشنایی

پیکسون سازی افزایش مییابد. پس از آن، عمل دسته بندی و جدا سازی پیکسونها براساس یک روش خوشه بندی انجام میشود. مطالب فوق را برای یک تصویر $(Y(t))$ میتوان بصورت رابطه زیر نشان داد:

$$Y(t) = k \otimes I_p = \int k_t(t, v) I_p(v) dv \quad (10)$$

در این معادله نگاشت $k_t(t, v)$ تابع هسته پیکسون و I_p تصویر تغییر مقیاس یافته تصویر اولیه (I_0) میباشد.

اگر تصویر I ، شامل n پیکسون باشد، رابطه زیر همواره برقرار خواهد بود:

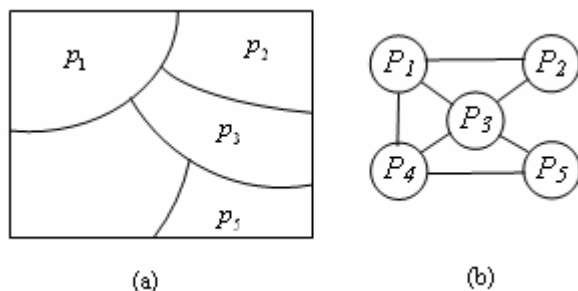
$$I = \bigcup_{i=1}^n p_i \quad (11)$$

بدین ترتیب، در عملیات پردازش، به جای اینکه $M \times N$ پیکسل، مورد بررسی واقع شود تنها p پیکسون ($p \ll M \times N$) ارزیابی می شود.

نتیجه فرآیند تشکیل تصویر پیکسونی ساختاری گراف مانند می باشد که مجموعه رئوس گراف را پیکسونها تشکیل داده و ارتباط بین رئوس آن نیز به وجود مرز مشترک بین پیکسونها بستگی دارد:

$$G = (Q, E) \quad (12)$$

در این فرمول G تصویر پیکسونی، Q مجموعه ای از رئوس گراف و E مجموعه لبه ها می باشد. در شکل ۱ نمونه ای از ساختار پیکسونی یک تصویر، به همراه ساختار گرافی متناظر، رسم گردیده است.



شکل (۱). نمونه ای از تصویر پیکسونی: ساختار پیکسونی (a) و گراف متناظر (b)

۵- نویز اسپکل

اسپکل در تصاویر فراصوت ناشی از تداخل امواج بازگشتی تصادفی از هر ناحیه قابل تفکیک (Resolution cell) در گیرنده حساس به فاز است [۱]. هنگامی که تعداد پراکنده سازها (Scatterers) در یک ناحیه قابل تفکیک زیاد و فاز برگشتی بصورت یکنواخت بین 0 تا 2π توزیع شده باشد، فازور یا دامنه میدان مختلط حاصل از این برآیند تصادفی دارای مولفه های حقیقی و موهومی E_i و E_r با تابع چگالی احتمال توام گوسی با واریانس σ^2 به شکل زیر خواهد بود [۱۲]:

$$r(x, y, t) = \frac{1}{1 + \frac{|\nabla p|^2}{k^2}} \quad (6)$$

$$r(x, y, t) = \exp\left(-\frac{|\nabla p|^2}{2k^2}\right) \quad (7)$$

چنانچه بخواهیم برای یک تصویر، معادله (۴) را به کار بگیریم به صورت زیر عمل می کنیم:

$$p(x, y, t + \Delta t) = p(x, y, t) + \Delta t (d_n r_n + d_s r_s + d_e r_e + d_w r_w) \quad (8)$$

در معادله (۸) پارامترهای d_w, d_e, d_s, d_n به ترتیب مقادیر گرادیان تصویر در چهار جهت اصلی همسایگی پیکسلها و r_w, r_e, r_s, r_n به ترتیب مقادیر ضریب نفوذ در هر یک از این جهات می باشند. این پارامترها به صورت زیر قابل محاسبه هستند:

$$d_n = p(x, y-1, t) - p(x, y, t) \quad r_n = \frac{1}{1 + (d_n/k)^2}$$

$$d_s = p(x, y+1, t) - p(x, y, t) \quad r_s = \frac{1}{1 + (d_s/k)^2} \quad (9)$$

$$d_e = p(x+1, y, t) - p(x, y, t) \quad r_e = \frac{1}{1 + (d_e/k)^2}$$

$$d_w = p(x-1, y, t) - p(x, y, t) \quad r_w = \frac{1}{1 + (d_w/k)^2}$$

معمولاً مقدار Δt برابر $0,25$ و مقدار k که به ضریب بازگشتی مشهور است بین 5 و 100 در نظر گرفته می شود [10].

۴- تشریح مدل پیکسون (تصاویر پیکسونی):

ایده استفاده از مفهوم پیکسون، در مقابل مفهوم پیکسل، اولین بار توسط Pina و Puetter، برای بازبازی تصاویر نجومی ارائه گردیده است [۶،۷]. مفهوم پیکسون بر این اساس استوار است که اطلاعات موجود در یک تصویر به صورت محلی توزیع می شود و در نتیجه می توان آنها را به عنوان سلولهایی با اندازه متغیر در نظر گرفت.

در تشکیل تصویر پیکسونی برای تصویر I_0 ، مطابق تعریف ارائه شده در [۸]، ابتدا آن تصویر تغییر مقیاس داده میشود (در 2^n ضرب میشود). در واقع با انجام اینکار هر پیکسل توسط چند پیکسل با شدت روشنائی برابر با همان پیکسل جایگزین میشود. این چند پیکسل جایگزین شده، پیکسونهای اولیه تصویر را میسازند. سپس عمل هموارسازی تصویر با استفاده از معادله انتشار ناهمگن، عمل هموار سازی بر روی تصویر انجام میشود. با انجام این عمل دقت عمل

$$SSIM = Q = \frac{4\sigma_{XY}\bar{X}\bar{Y}}{(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2)[(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2]} \quad (16)$$

در این معادله :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2 \quad (17)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$$

محدوده دینامیکی $SSIM$ بین $(-1, +1)$ می باشد بهترین مقدار $SSIM = 1$ هنگامی می باشد که $y_i = x_i$ (تصویر اصلی = تصویر تخمینی) باشد، بدترین مقدار $SSIM = -1$ هنگامی رخ می دهد که $y_i = 2\bar{X} - x_i$ باشد. همانطور که گفته شده این معیار از ترکیب سه معیار قدرتمند می باشد که می توان آنها را بصورت (۱۸) نشان داد.

$$SSIM = Q = Q_1 Q_2 Q_3 = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \times \frac{2\bar{X}\bar{Y}}{(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2} \times \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (18)$$

$s(x, y)^\alpha \times l(x, y)^\beta \times c(x, y)^\gamma$
در این معادله ترکیب اول (Q_1)، ضریب کرویشن بین x, y می باشد که وابستگی بین دو تصویر را نشان می دهد و محدوده آن بین $(-1, +1)$ می باشد به این ترکیب تابع شباهت ساختاری گفته می شود ($Structural Similarity$) ترکیب دوم (Q_2) تابع روشنایی ($Luminance function$) می باشد که متوسط روشنایی بین دو تصویر را اندازه گیری می کند. ترکیب سوم (Q_3) تابع کنتراست ($Contrast function$) نامیده می شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می دهد. ضرائب α, β, γ پارامترهایی هستند که برای وزن دهی هر تابع بکار می رود، در اینجا این مقادیر را برابر یک در نظر می گیریم. با توجه به نکات گفته شده، در این معیار هر چه مقدار اندازه گیری شده برای یک تصویر به عدد یک نزدیکتر باشد تصویر دارای کیفیت بهتری می باشد. برای استفاده این معیار در پردازش تصویر، ابتدا تصویر را بصورت پنجره هایی تقسیم بندی می کنیم، سپس برای هر پنجره مقدار $SSIM$ را محاسبه می کنیم سپس از روی مقدار میانگین مقدار $SSIM$ محاسبه می شود.

$$\overline{SSIM}(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad (19)$$

در این رابطه x و y بترتیب، تصویر اصلی و تصویر بهبود یافته می باشند و M تعداد پنجره های تصویر می باشد، x_j, y_j نیز محتویات j امین پنجره می باشد.

$$p(E_r^2, E_i^2) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{E_r^2 + E_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (13)$$

از آنجاییکه در تصویربرداری فراصوت، پوش امواج بازگشتی آشکار می شود، با اندازه فازور $f = (E_r^2 + E_i^2)^{1/2}$ سروکار داریم. این اندازه برای نویز اسپکل دارای توزیع ریلی با میانگین واحد خواهد بود [۱۲]:

$$p(f) = \begin{cases} \frac{\pi f}{2} \exp\left(-\frac{\pi f^2}{4}\right) & f \geq 0 \\ 0 & f < 0 \end{cases} \quad (14)$$

می توان با میانگین گیری از N تصویر مشابه با الگوهای مستقل اسپکل، میزان نویز را کاهش داد. در اینصورت توزیع نویز با N کانولوشن پی درپی توزیع ریلی بدست می آید [۱۳].

۶- معیار های کمی و کیفی مقایسه نتایج

برای ارزیابی الگوریتم های مورد استفاده از ۴ معیار معروف که در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می گیرند استفاده شده است. این معیارها بصورت زیر می باشند :

۱) معیار ارزش تصویر : این معیاری است که برای ارزش گذاری بر روی تصویری که لبه بهتری دارد استفاده می شود این معیار بصورت (۱۵) تعریف می شود [۱۴]:

$$FOM = Figure \ Of \ Merit = \frac{1}{\max\{\hat{N}, N_{ideal}\}} \sum_{i=1}^{\hat{N}} \frac{1}{1+d_i^2 \lambda} \quad (15)$$

در این معادله \hat{N} تعداد پیکسلهای لبه در تصویر بهبود یافته و N_{ideal} تعداد پیکسلهای لبه در تصویر اصلی می باشد، d_i فاصله اقلیدسی بین i امین پیکسل لبه پیدا شده و نزدیکترین پیکسل لبه ای ایده آل می باشد و λ عموماً یک مقدار ثابت می باشد که مقدار $1/9$ دارد. با توجه به معادله گفته شده FOM مقدار در محدوده صفر و یک دارد. برای ماکزیمم کردن FOM از فیلترهای لبه یاب مختلفی می توان استفاده کرد که در این مقاله از فیلتر لبه یاب $Canny$ برای هر دو تصویر ایده آل و تخمینی استفاده شده است [۱۵]. در این معیار هر چه مقدار FOM به عدد یک نزدیکتر باشد لبه های موجود در تصویر بهتر حفظ شده است.

۲) معیار شباهت ساختاری ($Structural Similarity$): این

معیار اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط (Wang and Bovik) ارائه شده است [۱۶]. این معیار ترکیبی از سه معیار مختلف می باشد، اگر $y = \{y_i | i = 1, 2, 3, \dots, N\}$ و $x = \{x_i | i = 1, 2, 3, \dots, N\}$ سیگنال تصویر اصلی و سیگنال تصویر تخمینی باشد. این معیار بصورت (۱۶) تعریف می شود.

	MSE	SNR	FOM	SSIM
Original Image	0	0	1	1
Noisy	125	7.56	0.35	0.38
Mean	108	8.17	0.38	0.41
Median	75	9.93	0.42	0.44
Lee	80	9.91	0.44	0.46
Frost	56	12.1	0.45	0.59
Proposed Method	42	13.2	0.47	0.71

با توجه به جدول ۱- و شکل ۲-، مشخص می باشد که اکثر فیلترها در حذف نویز اسپکل و حفظ جزئیات تصویر ناموفق هستند همچنین باعث محو شدگی تصویر خواهند شد. این در حالی است که روش پیشنهادی در حذف نویز و حفظ جزئیات بسیار موثرتر نسبت به روشهای ذکر شده عمل می کند همچنین کیفیت تصویر در مقایسه با دیگر روشها از کارایی بالاتری برخوردار است.

با توجه به آزمایشات انجام شده می توان گفت که روش پیشنهادی روش جایگزین خوبی برای روشهای موجود می باشد چرا که از نظر حجم محاسبات و کیفیت و حفظ لبه نسبت به دیگر روشها برتری دارد.

۷- پیاده سازی و مقایسه

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی آزمایشات مختلفی بر روی تصاویر استاندارد Brodatz انجام شده است [۱۷]. همچنین برای پیاده سازی الگوریتم از نرم افزار مطلب استفاده شده است.

برای پیاده سازی ابتدا تصویر پیکسلی را به یک تصویر پیکسونی تبدیل می کنیم که در نتیجه انجام این فرآیند حجم محاسبات کاهش می یابد چرا که بجای اینکه $M \times N$ پیکسل مورد بررسی قرار گیرد تنها P پیکسون مورد بررسی قرار می گیرد که $(p \ll M \times N)$ می باشد این ویژگی سبب می شود که بتوان از مدل تصویر پیکسونی برای کاربردهای بلادرنگ که نیاز به زمان محاسباتی کمی دارند استفاده نمود.

روش پیشنهادی بر روی چندین روش مرسوم و جدید حذف نویز اسپکل مقایسه می کنیم. از میان فیلترها، فیلترهای میانگین، میانه، لی و فراست جهت مقایسه انتخاب شده اند. در جدول ۱-، میانگین نتایج حاصل از حذف نویز اسپکل شبیه سازی شده بر روی تصاویر استاندارد آمده است. همچنین در شکل ۲- نتایج چند روش مختلف را بر روی یک تصویر واقعی فراصوت نشان می دهد.

جدول ۱- مقایسه روش پیشنهادی با روشهای مرسوم کاهش اسپکل



الف: تصویر اصلی



ب: تصویر نویزی



ج: روش میانه



د: فیلتر Lee



ه: روش Frost



و: روش پیشنهادی

شکل ۲- مقایسه چند روش حذف نویز با روش پیشنهادی



on *Computer Vision*, 23--25 January 2002, Melbourne, Australia.

- [10] E. Nadernejad and H.Hassanpour, "A comparison and analysis of different PDE-base Approaches for image enhancement", *International Conference on Signal Processing and Communication Systems*, ICSPCS'2007 Australia.
- [11] Perona. P and Malik. J, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion," in *Proceedings, IEEE Computer Society workshop on Computer Vision*, pp. 16-27, 1987.
- [12] Wanger. R. F, Smith. J .M, Sandrik and Lopez. H, Statistics of Speckle in Ultrasound B-Scans, *IEEE Trans. Sonic and Ultrasonic*, vol.30, pp. 156-163, May 1983.
- [13] Xie. H, Pierce. L. E and Ulaby. F, Statistical properties of logarithmically transform speckle, *IEEE Trans. Geosci. Remote sensing*, vol.40, pp.721-727, Mar,2002.
- [14] W.K.Pratt, "Digital Image Processing", *Wiley, New York, NY, USA*, 2001.
- [15] Yu Y, Acton S. "Speckle reducing anisotropic diffusion". *IEEE Trans Image Process* 2002;11(11):1260-70.
- [16] Z.Wang and A.C.Bovik, "A universal image quality index," *IEEE Signal Processing letters*, vo.9,no.3,pp-81-84, 2002.
- [17] www.ux.uis.no/~tranden/brodatz.html

۸- نتیجه گیری

در این مقاله روش جدیدی برای حذف نویز اسپیکل ارائه شده است. نویز اسپیکل یک نویز ضرب شونده می باشد که بیشتر در تصاویر فراصوت پزشکی و تصاویر ماهواره ای وجود دارد. در این مقاله ابتدا تصویر به صورت یک تصویر پیکسونی مدل شده سپس با اعمال معادله انتشار به تصویر پیکسونی عمل حذف نویز انجام می گیرد. روش پیشنهادی با روشهای جدید حذف نویز اسپیکل نظیر فیلتر Lee و Frost مورد مقایسه قرار گرفته است نتایج آزمایشات نشان می دهد که روش پیشنهادی علاوه بر حذف نویز موجود در تصاویر، جزئیات تصویر مانند لبه و بافت تصویر را حفظ می کند، همچنین هیچ گونه عوارض مصنوعی در تصویر ایجاد نمی کند.

مراجع

- [1] Dainty. J. C. (ed), *Acoustic speckle: Yheory and experimental analysis*," *Ultrasonic Imaging*, vol.1, pp.303-324, 1979.
- [2] Jain A. K, *Fundamentals of digital image processing*, *Perintice-Hall*,1989.
- [3] Park. J. Mm Song. W. J, and Pearlman. W. A, Speckle filtering of SAR images based on adaptive windowing, *IEE Proc. Image signal process*, vol.146, pp.191-197, Ague. 1999.
- [4] Fodor and C.Kamath, " Denoising through wavelet shrinkage : A n empirical study ", " *Technical report , UCRLJC-144258, Lawrence Livermore National Laboratory, 2001*. Submitted for publication ,July 2001.
- [5] Nadernejad. E, Hassanpour. H, and Miar. H , "Image Restoration Using a PDE-based Approach" , *International Journal of Engineering, Transaction B: Applications* , Vol. 20, no. 3, pp. 225-236 , 2007.
- [6] R. K. Piña and R. C. Pueter,"Bayesian image reconstruction: the pixion and optimal image modeling" *P. A. S. P.*,105:630-637, 1993.
- [7] R. C. Puetter, "Pixion-based multiresolution Image reconstruction and the quantification of picture information content", *Int. J Imaging Systems Technol*. 6:314-331, 1995.
- [8] Q. Lu and T. Jiang, "Pixion-based image denoising with Markov random fields", *Pattern Recognit.*, vol. 34, pp.2029-2039,, 2001.
- [9] Q. Lu and T. Jiang, "Pixion-based Image Segmentation with Markov Random Fields" *The 5th Asian Conference*