Archive of SID

مجله علمی پژوهشی «رادار»
سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵؛ ص ۷۶-۶۷

فشرده‌سازی مقیاس‌پذیر تصاویر رادار روزنه ترکیبی بر اساس اصلاح الگوریتم EZBC با کمک تبدیل موجک بسته‌ای

سید امیر حمدی[۱]، حبیب‌اله دانیالی [۲*]، محمدصادق هل‌فروش[۳]، مرضیه زارع[۴]
۱- کارشناس ارشد، ۲ و ۳- دانشیار، ۴- دانشجوی دکتری دانشکده برق و الکترونیک، دانشگاه صنعتی شیراز
(دریافت: ۹۴/۱۰/۱۰؛ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۸)

چکیده
در این مقاله روش جدیدی برای فشرده‌سازی تصاویر رادار روزنه ترکیبی (SAR) با رویکرد بلوکی مبتنی بر الگوریتم EZBC، ارائه می‌شود. در روش پیشنهادی به‌منظور حفظ بهتر لبه‌ها و ساختار بافتی خاص تصاویر SAR، به‌جای تبدیل موجک از تبدیل موجک بسته‌ای استفاده می‌شود. به‌منظور افزایش کارایی الگوریتم EZBC در فشرده‌سازی بهتر تصاویر SAR که انرژی آن تنها در زیرباندهای فرکانس پایین متمرکز نیست، یک نسخه اصلاح شده از این الگوریتم به‌نام MEZBC ارائه می‌گردد که با تبدیل موجک به‌کار گرفته، منطبق باشد. روش پیشنهادی علاوه‌بر ایجاد نرخ فشرده‌سازی بالا برای تصاویر SAR، قابلیت مقیاس‌پذیری کامل کیفیت و نیز حفظ خاصیت کدکردن بلوکی ضرایب در حوزه تبدیل موجک را داراست. به‌علاوه این روش طوری اصلاح شده است که قابلیت پشتیبانی از کدکردن نواحی مورد علاقه (ROI) در تصویر را نیز فراهم آورد. نتایج پیاده‌سازی بیانگر عملکرد بهتر الگوریتم پیشنهادی برای فشرده‌سازی تصاویر SAR نسبت به سایر روش‌های شناخته شده در تمامی نرخ بیت‌ها می‌باشد.

واژگان کلیدی
الگوریتم EZBC، موجک بسته‌ای، رادار روزنه ترکیبی (SAR) ، فشرده‌سازی تصویر و ناحیه مورد علاقه.

۱. مقدمه
تصویربرداری رادار روزنه ترکیبی SAR[1] مستقل از نور خورشید و پوشش ابری می‌باشد و قادر است در هر زمان از شبانه‌روز و در هر شرایط جوی و آب و هوایی عمل تصویر برداری را انجام دهد. از این رو این تصاویر به عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم در علوم مختلف از جمله نظامی، کشاورزی، هواشناسی، زلزله‌سنجی، سنجش از راه دور به‌کار می‌رود [۱]. حجم این اطلاعات به سرعت در حال افزایش است، درحالی‌که ذخیره‌سازی و انتقال آن دارای محدودیت می‌باشد، از طرفی بزرگی ابعاد و محدوده دینامیکی وسیع اندازه پیکسل‌های تصاویر SAR باعث شده تا حجم این تصاویر نسبت به تصاویر اپتیکی بسیار بالاتر باشد. از این رو فشرده‌سازی تصاویر SAR از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در فشرده‌سازی تصاویر SAR کد کردن تصویر بر اساس کدگذاری تعبیه شده[2] اهمیت ویژه‌ای دارد. در این روش کدگذاری، تصویر به‌صورت کلی پردازش و ضرایب با ارزش بالاتر زودتر ارسال می‌شود. هر بیتی که به رشته بیت کد شده اضافه شود کیفیت تصویر را افزایش می‌دهد. در واقع الگوریتم دارای مقیاس‌پذیری کیفیت است[۲]. از مزایای این روش کد کردن، می‌توان به ذخیره‌سازی و بازیابی موثر، انتقال پیشرونده تصویر، انتقال موثر داده روی شبکه‌های ناهمگن و افزایش مقاومت در برابر خطای کانال اشاره کرد.

از جمله تفاوت‌های عمده‌ی دیگر تصاویر SAR با تصاویر اپتیکی می‌توان به وجود نویز لکه‌ای و از همه مهم‌تر طیف فرکانسی وسیع تصاویر SAR اشاره کرد. این تفاوت‌ها باعث شد که دیگر استفاده از روش‌های معمول فشرده‌سازی تصاویر اپتیکی برای تصاویر SAR بهینه نباشد. در سال‌های اخیر الگوریتم‌های جدیدی برای فشرده‌سازی تصاویر SAR ارائه شده است که در ادامه به نمونه‌هایی از آن اشاره می‌شود.

یکی از انواع روش‌های فشرده‌سازی تصاویر SAR، فشرده‌سازی مبتنی بر ساختار درختی است که با توجه به وجود لبه‌های زیاد و ساختار بافتی پیچیده تصاویر SAR، مولفه‌های فرکانس بالا در این تصاویر اهمیت پیدا می‌کند. از این رو

* رایانامه نویسنده پاسخگو: danyali@sutech.ac.ir
[1] Synthetic Aperture Radar
[2] Embedded

www.SID.ir

Archive of SID

روش‌هایی مانند SPIHT[1] [۳] برای این تصاویر مفید نیستند، زیرا اساس قوت این الگوریتم‌ها وجود درخت‌های بزرگ غیر مهم است که وجود انرژی در مولفه‌های فرکانس بالا باعث از بین رفتن این درخت‌ها می‌شود و کارایی این الگوریتم‌ها را کاهش می‌دهد. بنابراین الگوریتمی بر اساس اصلاح روابط والد و فرزندی الگوریتم SPIHT ارائه شد [۴] که باعث افزایش کیفیت تصویر بازسازی شده نسبت به روش SPIHT معمولی شد اما این اصلاحات پیچیدگی و کاهش سرعت اجرای الگوریتم را نیز به دنبال داشت.

روش‌های مبتنی بر استفاده از تبدیل موجک و چندی‌سازهای برداری[2] [۶ - ۵] از انواع دیگر الگوریتم‌های فشرده‌سازی است که از جمله عیوب این روش‌ها می‌توان به عدم حفظ لبه و نداشتن خاصیت تعبیه‌شدگی اشاره نمود.

استفاده از موجک‌های جهت‌دار مانند بندلت[3] برای نمایش ساختار هندسی تصاویر [۱۰-۷] از دیگر روش‌های فشرده‌سازی می‌باشد. این الگوریتم‌ها عملکرد بهتری برای نمایش لبه‌ها و ساختار بافتی تصویر بازسازی شده داشتند اما، پیچیدگی محاسباتی بالا و عدم خاصیت تعبیه‌شدگی از جمله نقاط ضعف این الگوریتم بود.

برای رسیدن به الگوریتمی ساده با ساختار محاسباتی کم و دارای قابلیت تعبیه شده می‌توان از روش‌های مبتنی بر ساختار بلوکی مانند SPECK[4] [۱۱] و EZBC[5] [۱۲] استفاده کرد، اما با توجه به این که در این الگوریتم‌ها ضرایب تبدیل موجک کد می‌گردند، لبه‌های تصویر به طور مطلوبی حفظ نشده و برای تصاویر SAR بهینه نیستند، بنابراین باید در این الگوریتم‌ها اصلاحاتی انجام شود. در این مقاله الگوریتم ساده‌ای ارائه می‌شود که با کمک بسته موجک و مرتب کردن زیرباندهای این تبدیل بر اساس میانگین انرژی و اصلاح کدگذاری ضرایب موجک بسته‌ای با کمک الگوریتم EZBC، این الگوریتم برای تصاویر SAR بهبود می‌یابد.

در ادامه این مقاله در بخش دوم به مفهوم بسته موجک اشاره می‌شود و سپس در بخش سه، الگوریتم EZBC توضیح داده می‌شود. در بخش چهارم، الگوریتم پیشنهادی برای فشرده‌سازی تصاویر SAR ارائه می‌شود و در بخش پنجم نیز، سه روش جهت فشرده‌سازی ناحیه مورد علاقه ارائه می‌گردد. در بخش شش، نتایج شبیه‌سازی بیان شده و این نتایج مورد تحلیل قرار می‌گیرد و در نهایت در بخش هفتم نتیجه کلی مقاله بیان می‌شود.

۲. تبدیل موجک بسته ای

در تبدیل موجک معمولی به مولفه‌های فرکانس بالای تصویر اهمیت زیادی داده نمی‌شود و در هر مرحله تبدیل موجک تنها به مولفه‌های فرکانس پایین اعمال می‌شود. در کد کردن تصاویر معمولی به علت تمرکز انرژی در مولفه‌های فرکانس پایین، استفاده از تبدیل موجک معمولی برای فشرده‌سازی مناسب می‌باشد در حالی که در تصاویر SAR به علت وجود ساختار بافتی پیچیده و لبه‌های زیاد، اطلاعات مهم در تمام طیف فرکانسی پخش می‌شوند. بنابراین استفاده انحصاری از مولفه‌های فرکانس پایین و موجک معمولی نمی‌تواند نتایج مطلوبی ارائه دهد.

راه‌حل مناسب برای رفع این مشکل، اعمال موجک به باندهای مختلف براساس میزان انرژی می‌باشد، بطوری که از باندهایی که دارای اطلاعات مهم هستند مجدد موجک گرفته شود. به این روش بسته موجک گویند. جزئیات این تبدیل در ادامه به‌صورت گام به گام ارائه می‌گردد.

- اعمال تبدیل موجک به تصویر
- محاسبه میانگین انرژی هر زیر باند (E) از طریق رابطه (۱)

$$E=\frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}|x(m,n)|^2 \qquad (۱)$$

که در آن M و N ابعاد زیرباند و x ضریب موجک در همان زیرباند می‌باشد.

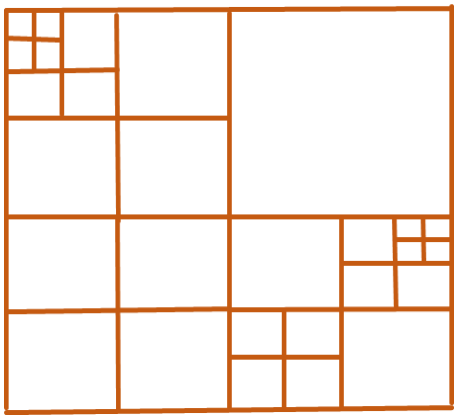
- تعیین یک سطح آستانه بر اساس بیشترین انرژی زیر باندها
- مقایسه انرژی زیرباندها با سطح آستانه به طوری که اگر انرژی زیرباندی بیشتر از سطح آستانه باشد به گام اول رفته و مجددا تمام مراحل برای آن زیر باند تکرار می‌گردد و در غیر این صورت، به‌دلیل کم بودن اطلاعات این زیرباند فرایند تجزیه آن متوقف می‌گردد.

شکل۱، مربوط به نمایش ساختار تجزیه بسته موجک می‌باشد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود علاوه بر اعمال تبدیل موجک به مولفه فرکانس پایین، زیرباندهای با انرژی بیشتر از یک سطح آستانه مشخص، به منظور تجزیه انتخاب شده و از آن‌ها نیز تبدیل موجک گرفته شده است.

[1] Set Partitioning in Hierarchical Trees
[2] Vector Quantizers
[3] Bandlet
[4] Set Partitioning Embedded Block
[5] Embedded Zero Block Coding

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱. نمایش ساختار تجزیه موجک بسته‌ای

۳. الگوریتم فشرده‌سازی EZBC

الگوریتم EZBC اولیه [۱۲] بر اساس رویکرد بلوکی عمل می‌کند. در این الگوریتم یک ناحیه بزرگ از پیکسل‌های بی ارزش نسبت به یک سطح آستانه با یک بیت کد می‌شود. این عمل یک الگوریتم موثر برای متراکم کردن نمایش یک گروه عمده از ضرایب موجک صفر را فراهم می‌کند. همچنین به دلیل پردازش مقدار کوچکی از المان‌ها در لیست‌های مختلف در یک صفحه بیت خاص بجای پردازش تمام پیکسل‌ها، سرعت اجرای الگوریتم بسیار بالا می‌باشد. البته این الگوریتم برای تصاویر اپتیکی با مولفه‌های فرکانس بالای زیاد ارائه شده است.

جزئیات کد کردن ضرایب تبدیل موجک با کمک این الگوریتم در ادامه به صورت شبه کد ارائه خواهد شد اما در ابتدا به بررسی تعاریف اولیه کاربردی در این بخش می‌پردازیم.

- ✓ $C(i,j)$: ضریب موجک در موقعیت (i,j)
- ✓ $QT_k[l](i,j)$: نمایش ساختار درختی ضرایب موجک مربوط به زیرباند k و سطح l در موقعیت مکانی (i,j)

$$QT_k[0] \equiv |C_k(i,j)| \qquad (۲)$$

$$QT_k[l] \equiv \max\{QT_k[l-1](2i,2j), QT_k[l-1](2i+1,2j), QT_k[l-1](2i,2j+1), QT_k[l-1](2i+1,2j+1)\}$$

- ✓ $s_n(i,j)$: تابع تعیین مهم بودن یک گره با سطح آستانه n

$$S_n = \begin{cases} 1 & m(i,j) \geq n \\ 0 & O.w \end{cases} \qquad (۳)$$

- ✓ که در آن m تعداد بیت مورد نیاز برای نمایش بیشترین مقدار ضریب موجک ساختار درختی گره (i,j) می‌باشد.

- ✓ LIN_k[1]: لیست گره‌های غیر مهم در زیرباند k
- ✓ LSP_k[2] : لیست پیکسل‌های مهم در زیرباند k

شبه کد الگوریتم EZBC

۱. برای هر باند در ابتدا لیست گره‌های غیرمهم و لیست پیکسل‌های مهم به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$LIN_k[l] = \begin{cases} \{(0,0)\} & l = D_k \\ \varnothing & O.w \end{cases} \qquad (۴)$$

که در آن D_k عمق ساختار درختی زیرباند k است.

$$LSP_k = \varnothing \quad \forall k \qquad (۵)$$

۲. کد کردن LIN_k

برای هر (i,j) در LIN_k مقدار S_n محاسبه می‌شود چنانچه $S_n(i,j) = 0$ باشد (i,j) در $LIN_k[l]$ باقی می‌ماند در غیر اینصورت اگر $l = 0$ علامت ضریب $C(i,j)$ ابتدا فرستاده شده و (i,j) در LSP قرار داده می‌شود در غیر اینصورت به مرحله پنجم می‌رود.

۳. کد کردن LSP

برای هر (i,j) در LSP بیت n ام مربوط به ضریب $C(i,j)$ فرستاده می‌شود.

۴. کد کردن گره‌های مهم

شکسته شدن گره مهم (i,j) به چهار قسمت $(2i,2j),(2i+1,2j),(2i,2j+1),(2i+1,2j+1)$ در سطح l-1 شکسته می‌شود. سپس مقدار $S_n(x,y)$ برای هر قسمت محاسبه می‌گردد چنانچه $S_n(x,y) = 0$ بود (x,y) به $LIN[l$-1] می‌رود در غیر اینصورت اگر l=1 بود علامت ضریب $C(x,y)$ فرستاده شده و (x,y) در LSP قرار داده می‌شود و اگر l=1 نبود مرحله ۴ برای آن قسمت تکرار می‌شود.

۵. سطح آستانه یک واحد کاهش می‌یابد و مرحله ۲ تا ۴ برای سطح آستانه جدید تکرار می‌شود.

الگوریتم زمانی متوقف می‌شود که تعداد بیت مجاز برای کد کردن تصویر مطابق تعریف اولیه تمام شود.

[1] List of Insignificant Nodes
[2] List of Significant Pixels

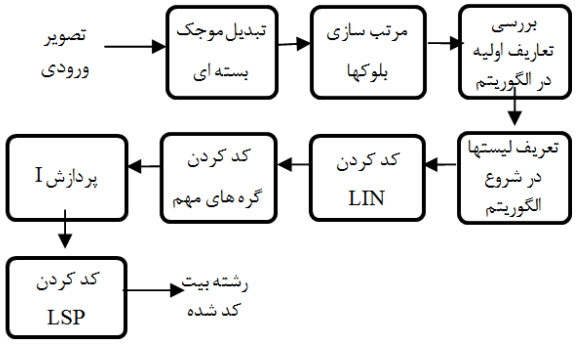
www.SID.ir

Archive of SID

۴. الگوریتم پیشنهادی (MEZBC[1])

هر چند الگوریتم EZBC به علت ساختار بلوکی و کد کردن مجزای هر باند عملکرد بهتری در مقایسه با الگوریتم‌های مبتنی بر ساختار درختی برای تصاویر با بافت پیچیده و فرکانس بالا دارد، اما این الگوریتم در مقایسه با روش‌های دیگر فشرده‌سازی تصاویر SAR از مولفه های فرکانس بالا و حفظ لبه‌ها حمایت کمتری می‌کند، بنابراین در کد کردن تصاویر SAR نتایج مطلوبی ارائه نمی‌دهد.

در این مقاله الگوریتم جدیدی ارائه می‌شود که در آن با اصلاح ساختار کدگذاری الگوریتم EZBC، این الگوریتم برای کد کردن تصاویر SAR بهینه می‌گردد. در شکل ۲ بلوک دیاگرام روش پیشنهادی ارائه شده است.



شکل۲ . بلوک دیاگرام روش پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم EZBC دارای تغییرات زیر می‌باشد:

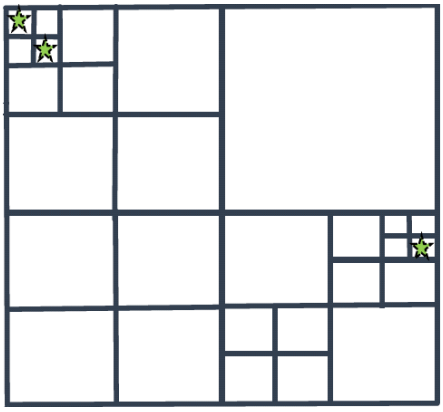
- اعمال تبدیل موجک بسته‌ای بجای تبدیل موجک معمولی به تصویر SAR به منظور نمایش بهتر لبه‌ها.
- مرتب‌سازی زیرباندهای مختلف بسته موجک بر اساس بیشترین میزان انرژی و بزرگترین ضریب هر زیرباند.
- اصلاح الگوریتم EZBC برای تبدیل بسته موجک و تغییر پردازش کدگذاری روی بلوک‌ها
- ارائه روش‌هایی جدید جهت کد کردن ناحیه مورد علاقه

جزئیات الگوریتم پیشنهادی در زیر بصورت کامل بیان می‌شود.

گام اول: اعمال تبدیل موجک بسته‌ای بیان شده در بخش ۲ به تصویر

گام دوم: مرتب‌سازی بلوک‌ها

در این گام مرتب‌سازی باندهای مختلف بسته موجک بر اساس بیشترین میزان انرژی و بزرگترین ضریب هر باند انجام می‌شود. اما جهت کارایی الگوریتم، قبل از مرتب‌سازی و پس از اعمال بسته موجک، بار دیگر منحصرا قابلیت تجزیه مجدد در زیرباندها بررسی می‌شود.



شکل۳ .قابلیت تجزیه مجدد زیرباندها بعد از اعمال موجک بسته‌ای

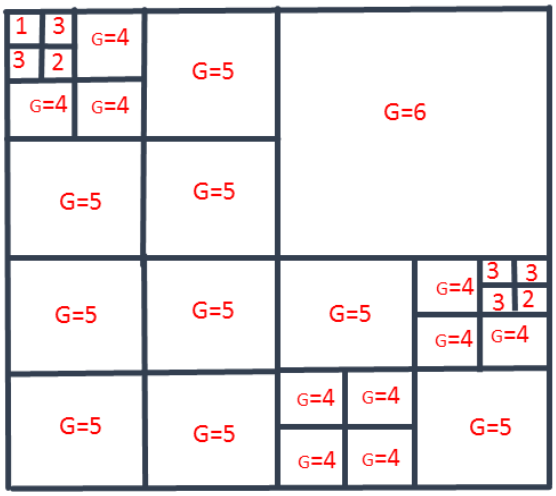
علت انجام این عمل این است که در مرتب‌سازی بلوک‌ها در کوچکترین اندازه که دارای بیشترین n_{Max} هستند، ممگن است قابلیت یک مرحله دیگر تفکیک بلوک‌ها بر اساس n_{Max} وجود داشته باشد، بدون آنکه بر اثر موجک‌گیری مقدار ضرایب افزایش یابد. این مفهوم در شکل ۳، نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود آن قسمت از تصویر که با ستاره مشخص شده، مربوط به باندهایی می‌باشد که قابلیت تجزیه مجدد را دارند اما به آن باند، موجک اعمال نشده است.

مرتب‌سازی بلوک‌ها به این صورت است که ابتدا با توجه به این‌که بیشترین انرژی در زیرباند فرکانس پایین وجود دارد، آن زیرباند به عنوان بلوک مربوط به گروه ۱ در نظر گرفته می‌شود. گروه ۲ متعلق به زیرباندهایی است که صرفا قابلیت تجزیه مجدد را پس از آخرین مرحله بسته موجک‌گیری داشتند ولی تجزیه نشدند (زیرباندهایی که با ستاره نمایش داده شده‌اند). گروه سه مربوط به کوچکترین زیرباندها از لحاظ ابعاد (بجز بلوک گروه ۱ و ۲) می‌باشد. گروه بعدی متعلق به زیرباندهایی است که از لحاظ ابعاد بعد از بلوک‌های گروه ۳ کوچکترین ابعاد را دارند. این دسته‌بندی به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند تا تمامی زیرباندها به عنوان بلوک دسته‌بندی شوند. در واقع با افزایش شماره گروه میزان میانگین انرژی و بزرگترین ضریب در هر گروه کاهش می‌یابد. کدگذار با اولویت دادن در کد کردن گروه‌های با شماره کمتر باعث بهینه‌تر شدن الگوریتم می‌شود. در شکل ۴، گروه بندی بلوک‌های شکل ۳، بر اساس روش بیان شده بالا نمایش داده شده است. در این شکل، G نشان‌دهنده گروهی است که هر بلوک در آن گروه قرار می‌گیرد.

[1]Modified Embedded Zero Block Coding

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴ . مرتب سازی بلوک‌ها بر اساس میزان انرژی هر بلوک

گام سوم: تعریف لیست‌ها در شروع الگوریتم

این لیست‌ها در آغاز برنامه به‌صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$\mathrm{LIN}_k[l]=\begin{cases}\{(0,0)\} & l=D_k\\ \varnothing & o.w\end{cases} \qquad (۶)$$

$$\mathrm{LSP}_k=\varnothing \quad ,\forall k \qquad (۷)$$

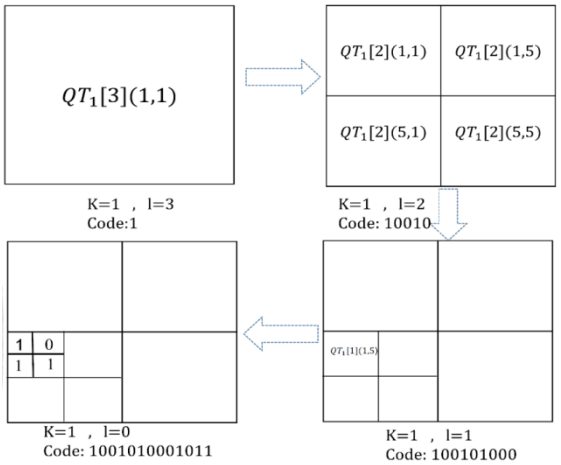
$$\mathrm{I}=\left\{\sum_{l=2}^{k}\mathrm{LIN}_k[l]\right\} \qquad (۸)$$

گام چهارم: کد کردن لیست گره‌های غیر مهم LIN

برای هر (i,j) در $\mathrm{LIN_k}$ مقدار $\mathrm{S_n}$ محاسبه می‌شود اگر $\mathrm{S_n}$ صفر بود، کد صفر فرستاده شده و (i,j) در $\mathrm{LIN_k}$ باقی می‌ماند، در غیر این صورت کد یک فرستاده و مهم بودن $\mathrm{LIN_k}$ تایید می‌شود و سطح $\mathrm{LIN_k}$ بررسی می‌شود، اگر سطح صفر بود علامت ضریب را فرستاده و در LSP قرار داده می‌شود و اگر سطح صفر نبود به گام پنجم می‌رود.

گام پنجم: کد کردن گره‌های مهم

در این مرحله هر گره (i,j) شکسته و به چهار قسمت تقسیم می‌شود. برای هر قسمت مقدار $\mathrm{S_n}$ محاسبه می‌شود، اگر $\mathrm{S_n}$ صفر بود آن قسمت به $\mathrm{LIN_k}$ می‌رود و اگر یک بود، سطح آن بررسی می‌شود. اگر سطح صفر بود علامت ضریب فرستاده شده و موقعیت ضریب در LSP قرار داده می‌شود و اگر سطح صفر نبود گام چهارم برای آن قسمت تکرار می‌شود. شکل(۵) به عنوان نمونه مراحل تجزیه ساختار درختی گره باند $k=1$ با عمق $l=3$ مشاهده می‌شود.



شکل۵ . مراحل تجزیه ساختار درختی باند $k=1$ با عمق $l=3$

گام ششم: پردازش لیست I

کد کردن زیرباندهای موجک بسته‌ای با کمک الگوریتم EZBC، با توجه به تعداد زیرباندهای زیادی که تولید می‌شود، باعث مصرف بیت زیادی برای تشخیص مهم بودن یا نبودن بلوک‌ها می‌شود، در حالی که خیلی از این بلوک‌ها تا سطح آستانه پایین غیر مهم می‌باشند، از این رو الگوریتم EZBC دیگر کارایی مطلوبی نخواهد داشت.

برای رفع این مشکل یک لیست به نام I تعریف می‌شود که شامل تمام بلوک‌ها بجز بلوک گروه یک می‌باشد. در ابتدا بلوک گروه یک بررسی شده و ضرایب موجک بسته‌ای آن که از سطح آستانه بیشتر است کد می‌شود. بعد از کد کردن بلوک گروه ۱ ، مهم یا غیر مهم بودن لیست I بررسی می‌شود. به این ترتیب که بزرگترین پیکسل در لیست I را پیدا کرده و چنانچه (بزرگترین پیکسل $\mathrm{n_I}=\log_2$ بزرگتر از n نبود لیست I غیرمهم بوده و بدون هیچ تغییر باقی می‌ماند در غیر این صورت لیست مهم تشخیص داده شده و تجزیه می‌شود.

تجزیه لیست I به این صورت است که گروه ۲ از لیست I جدا شده و مهم بودن بلوک‌های این گروه، بررسی و کد می‌شوند و سایر گروه‌ها در I باقی می‌مانند. باید توجه داشت بعد از تجزیه لیست I، بلوک‌هایی که در گروه ۲ قرار دارد بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته وکد می‌شود. به عبارت دیگر بعد از تشخیص مهم بودن گروه ۲ برای مهم بودن یا مهم نبودن هر بلوک در این گروه یک کد به کدگشا ارسال می‌شود و آن بلوک‌هایی که مهم هستند، شروع به تجزیه می‌کنند.

برای هر سطح آستانه، باید مهم بودن یا مهم نبودن لیست I بررسی شود که در صورت مهم بودن لیست I بالاترین گروه از آن جدا شده و آن گروه کد شود.

www.SID.ir

Archive of SID

گروه‌بندی این بلوک‌ها به‌صورتی است که n_{Max} گروه ۱ از گروه ۲ بیشتر و گروه ۲ از گروه ۳ بیشتر است و به همین ترتیب این روند ادامه دارد. بنابراین نیازی نیست بعد از تشخیص مهم بودن I مهم بودن تک تک گروه‌ها مورد بررسی قرار گیرد، بلکه کافی است فقط بالاترین گروه در لیست I تجزیه شده و مورد بررسی قرار گیرد.

گام هفتم: کد کردن لیست پیکسل‌های مهمLSP

بیت n ام ضرایبی که در این لیست قرار دارد کد می‌شود که n سطح آستانه‌ای است که مهم بودن لیست‌ها و پیکسل‌ها با آن مقایسه می‌شود.

گام هشتم: کاهش سطح آستانه

در این گام سطح آستانه (n) یک واحد کم می‌شود و گام سوم تا هشتم برای سطح آستانه جدید تکرار می‌شود.

این الگوریتم تا زمانی که تعداد بیت‌های تعیین شده برای کد کردن تصویر مصرف نشود ادامه می‌یابد.

به منظور بازسازی تصویر، رشته کد به کدگشا فرستاده می‌شود تا کدگشا با توجه به نیاز خود و امکاناتی که در اختیار دارد تصویر را با نرخ بیت دلخواه بازسازی کند. این نرخ بیت باید از نرخ بیتی که کدکننده تصویر را کد کرده است کمتر یا مساوی باشد. در واقع الگوریتم قابلیت مقیاس‌پذیری کیفیت را دارد.

۵. روش‌های پیشنهادی جهت فشرده سازی ناحیه مورد علاقه

در این بخش سه روش به منظور فشرده سازی ناحیه مورد علاقه (ROI[1]) بر اساس روش پیشنهادیMEZBC ارائه شده است که در ادامه به معرفی و بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

۵- ۱. روش پیشنهادی اول جهت فشرده سازی (ROI)

در این روش ابتدا تصویر SAR در حوزه تصویر به بلوک‌های کوچکتر با ابعاد ناحیه مورد علاقه تقسیم می‌شود. چنانچه در این تقسیم‌بندی ROI در چند بلوک قرار گیرد آن را با استفاده از شیفت چرخشی ابتدا به بالا و سپس به چپ در یک بلوک قرار می‌دهیم. در این روش هر بلوک به صورت یک تصویر مجزا درنظر گرفته می‌شود. جهت کد کردن ROI با کیفیت بهتر می‌توان آن ناحیه را با نرخ بیت بیشتر و سایر بلوک‌ها که مربوط به پس‌زمینه هستند را با نرخ بیت کمتری کد کرد. نرخ بیت ROI از رابطه (۹) به‌دست می‌آید.

$$BR_{ROI} = (n_b - 1)(BR\text{-}BR_b) + BR \qquad (۹)$$

که در آن BR_{ROI} نرخ بیت ناحیه مورد علاقه، BR_b نرخ فشرده‌سازی پس‌زمینه، BR نرخ فشرده‌سازی کل تصویر و n_b تعداد بلوک‌های حاصل از تقسیم تصویر اصلی می‌باشد که از رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

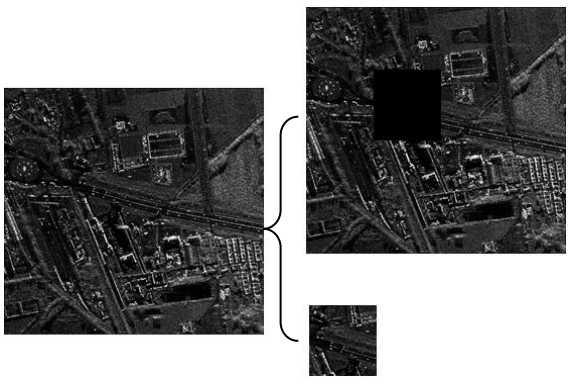
$$n_b = \frac{M \times N}{M_{block} \times N_{block}} \qquad (۱۰)$$

که M و N ابعاد تصویر و M_{block} و N_{block} ابعاد هر بلوک می‌باشد.

در مرحله نهایی هر بلوک به صورت مجزا با بیت اختصاص داده شده به آن با کمک الگوریتم MEZBC پیشنهادی کد می‌شود. البته باید متذکر شد که برای کدگشایی ROI در کد گشا کافی است مختصات اولین پیکسل (بالای تصویر سمت چپ) از ROI و ابعاد آن برای کد گشا فرستاده شود که بر اساس آن تقسیم بندی تصویر انجام شده و با شیفت چرخشی طبق قرارداد ROI در مکان صحیح قرار داده شود. نتایج این روش در بخش شش ارائه شده است.

۲.۵. روش پیشنهادی دوم جهت فشرده سازی (ROI)

با توجه به رویکرد بلوکی الگوریتم MEZBC پیشنهادی، زمانی که در حوزه تصویر یک بلوک با پیکسل صفر وجود داشته باشد، به جز چند پیکسل نزدیک مرز این بلوک که از لحاظ اندازه ضریب بسته موجک کوچکند سایر ضرایب ROI صفر می‌شود بنابراین این بلوک‌ها تا سطح آستانه پایین شکسته نخواهند شد. بنابراین تعداد بیت کمتری صرف کد کردن ضرایب مربوط به این بلوک می‌شود. بر این اساس در این روش مطابق شکل (۶) دو قسمت ROI و پس‌زمینه تصویر از هم جدا می‌گردد و هر ناحیه به طور مجزا پس از تخصیص بیت مثل روش اول با الگوریتم MEZBC کد می‌شود.



شکل۶. تفکیک تصویر به دو ناحیه پس‌زمینه و ROI

[1] Region of Interest

www.SID.ir

Archive of SID

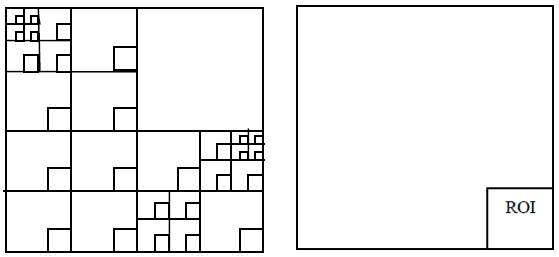
در بازسازی تصویر باید توجه داشت که بعد از کدگشایی پس‌زمینه محل مربوط به ROI کاملا صفر نیست و پیکسل‌های مرزی این ناحیه دارای مقدار می‌باشد. بنابراین پیکسل‌های این ناحیه را صفر کرده و ROI بازسازی شده در این مکان قرار داده می‌شود. نتایج این روش در بخش شش ارائه شده است.

۵ - ۳. روش پیشنهادی سوم جهت فشرده‌سازی (ROI)

در این روش ابتدا از تصویر بسته موجک گرفته می‌شود و ROI در حوزه تبدیل از پس‌زمینه جدا می‌شود. در نهایت الگوریتم MEZBC برای این روش اصلاح می‌گردد. این روش دارای مراحل زیر می‌باشد.

- جداسازی ROI در حوزه تبدیل وتولید ماسک

ابتدا از تصویر تبدیل موجک بسته‌ای گرفته وسپس ضرایب مربوط به ROI در هر بلوک را پیدا کرده و توسط یک ماسک که در شکل ۷، نمایش داده شده است مشخص می‌شود.



(ب) (الف)

شکل۷ . الف. ناحیه مورد علاقه در تصویر SAR ب. ماسک زیر باندهای مربوط به ROI

به منظور تولید این ماسک کافی است که نقطه شروع ROI و ابعاد آن را در نظر گرفت و سپس با کمک رشته بیت مربوط به ترتیب انتخاب باندها برای تجزیه هر زیر باند در بسته موجک، نقطه شروع و اندازه تمام بلوک‌های تولید شده را به‌دست آورد و سپس موقعیت ضرایب ناحیه مورد علاقه در هر بلوک به کمک روابط (۱۱) و (۱۲) به‌دست می‌آید.

$$x_{ROI_{bi}} = x_{block_i} + \frac{(size_{block_i})^{x_{ROI}}}{size_{image}} \qquad (۱۱)$$

$$y_{ROI_{bi}} = y_{block_i} + \frac{(size_{block_i})^{y_{ROI}}}{size_{image}} \qquad (۱۲)$$

که در آن، $x_{ROI_{bi}}$ و $y_{ROI_{bi}}$ مختصات آغازین ناحیه مورد علاقه در بلوک i را نشان می‌دهد و x_{block_i} و y_{block_i} مختصات آغازین بلوک i می‌باشد. همچنین x_{ROI} و y_{ROI} مختصات آغازین ناحیه مورد علاقه در تصویر اصلی می‌باشد.

اندازه ابعاد ROI در بلوک i نیز از رابطه (۱۳) به‌دست می‌آید.

$$size_{ROI_{bi}} = \frac{(size_{block_i})^{size_{ROI}}}{size_{image}} \qquad (۱۳)$$

که در آن $size_{ROI}$ اندازه ناحیه مورد علاقه در تصویر اصلی و $size_{image}$ و $size_{block_i}$ به ترتیب اندازه ابعاد تصویر اصلی و بلوک i هستند.

- تخصیص بیت

این مرحله همانند روش اول صورت می‌گیرد.

- اعمال MEZBC پیشنهادی

با کمک الگوریتم MEZBC وبا توجه به نرخ بیت مربوط به هر ناحیه ابتدا ضرایب بلوک‌های مربوط به ناحیه مورد علاقه که قبلا جدا شده را کد کرده وسپس ضرایب مربوط به پس‌زمینه کد می‌شود. نتایج این قسمت در بخش شش ارائه شده است.

۶. نتایج پیاده سازی

در شبیه‌سازی‌ها از دو تصویر SAR با ابعاد ۱۰۲۴×۱۰۲۴ که مربوط به منطقه شهری بوده و محدوده دینامیکی هر پیکسل آنها بین ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد استفاده شده است که در شکل‌های ۸ و ۹ نمایش داده شده‌اند.

شکل۸ . تصویر SAR1 استفاده شده در شبیه‌سازی‌ها

شکل۹ . تصویر SAR2 استفاده شده در شبیه‌سازی‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

برای اندازگیری میزان تخریب دامنه تصویر SAR از معیار PSNR استفاده می‌شود که از رابطه (۱۴) به‌دست می‌آید.

$$\mathrm{PSNR} = 20\log\frac{2^{b}}{\mathrm{MSE}} \qquad (۱۴)$$

در این رابطه b تعداد بیت نمایش دهنده هر پیکسل و MSE میانگین مربع خطا می‌باشد که از رابطه (۱۵) به‌دست می‌آید.

$$\mathrm{MSE} = (\frac{1}{\mathrm{MN}})\sum_{m=1}^{M-1}\sum_{n=1}^{N-1}[\mathrm{g}(m,n) - \mathrm{f}(m,n)]^2 \qquad (۱۵)$$

که g تصویر فشرده شده، f تصویر اصلی، $M \times N$ ابعاد تصویر می‌باشد.

در جدول‌های (۱ و ۲) عملکرد الگوریتم کدگذاری MEZB پیشنهادی با سه الگوریتم SPIHT، SPECK و EZBC برای دو تصویر SAR مقایسه شده است. در تمامی الگوریتم‌های مطرح شده در بالا و همچنین الگوریتم پیشنهادی، برای موجک گیری از فیلتر Bio4.4 استفاده شده است. در الگوریتم‌های SPIHT، SPECKو EZBC هفت سطح موجک گرفته می‌شود در حالی‌که در MEZBC پیشنهادی بعد از اعمال ۴ سطح موجک بسته‌ای، سه سطح دیگر به مولفه فرکانس پایین اعمال می‌شود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار PSNR الگوریتم MEZBC پیشنهادی نسبت به الگوریتم SPIHT در جدول (۱) در نرخ بیت‌های پایین مانند ۰/۱ بیت بر پیکسل ۰/۶ dB و در جدول (۲) برابر ۰/۲۵dB و در نرخ بیت‌های بالا مانند ۲ بیت بر پیکسل حدود ۲/۴dB برای جدول (۱) و ۲dB برای جدول (۲) افزایش پیدا کرده است. مقایسه دقیق نتایج به‌دست آمده در جدول‌های (۱) و (۲) نشان می‌دهد مقدار PSNR تصویر بازسازی شده در الگوریتم MEZBC پیشنهادی در تمام نرخ بیت‌ها نسبت به الگوریتم‌های دیگر بهبود یافته که نشان‌دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی است.

باید متذکر شد که در فشرده‌سازی تصویر با کمک الگوریتم‌های بالا یک مرتبه تصویر با نرخ بیت ۲ بیت بر پیکسل کد می‌شود و سپس تصویر با نرخ بیت‌های مختلف کدگشایی می‌شود که این نرخ بیت کمتر و مساوی نرخ بیتی است که تصویر با آن کد شده است. این امر نشان دهنده مقیاس‌پذیری کیفیت الگوریتم می‌باشد که یکی از نقاط قوت الگوریتم پیشنهادی است.

جدول ۱. PSNR(dB) برای تصویر بازسازی‌شده تصویر SAR1

Bpp \الگوریتم	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۵	۰/۷	۱	۲
SPIHT[۲]	۱۸/۲۶	۱۹/۳۰	۲۰/۷۸	۲۳/۷۰	۲۵/۳۲	۲۷/۶۶	۳۴/۹۲
SPECK[۱۰]	۱۸/۴۴	۱۹/۴۶	۲۱/۰۲	۲۳/۸۷	۲۵/۵۷	۲۷/۷۹	۳۵/۱۶
EZBC[۱۱]	۱۸/۲۹	۱۹/۳۸	۲۰/۸۶	۲۳/۷۹	۲۵/۴۵	۲۷/۷۴	۳۵/۰۳
الگوریتم پیشنهادی(MEZBC)	۱۸/۸۳	۱۹/۹۰	۲۱/۴۷	۲۴/۸۵	۲۶/۹۱	۲۹/۴۶	۳۷/۳۴

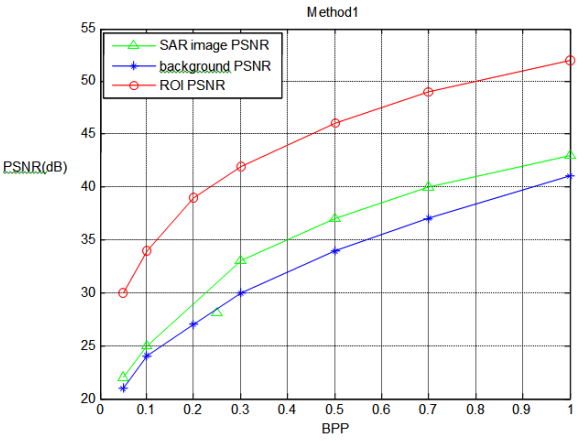
جدول ۲. PSNR(dB) برای تصویربازسازی شده تصویر SAR2

SPIHT[۲]	۲۲/۰۲	۲۴/۵۷	۲۸/۴۷	۳۵/۷۳	۳۹/۲۹	۴۲/۶۱	۴۹/۷۳
SPECK[۱۰]	۲۲/۲	۲۴/۷۳	۲۸/۶۶	۳۶/۲۸	۳۹/۹۵	۴۳/۲۳	۵۰/۱۸
EZBC[۱۱]	۲۲/۱۲	۲۴/۷	۲۸/۶۷	۳۶/۲۷	۳۹/۹۰	۴۳/۰۹	۵۰/۱۹
الگوریتم پیشنهادی(MEZBC)	۲۲/۲	۲۴/۸۲	۲۹/۲۸	۳۷/۴۲	۴۰/۴۸	۴۴/۱۰	۵۱/۷۵

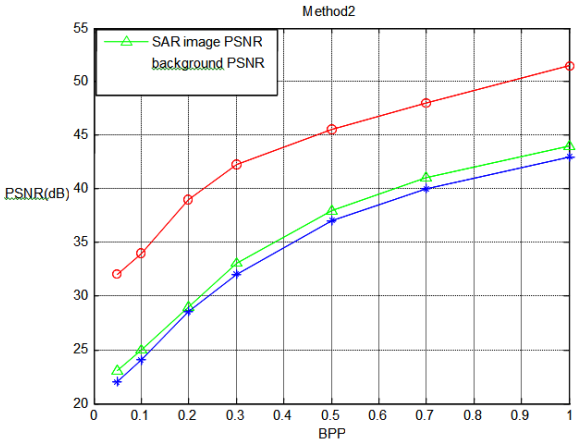
در ادامه نمودار PSNR پس‌زمینه و ROI برای سه روش پیشنهادی در بخش ۵، ارائه شده است. همان‌طور که می‌شود هر سه روش، ROI را با کیفیت مطلوبی کد نموده‌اند.

www.SID.ir

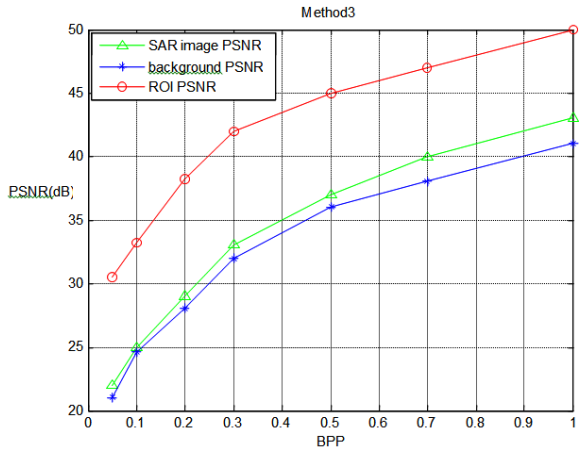
Archive of SID



شکل۱۰.نمودار مقایسه PSNR پس‌زمینه و ROI در روش MEZBC پیشنهادی اول جهت فشرده‌سازی پس‌زمینه برای تصویر SAR1



شکل۱۱.نمودار مقایسه PSNR پس‌زمینه و ROI در روش MEZBC پیشنهادی دوم جهت فشرده‌سازی پس‌زمینه برای تصویر SAR1



شکل۱۲.نمودار مقایسه PSNR پس‌زمینه و ROI در روش MEZBC پیشنهادی سوم جهت فشرده سازی پس‌زمینه برای تصویر SAR1

همان‌طور که ملاحظه می‌شود سه رویکرد پیشنهادی به منظور کد کردن ناحیه مورد علاقه، ناحیه مذکور را با کیفیت بهتری نسبت به پس‌زمینه کد می‌کند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش اول، ROI را با کیفیت بهتری نسبت به پس‌زمینه کد می‌کند اما پس‌زمینه دارای افت کیفیت زیادی است. در حالی که روش‌های دوم و سوم ضمن کد کردن ROI با کیفیت بهتر نسبت به پس‌زمینه، کیفیت پس‌زمینه نیز افت کمتری خواهد داشت.

روش ارائه شده ویژگی‌هایی چون مقیاس‌پذیری کیفیت، امکان دسترسی اتفاقی (با بهره برده از ساختار کدینگ بلوکی در حوزه موجک بسته‌ای)، پتانسیل اضافه نمودن مقیاس‌پذیری کیفیت و حمایت از کدینگ ناحیه مورد علاقه را دارا می‌باشد. نکته مهم اینکه در ازای افزودن این ویژگی‌ها همان‌گونه که نتایج عددی سنجش کیفیت نیز نشان داد در نرخ‌های مختلف فشرده‌سازی کیفیت نیز ارتقاء یافته است.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم فشرده‌سازی یک تصویر SAR بر اساس اصلاح ساختار کدگذاری الگوریتم EZBC ارائه شد که ضمن حفظ خاصیت بلوکی الگوریتم EZBC، در حفظ لبه‌ها و ساختار بافتی خاص تصاویر SAR عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم EZBC دارد. این الگوریتم ساده می‌باشد و تصویر بازسازی شده از این الگوریتم نسبت به سایر روش‌های مطرح موجود در تمام نرخ بیت‌ها دارای مقدار PSNR بالاتری است که بیانگر کارایی الگوریتم می‌باشد. این الگوریتم نیز دارای خاصیت مقیاس پذیری کیفیت می‌باشد. همچنین الگوریتم پیشنهادی از کد کردن ROI حمایت می‌کند و بر این اساس سه روش به این منظور پیشنهاد گردید که همگی از کارایی مطلوبی برخوردارند.

۸. مراجع

[1] M. Valadan-Zoej ,H .Abrishami-Moghaddam and M. Dehghani, “An Efficient Algorithm for Speckle Reduction in SAR Images Using Wavelet Transformation,” Geosciences Journal, Geological Survey of Iran, vol. 54, pp. 108-113, 2005

[2] H. Danyali and A. Mertins, “Flexible, Highly Scalable, Object-Based Wavelet Image Compression Algorithm for Network Applications,” IEE Proc.-Vision, Image and Signal Processing, vol. 151, pp. 498-510, 2004.

[3] A. Said and W. A. Pearlman, “A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees,” IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, pp. 243-250, 1996.

[4] Z. Zeng and I. G. Cumming, “SAR Image Data Compression Using a Tree-Structured Wavelet Transform,” IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, vol. 39, pp. 546-552, 2001.

[5] W. Aili and Y. Mingji, “SAR Image Compression With Vector Quantization of Wavelet Trees at Low Bit Rates,” in Proc. 5th Int. Conf. on Wireless Commun., Networking and Mobile Computing, 2009, pp. 1-4.

[6] Y. Chen, E. Salari, and J. Wei, “SAR Image Compression Using an Adaptive Algorithm in the Wavelet Domain,” in

www.SID.ir

Archive of SID

Proc. IEEE Int. Conf. on Electro/information Technology, 2006, pp. 340-343.

[7] E .Le Pennec and S. Mallat, "Sparse Geometric Image Representations With Bandelets," IEEE Trans. on Image Process., vol. 14, pp. 423-438, 2005.

[8] H. Liu, B. Hou, S. Wang, and L. Jiao, "SAR Image Compression Using Bandelets and SPIlT," in Proc. Int. Conf. on Radar, 2006, pp. 1-4.

[9] S. Yang, R. Wu, H. Meng, and L. Jiao, "Improvement of Bandelets in Cost Function and Coding Strategy for SAR Image Compression," in Proc. 2nd Asian-Pacific Conf. on Synthetic Aperture Radar, 2009, pp. 1132-1135.

[10] S. Yang, W. Qi, Z. Wang, and L. Jiao, "SAR Image Compression Based on Multibandelets and Geometric Flow Optimization," in Proc. 6th Int. Symp. on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition, 2009, pp. 74941Q-74941Q-7.

[11] W. A. Pearlman, A. Islam, N. Nagaraj, and A. Said, "Efficient, Low-Complexity Image Coding With a Set-Partitioning Embedded Block Coder," IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technology, vol. 14, pp. 1219-1235, 2004.

[12] S.-T. Hsiang, "Embedded Image Coding Using Zeroblocks of Subband/Wavelet Coefficients and Context Modeling," in Proc. Conf. On Data Compression, 2001, pp. 83-92.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of "Radar"
Vol. 4, No. 3, 2016 (Serial No. 13)

SAR Image Scalable Compression Based on the Modification of EZBC Algorithm Using Wavelet Packet Transform

S. A. Hamdi, H. Danyali*, M. S. Helfroush, M. Zare

Shiraz University of Technology

(Received: 31/12/2015, Accepted: 30/04/2016)

Abstract

In this paper, a block-based method in wavelet domain for SAR image coding is presented based on the EZBC algorithm. To better preserve edges and textural structure in SAR images, instead of using traditional dyadic wavelet transform, a packet wavelet is employed. To improve the efficiency of the EZBC algorithm for SAR image coding, a modified version of this algorithm, is proposed. This modified version, which is called MEZBC, is better adapted to wavelet packet coefficients. The proposed algorithm is fully SNR scalable and supports block-based coding of wavelet coefficients. MEZBC is also further modified to support regions of interest (ROI) coding in SAR images. experimental results show that the proposed algorithm provides a better performance for SAR image coding than other well-known algorithms in almost all bit rates.

Keywords: EZBC Algorithm, Image Compression, Region of Interest, SAR Image, Wavelet Packet, MEZBC

Corresponding author E-mail: danyali@sutech.ac.ir

www.SID.ir