



# نخستین شماره از دور , GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

سال سوم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۰  
Vol.3, No.3, Autumn 2011

۱-۱۴

## کاهش نویز لکه در تصاویر رادار با روزنه ترکیبی بر اساس نرم گشتاور اول (L1)

عظیم حیدریان<sup>۱</sup>، محمودرضا صاحبی<sup>۲\*</sup>، محمدجواد ولدانزوج<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. استادیار دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. دانشیار دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۵/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۱۳

### چکیده

گسترش کاربردهای تصاویر رادار با روزنه ترکیبی و تأثیرات مهم نویز لکه در کاهش دسترسی به اطلاعات موجود در این تصاویر، به کارگیری روشی برای کاهش اثر این نویز را بسیار بااهمیت ساخته است. در مقاله حاضر برای کاهش اثر نامطلوب پدیده مذکور، فیلتر Adaptive پیشنهاد شده است. در این فیلتر برای شناسایی پیکسل‌هایی که تحت تأثیر شدید نویز لکه قرار گرفته‌اند از نرم L1 (گشتاور اول) استفاده شده است. در روش ارائه شده به جای میانگین کرنل، نزدیک‌ترین عدد به درجه خاکستری قبلی که در محدوده مجاز باشد در پیکسل مورد نظر قرار می‌گیرد. در این مقاله ابتدا پردازش‌هایی برای مشخص کردن بهترین ضریب تعدیل این فیلتر برای تصاویر استفاده شده انجام شد و سپس به مقایسه این فیلتر با فیلترهای معتبری همچون Lee, Gamma, Frost, Touzi پرداخته شد. نتایج این مقایسه نشان داد که فیلتر پیشنهادی با نسبت سیگنال به نویز میانگین بالای ۱۴ در مقابل مقدار بیشینه ۱۰/۱۳ در دیگر فیلترهای ذکر شده نتایج بهتری را ارائه می‌دهد.

**کلیدواژه‌ها:** فیلتر adaptive، درجه خاکستری مجاز، نسبت سیگنال به نویز، تابع توزیع Gamma، نرم L1 (گشتاور اول).

\* نویسنده مکاتبه کننده: تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی نقشه برداری تلفن: ۰۹۱۲۱۵۹۲۵۸۱

## ۱- مقدمه

بسیار مشکل است (Loizou, 2008)، از این رو بررسی آنها غالباً با مقایسه بصری صورت می‌گیرد (Loizou, 2008). در ادامه برای بررسی میزان تغییراتی که هر فیلتر در تصویر ایجاد می‌کند، از مرسوم‌ترین روش موجود استفاده می‌شود، بدین منظور باید تصویر اولیه به گونه‌ای انتخاب شود که دارای نویز بسیار کمی باشد. برای اطمینان از کم بودن نویز در این تصاویر، بر روی آنها فیلتر میانگین اعمال شد. سپس با استفاده از روش‌های رایج، به تصویر اولیه نویز افزوده می‌شود و تصویر نهایی از اعمال فیلتر بر این تصویر نویزی به دست می‌آید. فیلتر اعمال شده باید پیکسل‌های نویزی را شناسایی و اصلاح کند و در دیگر پیکسل‌های تصویر تغییری به وجود نیاورد. در نهایت با مقایسه تصویر اولیه (کم‌نویز) با تصویر آخر (فیلترشده) می‌توان دریافت که فیلتر تا چه حدی در حفظ پیکسل‌های غیرنویزی موفق بوده است. هدف مقاله حاضر ارائه فیلتری با استفاده از نرم L1 است که ابتدا به شناسایی نویز بپردازد و سپس به گونه‌ای اقدام به کاهش نویز کند که در اصل تصویر کمترین تغییرات ایجاد شود. اولین مزیت این فیلتر بر دیگر فیلترهای Adaptive موجود، سادگی الگوریتم و کاهش حجم محاسبات است.

## ۲- مواد و روش‌ها

فیلترهای معرفی شده در مقدمه از نسبت دو آماره انحراف معیار و میانگین (STD/Mean) برای شناسایی پیکسل‌های غیرمجاز استفاده کرده‌اند. این روش به شرط پیروی درجات خاکستری تصویر از تابع توزیع گامای ایده‌آل بسیار مؤثر و مفید به نظر می‌رسد. اما فرض مذکور همواره صادق نیست و از طرفی انحراف معیار - که همان ریشه دوم واریانس است - نیز به خاطر استفاده از توان دوم اختلاف‌ها از میانگین، به شدت تحت تأثیر پیکسل‌های با مقدار دور از میانگین

تصاویر رادار با روزنه ترکیبی<sup>۱</sup>، از منابع عمده کسب اطلاعات از سطح زمین به شمار می‌آیند، که در زمینه‌های مختلفی همچون بررسی میزان رطوبت و زبری سطح زمین به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از عواملی که موجب کاهش دسترسی به اطلاعات موجود در این تصاویر می‌گردد، نویز لکه است. استفاده از فیلترهای Adaptive از روش‌های مرسوم کاهش این پدیده در تصاویر رادار با روزنه ترکیبی به شمار می‌آید. فیلترهای Adaptive گونه‌ای از فیلترها هستند که برای کاهش نویز در تصاویر از پارامترهای آماری محلی استفاده می‌کنند (Perry, 2002). از مهمترین فیلترهای Adaptive که در نرم‌افزارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان فیلترهای Lee (Lee, 1981) و Gamma (Lopes, 1993) و Frost (Frost, 1982) و Touzi (Touzi, 2003) را نام برد. در اکثر این فیلترها از نسبت دو آماره انحراف معیار به میانگین (STD/Mean) برای شناسایی پیکسل‌های غیرمجاز (پیکسل‌های تخریب‌شده بر اثر نویز) استفاده شده است (Lopes, 1993). در دهه اخیر نیز روش‌هایی بر اساس آنالیزهای چندبعدی (Martínez, 2005)، استفاده از موجک<sup>۲</sup> (Forouzanfar, 2009) و روش‌های هوش عددی (Martínez, 2005) مطرح شده است که به نتایج مناسبی دست یافته‌اند، فیلترهای ویژه‌ای نیز به منظور کاهش نویز در اینترفروگرام‌ها ارائه شده است (Dehghani, 2007) (Fattahi, 2009)، که به پرهیز از اطاله کلام و بررسی موضوع اصلی مقاله (فیلترهای Adaptive) از بررسی آن‌ها اجتناب می‌شود.

بررسی کیفیت فیلتر غالباً همراه با موضوع فیلتر کردن مطرح می‌شود. فیلتر بهینه فیلتری است که ضمن کاهش نویزهای تصویر، کمترین تغییرات را در اصل تصویر به وجود آورد و توانایی حفظ لبه‌های موجود در آن را داشته باشد. با توجه به تأثیر بسیار زیاد نویز لکه در تصاویر رادار با روزنه ترکیبی، تشخیص لبه‌های موجود در این تصاویر با روش‌های خودکار

1. Wavelet

2. Synthetic Aperture Radar

## ۲-۱- فیلتر پیشنهاد شده

با توجه به توضیحاتی که در قسمت قبل ارائه شد، فلوجارت عملکرد فیلتر پیشنهادی در شکل ۱ نمایش داده شده است. در شکل ۱ پارامترهای  $m$ ،  $Im$  به ترتیب مقادیر پیکسل مرکزی و میانگین کرنل،  $ABS(Im-m)$  تابع قدرمطلق و  $K$  ضریب تعدیل<sup>۱</sup> هستند. ضریب تعدیل در این فیلتر (مانند فیلتر Frost) متناسب با شرایط تصویر مورد بررسی و تمایل کاربر برای میزان نزدیک کردن فیلتر به فیلتر میانگین انتخاب می‌گردد (Loizou, 2008). تابع  $L1$  نیز برای هر کرنل از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد، که خروجی آن برای هر کرنل در متغیر  $St$  قرار داده می‌شود.

در این فیلتر، پیکسلی که مقدار درجه خاکستری آن در محدوده‌ای با فاصله کمتر از  $K*St$  از میانگین کرنل قرار نگیرد غیرمجاز شناسایی می‌شود و مقدار آن متناسب با بزرگ‌تر یا کوچک‌تر بودنش از میانگین کرنل با استفاده از رابطه (۲) تا آنجا تغییر می‌یابد که وارد محدوده مجاز شود.

$$|m| = m \pm K * St \quad \text{رابطه (۲)}$$

متغیرهای استفاده‌شده در رابطه (۲) همان متغیرهای معرفی‌شده برای شکل (۱) هستند.

با محاسبه نرم  $L1$  برای هر کرنل، میانگین میزان پراکندگی درجات خاکستری در آن به دست می‌آید. مقادیر  $m+St$  و  $m-St$  نیز به ترتیب امید ریاضی پیکسل‌های تیره‌تر و روشن‌تر از میانگین هستند، یعنی اگر درجات خاکستری در کرنل به صورت یکنواخت تغییر کرده باشند،  $m+St$  برابر با میانگین درجات خاکستری بزرگ‌تر از میانگین و  $m-St$  میانگین درجات خاکستری کوچک‌تر از آن هستند. پیکسلی که فاصله آن از میانگین بیش از امید ریاضی فاصله‌ها باشد، پیکسلی پرت و در نتیجه غیرمجاز خواهد بود.

قرار دارد؛ بدین مفهوم که اگر در کرنل، پیکسلی با مقدار نویز لکه زیاد وجود داشته باشد، باعث افزایش غیرهمگون در واریانس و انحراف معیار می‌گردد. بنابراین چنانچه در کرنل مورد بررسی پیکسل پرنویزی وجود داشته باشد، اختلالات شدیدی در تفسیر پیکسل مرکزی و تشخیص نویزی یا غیرنویزی بودن آن ایجاد می‌کند. به منظور اجتناب از این پدیده در مقاله حاضر از نرم  $L1$  (گشتاور اول) استفاده شده است که در هر کرنل از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

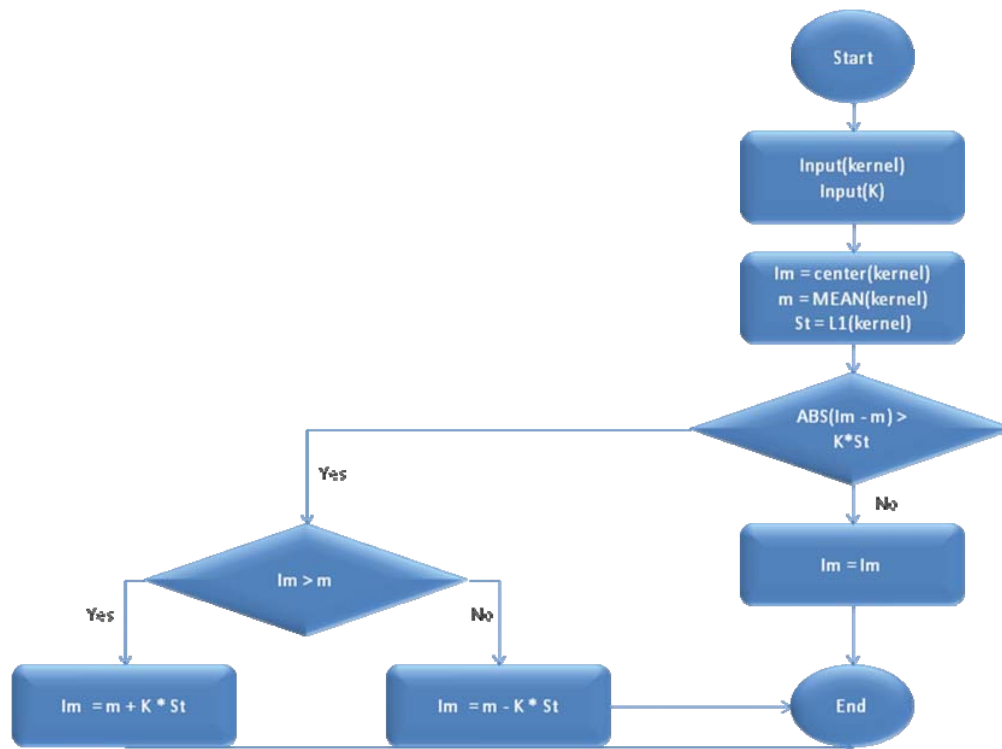
رابطه (۱)

$$L_1 = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \text{abs}(f_{i,j} - M)}{n * m}$$

که در آن  $\text{abs}()$  تابع قدر مطلق،  $n$  و  $m$  به ترتیب تعداد سطرها و ستون‌های کرنل و  $f_{i,j}$  درجه خاکستری پیکسل واقع در سطر  $i$ ام و ستون  $j$ ام کرنل و  $M$  نیز معرف میانگین درجات خاکستری پیکسل‌های موجود در کرنل است. به دلیل اینکه در نرم  $L1$  به‌جای توان دوم از تابع قدرمطلق استفاده می‌شود (Schroeder, 2001)، در مقایسه با واریانس در برابر تغییرات بزرگ نسبت به میانگین رفتار نرم‌تری از خود بروز می‌دهد.

در فیلترهای موجود پس از غیرمجاز شناخته شدن یک پیکسل، مقدار آن با میانگین درجات خاکستر کرنل جایگزین می‌شود. این جایگزینی تغییرات زیادی در مقدار عددی پیکسل به وجود می‌آورد که گاه باعث نرم شدن لبه‌ها نیز می‌گردد. با توجه به اینکه همه پیکسل‌های یک تصویر رادار با روزه ترکیبی دارای درجه‌ای از نویز لکه هستند (Oliver, 2004)، محتمل‌ترین مقدار برای هر پیکسل، مقدار برداشت‌شده آن در فرایند تصویربرداری است. بنابراین با غیرمجاز شناسایی شدن یک پیکسل بهتر است نزدیک‌ترین عدد به درجه خاکستری آن، که واقع در محدوده مجاز باشد محاسبه شود و در پیکسل قرار گیرد.

1. damping factor



شکل ۱. فلوچارت فیلتر پیشنهادشده

## ۲-۲- معرفی تصاویر تست و مراحل انجام کار

برای تست و مقایسه فیلترها از تصاویر هوایی رادار با روزنه ترکیبی شهر سانفرانسیسکو که به وسیله JPL در باند L دریافت شده بود، استفاده گردید و فرایند multi-look با میانگین‌گیری روی چهار look و سپس یک فیلتر میانگین بر روی آن‌ها اعمال شد. میزان نویز این تصاویر به خاطر اعمال فرایند multi-look و فیلتر میانگین، ناچیز است. مراحل که در ادامه بیان خواهد شد، بر روی هر سه پلاریزاسیون HH، HV، VV این تصاویر اعمال گردیده است:

مرحله ۱: در ابتدا از هر تصویر دو منطقه انتخاب و از تصویر جدا شد. منطقه اول همگن و دارای لبه‌های بسیار کم و منطقه دوم برخلاف منطقه اول، ناهمگن و دارای لبه‌های بسیار زیاد است (شکل ۲).

فیلتر ارائه شده در این مقاله به جای انتقال پیکسل نویزی (غیرمجاز) به میانگین کرنل، با توجه به تیره یا روشن‌تر بودن آن نسبت به میانگین کرنل، آن را به میانگین پیکسل‌های تیره‌تر یا روشن‌تر از میانگین انتقال می‌دهد. این کار هم فاصله پیکسل نویزی از میانگین کرنل را کاهش می‌دهد و هم از ایجاد تغییرات شدید در درجات خاکستری‌ها جلوگیری می‌کند.

با توجه به مطلب گفته شده، مقدار بهینه برای ضریب تعدیل (K) از نظر ریاضی  $K=1$  است، اما برای به دست آوردن مقداری عملی برای آن، در ادامه مقاله به بررسی و محاسبه مقدار بهینه ضریب تعدیل در تصاویر مورد بررسی پرداخته شده است.

لازم به توضیح است که به علت کاهش نویز با استفاده از نرم L1 در این مقاله، فیلتر پیشنهادشده با نام NRL1 مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۲. قسمت‌های انتخاب‌شده از تصویر سانفرانسیسکو (الف) تصویری با لبه‌های زیاد (ب) تصویری با لبه‌های کم.

(Oliver, 2004) در محدوده [۱ و -۱] تولید شده‌اند. تفاوت عمده بین روابط (۳) و (۴) با رابطه (۵) در تابع توزیع نویز افزوده شده است و در عین حال ساختار نویز تولیدشده با رابطه (۵) نیز به ساختار واقعی نویز لکه نزدیک‌تر است (Haugh, 2004).

با توجه به اینکه نویز لکه، حاصل بر هم نهی امواج بازگشتی از سطح است و اغلب به شکل نویزی ضرب‌شونده مدل می‌شود، نحوه افزودن آن به تصویر را می‌توان به صورت رابطه (۶) ارائه کرد (Haugh, 2004):

رابطه (۶)

$$g_{i,j} = f_{i,j} * S_{i,j} = f_{i,j} * [1 + S'_{i,j}] = f_{i,j} + N_{i,j}$$

در حالی که:

رابطه (۷)

$$S'_{i,j} = S_{i,j} - 1 \text{ و } N_{i,j} = f_{i,j} * S'_{i,j}$$

که در آن  $S_{i,j}$  میزان اثر ضربی نویز لکه و هدف از انجام محاسبات رسیدن به پارامتر جمع‌شونده  $N_{i,j}$  از مقدار ضرب‌شونده  $S_{i,j}$  است. اگر تصویر مورد بحث، تصویر دامنه (amplitude) باشد  $S_{i,j}$  از توزیع Rayleigh و اگر تصویر ارائه‌دهنده intensity باشد از توزیع negative exponential پیروی می‌کند (Oliver, 2004). همچنین می‌توان اثبات کرد که  $S_{i,j}$  در تصاویر multi-look با تابع Gamma توزیع می‌شود (Haugh, 2004).

مرحله ۲: در این مرحله به تصاویر نویز اضافه گردید. نحوه افزودن نویز در بخش ۲-۳ ارائه شده است. مرحله ۳: در این مرحله نویز تصاویر حاصل از مرحله قبل، با فیلترهای مختلف کاهش داده شد. مرحله ۴: در نهایت تصاویر اولیه (بدون نویز) و تصاویر فیلترشده با هم مقایسه گردیدند تا میزان تغییرات ایجادشده در تصویر بر اثر اعمال فیلتر به دست آید. برای بهبود کیفیت این مقایسه از تعدادی پارامتر آماری استفاده شده است که در بخش‌های بعد شرح داده شده‌اند.

### ۲-۳- روش‌های افزودن نویز به تصاویر

برای افزودن نویز به تصاویر از روابط (۳) و (۴) و (۵) استفاده شده است:

رابطه (۳)

$$g_{i,j} = f_{i,j} + n * 255 \quad (n \sim \text{uniform})$$

رابطه (۴)

$$g_{i,j} = f_{i,j} + n * f_{i,j} \quad (n \sim \text{uniform})$$

رابطه (۵)

$$g_{i,j} = f_{i,j} + S'_{i,j} * f_{i,j} \quad (S' \sim \text{Gamma})$$

که در آنها  $f_{i,j}$  درجه خاکستری پیکسل قبل از افزودن نویز با مختصات عکسی  $i,j$  و  $g_{i,j}$  درجه خاکستری همان پیکسل پس از افزودن نویز است.  $N$  و  $S'_{i,j}$  نیز اعدادی تصادفی هستند که به ترتیب با توابع توزیع uniform (Loizou, 2008) و exponential

رابطه (۸)

$$v = -S * \log(S * X)$$

که در آن X مجموعه‌ای از اعدادی تصادفی با تابع توزیع Uniform است. برای تولید اعدادی با تابع توزیع Gamma از تولید n عدد تصادفی با تابع توزیع exponential و میانگین‌گیری از آنها استفاده گردید؛ که در اینجا n برابر تعداد look‌های تصویر multi-look مورد بررسی است و در این مقاله برابر با چهار در نظر گرفته شده است.

متناسب با روش‌های افزودن نویز، در این مقاله به دو حالت به تصاویر نویز اضافه شد. در حالت اول تابع توزیع تصویر و نویز uniform در نظر گرفته شد و به تبع آن از رابطه (۳) به ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد از پیکسل‌ها و از رابطه (۴) به ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پیکسل‌های تصاویر نویز افزوده گردید و در فیلترهای اعمال شده نیز تعداد look‌ها برابر با یک در نظر گرفته شد. در حالت دوم، تابع توزیع تصویر و نویز Gamma فرض شده است. در نتیجه با استفاده از رابطه (۵) و با واریانس‌های ۱، ۰/۹، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۱ به همه پیکسل‌های تصویر، نویز افزوده شده و تعداد look‌ها در همه فیلترها چهار در نظر گرفته شد.

### ۳- معرفی پارامترهای فیلترها و روابط ارزیابی

فیلترهای موجود و همچنین فیلتر پیشنهاد شده دارای پارامترهای متغیری هستند که نحوه عملکرد فیلتر و خصوصیات آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در نتیجه بررسی و تعیین مقادیر در نظر گرفته شده برای آنها اهمیت فراوانی دارد، که در این بخش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۳-۱- پارامترهای فیلترها

برای بررسی تأثیر ضریب تعدیل (K) استفاده شده در فیلتر پیشنهادی و دستیابی به حالت بهینه آن برای

تصاویر مورد بررسی، تصاویر نویزی با مقادیر مختلفی از این ضریب فیلتر شد. پس از یافتن مقدار بهینه برای k و قرار دادن آن به عنوان مقدار پیش‌فرض فیلتر، فیلترهای Lee، Gamma، Frost و Touzi نیز بر روی همان تصاویر اعمال شد تا نتایج این فیلترها با فیلتر پیشنهادی مقایسه گردد. برای اعمال فیلتر Touzi بر روی همان تصاویر اعمال شد تا نتایج این فیلترها با فیلتر پیشنهادی مقایسه گردد. برای اعمال فیلتر Touzi از نرم‌افزار PC\Geomatica V۹/۱ استفاده شده است. مقادیر مربوط به پارامترهای این فیلترها همان مقادیر بهینه پیشنهاد شده در این نرم‌افزار در نظر گرفته شد. در نتیجه ضریب تعدیل در فیلتر Frost برابر یک و پارامترهای فیلتر Touzi به صورت زیر مقداردهی شده‌اند:

$$\text{Edge Threshold} = 0/5 \quad \text{Gradient Threshold} = 0/1 \\ \text{Contour Threshold} = 0/5$$

### ۳-۲- روابط استفاده شده در ارزیابی

برای ارزیابی هر فیلتر، با مقایسه تصاویر اولیه (بدون نویز) و تصاویر فیلترشده به وسیله آن فیلتر، شاخص‌های ارزیابی محاسبه گردیده است. این شاخص‌ها به صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند:

#### ۳-۲-۱- اختلاف استاندارد<sup>۱</sup> (SD)

از آنجا که میزان تغییرات ایجاد شده در هر پیکسل متناسب با نوسان طبیعی پیکسل‌های همسایه‌اش در کرنل دارای اهمیت زیادی است (Avcibas, 2001, 2002)، شاخص اختلاف استاندارد در این مقاله به صورت روابط (۹) و (۱۰) ارائه شده است:

رابطه (۹)

$$SD_{i,j} = \frac{ABS(f_{i,j} - g_{i,j})}{STD_{i,j}}$$

1. Standard Difference

رابطه (۱۰)

$$SD = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M SD_{i,j}$$

که در آن  $f_{i,j}$  درجه خاکستری پیکسلی با مختصات عکسی  $i,j$  در تصویر بدون نویز و  $g_{i,j}$  درجه خاکستری همان پیکسل در تصویر فیلتر شده است.  $STD_{i,j}$  انحراف معیار کرنلی در اطراف پیکسل  $i,j$  و  $M$  و  $N$  نیز ابعاد کل تصویرند.

### ۳-۲-۲- نسبت سیگنال به نویز<sup>۱</sup> (SNR)

این شاخص نشان‌دهنده نسبت درجه خاکستری‌های اولیه به میزان تغییرات ایجاد شده آنهاست، که به صورت رابطه (۱۱) تعریف شده است. (Avcibas,2002):

رابطه (۱۱)

$$SNR = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{f_{i,j}^2}{(f_{i,j} - g_{i,j})^2} \right]$$

### ۴- نتایج و ارزیابی

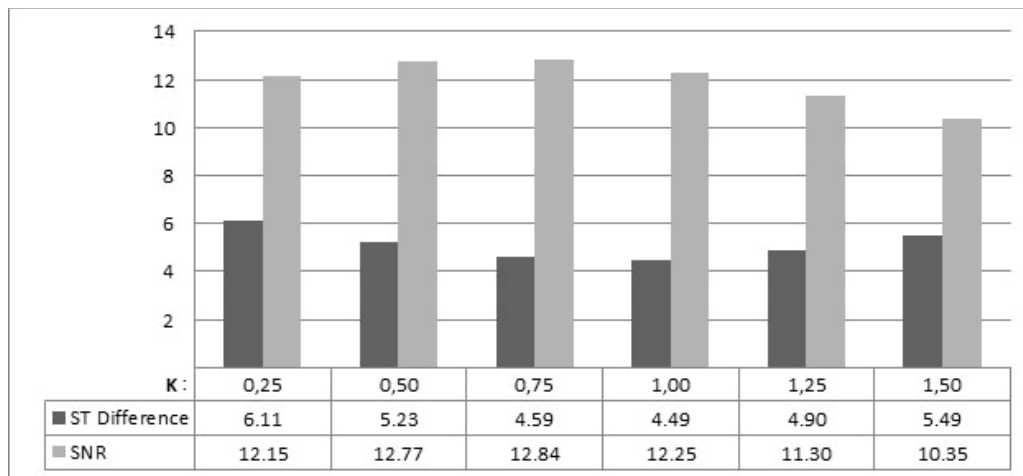
نتایج ارزیابی‌ها در تصاویر نویزی شده از روابط (۳) و (۴) برای به دست آوردن  $K$  بهینه در مناطق همگن و

ناهمگن تقریباً مشابه یکدیگر بودند. حاصل میانگین‌گیری این نتایج را می‌توان در شکل ۳ مشاهده کرد.

همان‌گونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، در میانگین نتایج به دست آمده کمترین مقدار اختلاف استاندارد مربوط به  $K=1$  و بیشترین نسبت سیگنال به نویز نیز مربوط به  $K=0.75$  است. بررسی بصری نتایج هم نشان می‌دهد که  $K$ های بزرگ‌تر توانایی بیشتری در حفظ لبه‌ها دارند. نمونه‌هایی از این موضوع در شکل ۴ نمایش داده شده است.

در تصاویری که از رابطه ۵ نویزی شده‌اند، نتایج به دست آمده از تصاویر همگن و ناهمگن با هم متفاوت است. این تفاوت با مقایسه قسمت‌های الف (مربوط به تصاویر ناهمگن) و ب (مربوط به تصاویر همگن) در شکل ۵ مشاهده می‌شود.

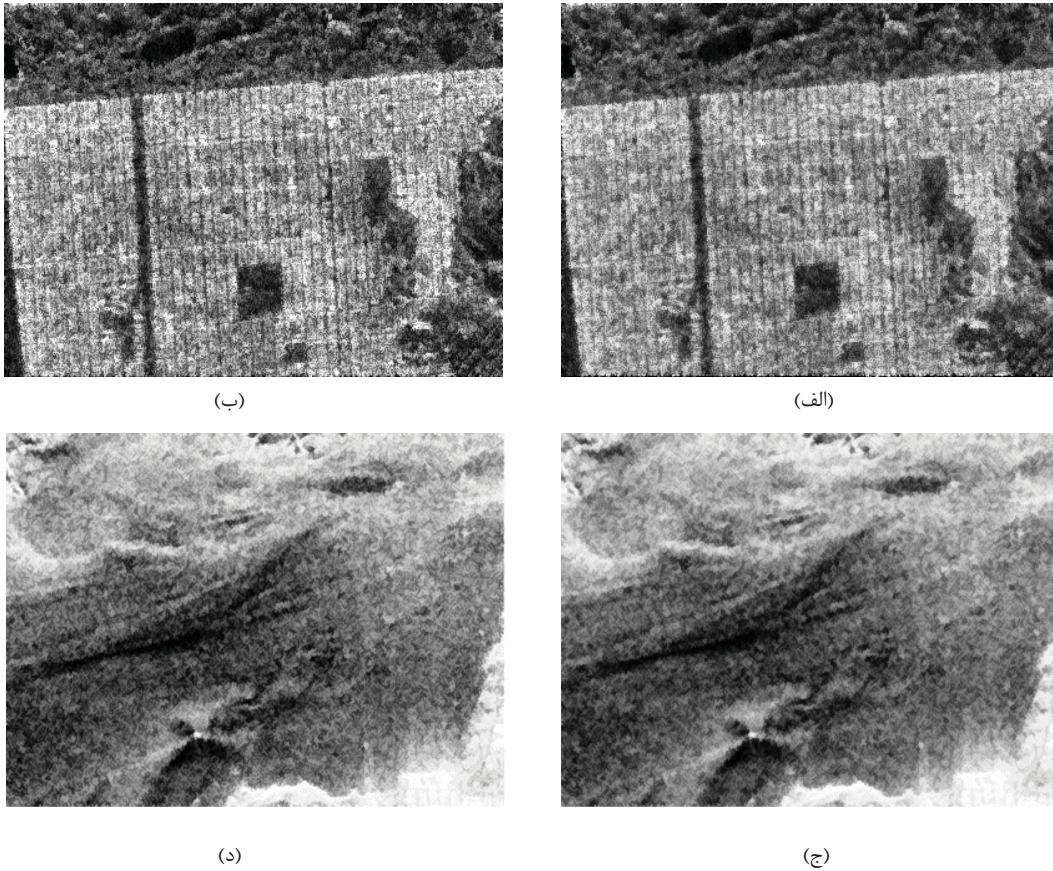
با وجود اینکه مشاهده بصری نتایج حاصل از فیلتر تصاویر ناهمگن نشان می‌دهد که با افزایش ضریب  $K$  توانایی فیلتر در حفظ لبه‌های موجود در تصویر افزایش می‌یابد، باید توجه داشت که با این افزایش، از توانایی فیلتر در شناسایی و کاهش نویزها نیز کاسته می‌شود.



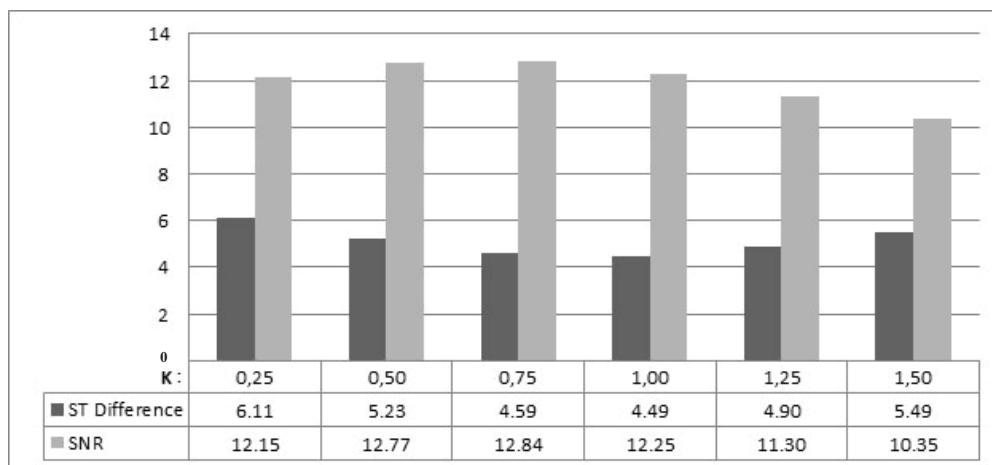
شکل ۳. اختلاف استاندارد و نسبت سیگنال به نویز در تصاویر فیلتر شده با  $K$ های مختلف

#### 1. Signal to Noise Ratio

عظیم حیدریان و همکاران



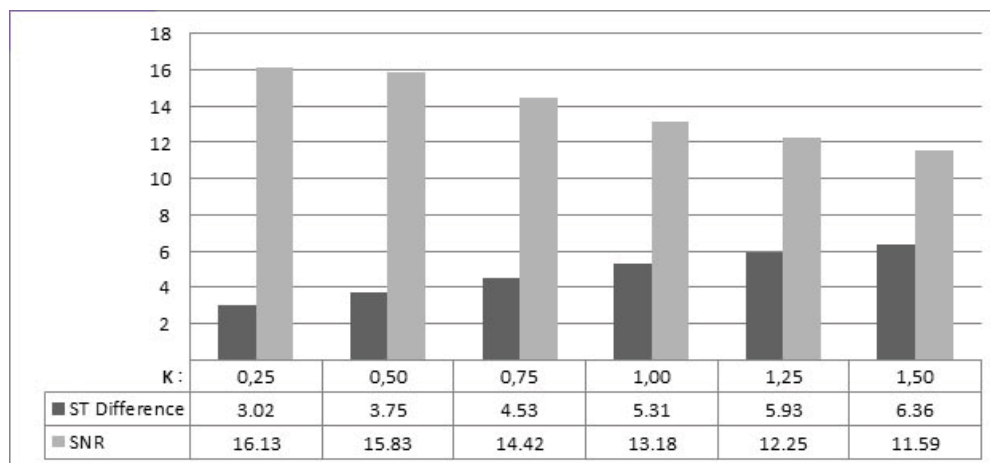
شکل ۴. نمونه‌هایی از تصاویر فیلترشده: الف) تصویر ناهمگن فیلترشده با  $K=0.75$  ب) تصویر ناهمگن فیلترشده با  $K=1$ .  
ج) تصویر همگن فیلترشده با  $K=0.75$ ، د) تصویر همگن فیلترشده با  $K=1$



شکل ۵-الف. اختلاف استاندارد و نسبت سیگنال به نویز در تصاویر ناهمگن فیلترشده با Kهای مختلف



کاهش نویز لکه در تصاویر رادار با روزه ترکیبی بر اساس نرم گشتاور اول (L1)



شکل ۵- ب. اختلاف استاندارد و نسبت سیگنال به نویز در تصاویر همگن فیلترشده با Kهای مختلف

جدول ۱. نسبت سیگنال به نویز در نتایج فیلتر با Kها و درصد نویزهای مختلف در تصاویر نویزی شده با روابط (۳) و (۴)

Noise k	10 -- 1	30 -- 1	50 -- 1	50 -- 2	75 -- 2	100 -- 2
0.25	13.25	12.55	11.67	12.52	11.84	11.05
0.50	14.83	13.47	11.95	13.33	12.13	10.89
0.75	16.57	13.76	11.35	13.58	11.71	10.06
1.00	17.75	13.10	10.07	13.02	10.70	8.84
1.25	17.62	11.96	8.69	12.05	9.69	7.80
1.50	16.80	10.87	7.58	11.14	8.73	6.98

جدول ۲. میانگین نسبت سیگنال به نویز در نتایج فیلترها با Kها و واریانس نویزهای مختلف در تصاویر ناهمگن و همگن نویزی شده با رابطه (۵)

Var k	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0.5	18.39	17.45	16.4	15.415	14.455	13.645	12.905	12.25	11.66	11.13
0.75	20.135	18.2	16.37	14.885	13.59	12.555	11.67	10.905	10.24	9.635
1	21.425	18.33	15.875	14.06	12.585	11.43	10.465	9.65	8.94	8.295
1.25	21.58	17.875	15.175	13.24	11.69	10.495	9.495	8.66	7.94	7.275
1.5	21.145	17.31	14.56	12.59	11.015	9.805	8.795	7.96	7.235	6.58

نشان می‌دهد. در جدول ۱: "۱--" نشان‌دهنده اعمال نویز با رابطه (۳) و "۲--" نشان‌دهنده نویز شدن با رابطه (۴) است. با توجه به شباهت بیشتر نویز ایجادشده از رابطه

جدول ۱ و ۲ میزان سیگنال به نویز را برای نتایج فیلتر تصاویر نویزی شده از روابط (۳) و (۴) و (۵) با Kهای مختلف نمایش می‌دهند (جدول ۲ میانگین تصاویر ناهمگن و همگن نویزی شده با رابطه (۵) را

رابطه (۱۲)

$$K = \begin{cases} 1/5 - 2/5 \times NSD & NSD \leq 0/6 \\ 0 & NSD > 0/6 \end{cases}$$

که در آن NSD انحراف معیار نویز موجود در تصویر است. برای محاسبه انحراف معیار نویز در تصاویر واقعی می‌توان ابتدا از رابطه (۱۳) مقدار میانگین نویز (NMV)<sup>۱</sup> و سپس از رابطه (۱۴) انحراف معیار نویز (NSD)<sup>۲</sup> تصویر را محاسبه کرد (Mastriani, 2004).

$$NMV = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M I(i, j) \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

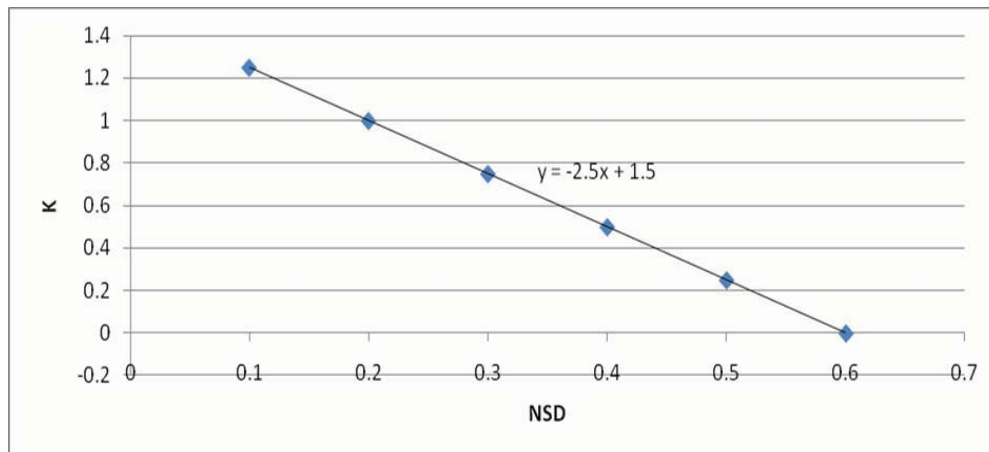
رابطه (۱۴)

$$NSD = \sqrt{\frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [I(i, j) - NMV]^2}$$

در ادامه ارزیابی، به مقایسه فیلترهای موجود با حالت انتخاب‌شده از فیلتر پیشنهادی پرداخته شده است. نتایج این مقایسه پس از میانگین‌گیری روی تصاویر همگن و ناهمگن برای تصاویر نویزی‌شده از رابطه (۳) و (۴) در شکل (۷-الف) و برای تصاویر نویزی‌شده از رابطه (۵) در شکل (۷-ب) دیده می‌شود.

(۵) به نویز لکه موجود در تصاویر رادار با گشودگی ترکیبی، برای تعیین حالت بهینه برای K از نتایج تصاویر نویزی‌شده با این معادله - که در جدول ۲ نمایش داده شده - استفاده شده است. به همین علت نتایج آن اندکی با جدول ۱ که حاوی تصاویر نویزی‌شده با روابط (۳) و (۴) هستند، اختلاف دارد. در نتایج به‌دست‌آمده از فیلتر کردن تصاویر مختلف با حالات مختلف فیلتر ارائه‌شده، مشاهده می‌شود که بین ضریب K و انحراف معیار نویز رابطه‌ای خطی وجود دارد. به همین علت برای بهینه کردن فیلتر پیشنهادی، یک معادله خطی بین انحراف معیار نویز و ضریب K برآزش داده شد که نحوه این برآزش در شکل ۶ نشان داده شده است. در این برآزش به هر انحراف معیار نویز، مقدار Kیی که بهترین نتایج را ارائه می‌کند نسبت داده شده است (مقادیر بهینه مربوط به انحراف معیار نویزهای بیشتر از ۰/۴ به علت کوچک‌تر بودن ضریب K از ۰/۵ در جدول ۲ دیده نمی‌شوند).

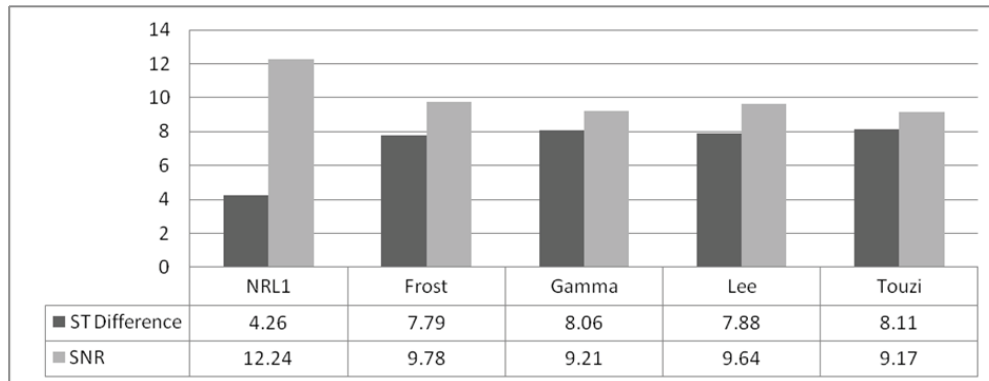
با توجه به شکل ۶ رابطه (۱۲) برای مشخص ساختن K بر اساس انحراف معیار نویز ارائه می‌گردد:



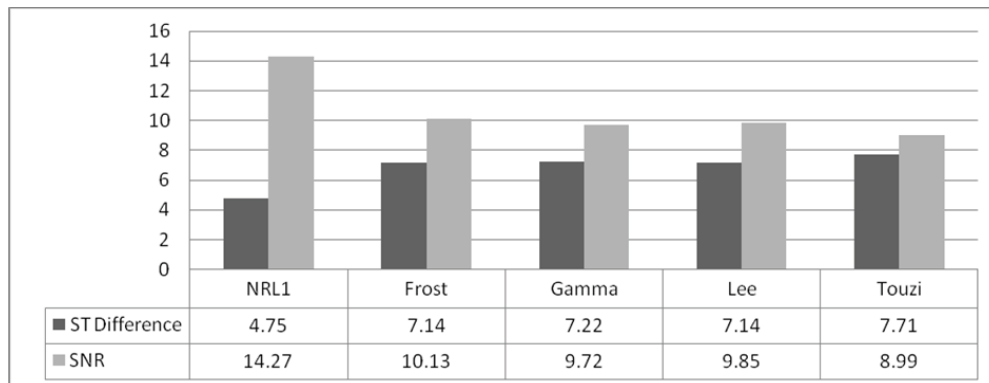
شکل ۶. برآزش رابطه خطی بین انحراف معیار نویز و ضریب K

## 1. Noise Mean Value

کاهش نویز لکه در تصاویر رادار با روزه ترکیبی بر اساس نرم گشتاور اول (L1)



شکل ۷- الف. اختلاف استاندارد و نسبت سیگنال به نویز در نتایج حاصل از فیلتر کردن تصاویر نویزی شده از روابط (۳) و (۴)



شکل ۷- ب. نمایشگر دو پارامتر اختلاف استاندارد و نسبت سیگنال به نویز در نتایج حاصل از فیلتر کردن تصاویر نویزی شده از رابطه (۵)

جدول ۳. نسبت سیگنال به نویز در نتایج اعمال فیلترهای مختلف بر تصاویر نویزی شده از روابط (۳) و (۴)

	10--1	30--1	50--1	50--2	75--2	100--2
NRL1	15.75	14.12	12.24	11.65	10.42	9.28
Touzi	7.59	8.31	9.73	7.28	7.52	8.24
Lee	7.10	8.09	9.58	7.00	7.39	8.11
Gamma	7.06	8.25	10.04	7.04	7.56	8.43
Frost	6.59	8.12	10.05	6.57	7.22	8.17

## 1. Noise Standard Deviation

به نویز در فیلتر NRL1 وابسته به میزان نویزی بودن تصویر است و با کاهش نویز در تصویر، نتایج بهبود می‌یابد. اما در دیگر فیلترها این وابستگی کمتر وجود دارد. با تعریف ضریب K به صورت تابعی از انحراف معیار نویز تصویر مشاهده می‌شود که این فیلتر از دیگر فیلترهای Adaptive موفق‌تر عمل کرده است.

همان‌گونه که قبلاً هم بیان شد. این نمودارها نتیجه میانگین‌گیری از خروجی تصاویر با درجات نویز مختلف‌اند. جداول ۳ و ۴ به ترتیب میزان سیگنال به نویز برای تصاویر فیلترشده با روابط (۳) و (۴) و سپس رابطه (۵) با میزان نویزهای مختلف نشان می‌دهند. در جداول ۳ و ۴ دیده می‌شود که نسبت سیگنال

جدول ۴. نسبت سیگنال به نویز در نتایج اعمال فیلترهای مختلف بر تصاویر نویزی شده از رابطه (۵)

	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
NRL1	20.17	17.72	16.27	15.08	14.75	13.46	12.57	11.43	10.94	10.30
Frost	10.79	10.67	10.53	10.39	10.19	10.05	9.93	9.72	9.57	9.41
Gamma	10.76	10.70	10.56	10.45	10.22	9.98	9.61	8.98	8.31	7.63
Lee	10.85	10.69	10.55	10.40	10.19	9.90	9.61	9.16	8.77	8.35
Touzi	9.15	9.12	9.20	9.36	9.73	9.95	9.52	8.75	7.96	7.22

#### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

سیگنال به نویز در فیلتر پیشنهادی (NRL1) تا حد پذیرفتنی بیشتر از فیلترهای موجود بوده است که نشان از توانایی بالای این فیلتر در حفظ درجه خاکستری پیکسل‌های غیرنویزی دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تست‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده از نرم L1 برای شناسایی پیکسل‌های غیرمجاز روش موفق‌تری بوده و در یافتن نویزها به‌خوبی عمل می‌کند. علاوه بر آن ادعا شد که قرار دادن مقداری مجاز در پیکسل که تا حد امکان به مقدار اولیه آن نزدیک باشد، در حفظ وضوح تصویر و لبه‌های موجود در آن حین عملیات کاهش نویز روشی کارآمد است.

در این مقاله ابتدا با استفاده از نرم L1 درجات خاکستری پیکسل‌های غیرمجاز شناسایی و مقادیر آن با ضرایبی از گشتاور اول جایگزین شد. این فیلتر نیز مانند برخی از فیلترهای موجود، دارای متغیری (ضریب تعدیل) است که تعریف‌کننده میزان حساسیت این فیلتر به تغییرات موجود در درجات خاکستری پیکسل‌هاست. ابتدا با مشاهده بصری خروجی‌های این فیلتر و انجام برخی تست‌ها، مقدار بهینه برای متغیر K به صورت تابعی خطی از انحراف معیار نویز مشخص گردید. در ادامه با استفاده از همان تست‌ها به مقایسه این فیلتر با دیگر فیلترهای مرسوم پرداخته شد. با مشاهده نتایج حاصل از محاسبه دو آماره «نسبت سیگنال به نویز» و «اختلاف استاندارد» برای تصاویر حاصل از این فیلتر و فیلترهای Lee, Gamma, Frost و Touzi و مقایسه آنها دیده می‌شود که این فیلتر با ارائه SNR میانگین بالای ۱۴ نسبت به فیلترهای موجود با SNR بیشینه ۱۰/۱۳ کارایی بیشتری دارد. همان‌گونه که در این مقاله نشان داده شده نسبت

#### ۶- منابع

Avcibas I., 2001, **Image Quality Statistics And Their Use in Steganalysis and Compression**, Submitted to the Institute for Graduate Studies in Science and Engineering in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of

- Dehghani M., 2007, **Radar Interferograms Noise Reduction Based on Spatial-frequency Analysis** Submitted to the K.N. Toosi University of Technology, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering for the degree of Master of science.
- Fattahi H., Valadan Zoj M.J., Mobasheri M.R., Dehghani M., Sahebi M.R., 2009, **Windowed Fourier Transform for Noise Reduction of SAR Interferograms**, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 6, No. 3.
- Forouzanfar M., Abrishami Moghaddam H., Gity M., 2009, **A New Multiscale Bayesian Algorithm for Speckle Reduction in Medical Ultrasound Images**, Springer-Verlag London Limited, Vol. 17, 359-375.
- Frost V.S., Stiles J.A., Shanmugan K.S., Holtzman J.C., 1982, **A Model for Radar Images and Its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise**, IEEE, Vol. 4, No. 2, 157-166.
- Haugh M., 2004, **Generating Random Variables and Stochastic Processes**, Monte Carlo Simulation: IEOR E4703 Fall.
- Huang S., Liua, D. Z., Gaoa G., Guoa X. J. , 2009, **Anovel Method for Speckle Noise Reduction and Ship Target Detection in SAR Images.**, Pattern Recognition, Vol. 42, No. 7, 1533-1542.
- Lee J.S., 1981, **Refined Filtering of Image Noise Using Local Statistics**, Computer Graphic and Image Processing 15, 380-389
- Li Y. Q., He M. Y, Fang X. F., 2006, **A New Adaptive Algorithm for Despeckling SAR** Philosophy.
- Avcibas I., Sankur B., Sayood K., 2002, **Statistical Evaluation of Image Quality Measures**, Journal of Electronic Imaging, Vol. 11(2).
- Images Based on Contourlet Transform**, IEEE, Vol. 4, No. 9475283.
- Loizou C.P., Pattichis C.S., 2008, **DeSpeckle Filtering Algorithms and Software for Ultrasound Imaging**, Morgan & Claypool, U.S.A.
- Lopes A., Nezry E., Touzi R., Laur H., 1993, **Structure Detection and Statistical Adaptive Speckle Filtering in SAR Images**, International Journal of Remote Sensing, Vol. 14- No. 9- 1735-1758.
- López- Martínez C., Fàbregas, X., Pottier, E., 2005, **Multidimensional Speckle Noise Model**, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Vol. 2005, No. 20, 3259 – 3271.
- Mastriani M., Giraldez A. E, **Enhanced Directional Smoothing Algorithm for Edge-Preserving Smoothing of Synthetic Aperture Radar Images**, measurement science review, Vol. 4, Section 3- 2004.
- Oliver C., Quegen S., 2004, **Understanding Synthetic Aperture RADAR Images**, SciTech, U.S.A.
- Perry S.W., Wong H.S., Guan L., 2002, **Adaptive Image Processing - A Computational Intelligence Perspective**, CRC Press LLC, Boca Raton London New

York Washington, D.C.

vol.15, No. 4, 928- 936.

Schroeder J., Bose T., 2001, **Speckle Reduction in SAR Imagery By Lp Normed Filtering**, IEEE, Vol. 5, 365-369.

Yuksel M.E., Basturk A. , 2003, **Efficient Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Digital Images by a Simple Neurofuzzy Operator**, International Journal of Electronics and Communications, vol. 57, No. 3, 214-219.

Touzi R., 2003, **A Review of Speckle Filtering in the Context of Estimation Theory**, IEEE, Vol. 13, No. 7525678, 2392 – 2404.

Yuksel M.E., 2006, **A Hybrid Neuro-fuzzy Filter for Edge Preserving Restoration of Images Corrupted by Impulse Noise**, IEEE Transactions on Image Processing,