

تصویربرداری فراصوتی با میدان دید گسترده مبتنی بر برآورد حرکت با استفاده

از موجک چهارگانه (Quaternion Wavelet)

چکیده

در این مقاله، ما یک الگوریتم تصویربرداری جدید با میدان دید گسترده (EFOV) مبتنی بر ویژگی تخمین حرکت را در حوزه موجک چهارگانه (QWD) برای تصاویر فراصوتی پیشنهاد نموده ایم. در مرحله اول، از حوزه فضایی، فریم های ویدئویی فراصوتی را به QWD تبدیل می کنیم، و نتیجه متشکل از یک دامنه و سه فاز می شود. در مرحله دوم، از دو فاز برای تخمین حرکت دنباله تصویر به دست آمده از قضیه شیفت استفاده می نماییم. ما می توانیم بردارهای حرکت را از طریق تخمین حرکت، و تصاویر ثبت شده را از طریق تبدیل تکراری (تخصیص مقادیر متناهی به کمیت های متناهی) بردارهای حرکت به دست آوریم. ثالثاً، از فاز سوم با دامنه برای ترکیب تصاویر ثبت شده استفاده می نماییم. در نهایت، تصویر منظره ای فراصوتی با استفاده از ترکیب تصاویر ثبت شده به دست می آید. در نهایت، آزمایش هایی به منظور بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی انجام می شوند.

کلمات کلیدی: میدان دید گسترش یافته فراصوتی. برآورد حرکت. موجک چهارگانه. تبدیل تکراری. ترکیب تصویر

1. مقدمه

تصویربرداری فراصوتی، یک بخش اساسی از تکنولوژی تصویربرداری پزشکی است. با توجه به قابلیت حمل و ویژگی های امن، زمان واقعی و غیر تهاجمی آن، تصویربرداری فراصوتی، با طیف گسترده ای از کاربردها برای مقاصد تشخیص پزشکی بیشتر و بیشتر محبوب شده است.

ایراد تصویر فراصوتی سنتی این است که میدان دید آزمونگر برای بافت محلی به واسطه عرض از مبدل که به طور معمول 4 تا 6 سانتی متر است، محدود و باریک می باشد، به طوری که دید کلی به حوزه ضایعه را نمی توان مشاهده نمود [1]. آزمونگر باید تصاویر متعدد را به طور جداگانه تجزیه و تحلیل نماید، هنگامی که ساختارهای بزرگتر و یا طویل تر، مانند بافت ماهیچه بازو و شریان کاروتید در حال تصویربرداری هستند. این به طور فزاینده با توسعه سریع فراصوتی و تکنولوژی کامپیوتر [2] برجسته شده است. روش فراصوتی EFOV، تصاویر منظره ای با کیفیت بالا را در زمان واقعی توسط اسکن دستی با پروب های استاندارد فراهم می کند که برای اولین بار در سال 1997 معرفی شد [3]. تصویربرداری EFOV نوعی از کاربرد پزشکی تکه تکه به هم پیوستن تصویر است که تصویربرداری منظره ای نامیده می شود. EFOV، یک سری از تصاویر فراصوتی دو بعدی را توسط مبدل در حال حرکت در امتداد آناتومی بیمار تقریباً در همان سطح صفحه به دست می آورد. مجموعه ای از تصاویر متعدد به یک تصویر منظره ای طولانی با یک میدان دید بسیار گسترده با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر به هم پیوند می یابند.

مراحل مهم در روش EFOV، ثبت و ترکیب تصویر می باشند. ثبت تصویر، هسته تصویربرداری فراصوتی EFOV است که انتقال و چرخش نسبی را بین تصاویر مجاور می یابد و دقت EFOV را تعیین می نماید، در عین حال اثر ترکیب تصویر از نزدیک با کیفیت بصری مرتبط است. ابتدا، Weng حرکت پروب را با استفاده از روش ثبت تصویر در نوشته ها [3] اندازه گیری نمود. فریم فعلی (که به عنوان تصویر متحرک نامیده می شود) به بلوک های غیرمتداخل تقسیم می شود. هر بلوک تصویر با موقعیت های متناظر در فریم قبلی تطبیق داده می شود (که به عنوان تصویر ثابت نامیده می شود) و نتیجه، دستیابی به یک گروه از بردارهای حرکتی موضعی است. سپس یک تکنیک بهینه سازی حداقل مربعات برای استخراج حرکت کلی بردارهای حرکتی موضعی مورد استفاده می شود. برخی از نوشته ها [4، 5]، بهبود معینی را بر اساس این نوشته [3] ساختند.

موجک چهارگانه برای اولین بار توسط T. Bulow در پایان نامه دکترای خود [6] معرفی شد و یک ابزار قدرتمند و کارآمد برای تجزیه و تحلیل چند مقیاسی از تصاویر است که توجهات زیادی را به خود معطوف نموده است. در این

نوشته [7]، W. Chan از بانک فیلتر درخت-دوگان با پیچیدگی خطی محاسباتی برای محاسبه QWT استفاده می کند و اختلاف بین یک جفت از تصاویر را تخمین می زند.

در این مقاله، ما یک چارچوب EFOV فراصوتی جدید را در پرتو آخرین توسعه QWT ارائه می دهیم. زمانی که ویدئو با توجه به نرخ فریم بالای تصویربرداری فراصوتی که باعث جابه جایی بین دو فریم متوالی می شود، کوچک باشد، توالی تصویر فراصوتی می تواند در نظر گرفته شود. ایده اولیه این مقاله، دستیابی به EFOV از نقطه نظر برآورد حرکت، به جای ثبت با استفاده از توسعه در ویدئو یا تخمین حرکت جریان نوری است. بنابراین این الگوریتم از روش جستجو برای بلوک های تطبیق یافته بر مبنای بلوک ها و/یا نقاط واری و ویژگی اجتناب می نماید. الگوریتم ما از دو فاز در نتیجه QWT برای تصاویر ورودی به منظور برآورد حرکت فریم های ویدئویی توسط قضیه جابجایی و فاز سوم با دامنه برای ترکیب تصاویر ثبت شده استفاده می نماید.

بقیه این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. بخش دوم، معرفی مختصر الگوریتم کلی EFOV موجود را ارائه می دهد. دانش پایه در مورد QWT و چارچوب برآورد حرکت مبتنی بر QWT در بخش سوم توضیح داده می شوند. علاوه بر این، این الگوریتم پیشنهادی نیز در جزئیات در این بخش شرح داده می شود. در بخش چهارم، نتایج تجربی و تجزیه و تحلیل مربوطه ارائه شده است. در نهایت، ما نتیجه گیری را با کار آینده در بخش پنجم انجام می دهیم.

2. مروری بر EFOV

به عنوان یک شکل از تکه های تصویر، اگر چه روش های مختلف برای هر مرحله وجود دارند، EFOV دارای چهار گام اساسی [8]، نشان داده شده در شکل 1 است. ما آنها را به روشی کلی به شرح زیر توصیف می نماییم.

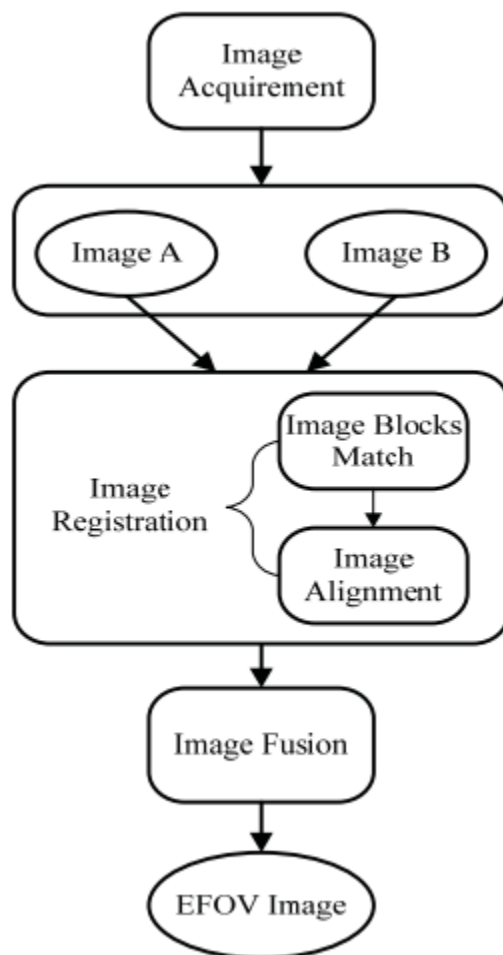
(1) بدست آوردن تصاویر: کسب تصویر مختلف سبب تصاویر ورودی مختلف می شود، و نتیجه متصل کردن تکه ها را تحت تاثیر قرار می دهد. با توجه به پس زمینه کاربردی، ما وسایل خاص تهیه تصویر را انتخاب می کنیم.

2) تطبیق تصاویر: یافتن موقعیت متناظر از قالب ها یا نقاط مورد نظر در تصویری که باید (به عنوان تصویر S اشاره شده اند) از تصویر مرجع (تصویر R) به هم متصل شود.

3) همترازی تصاویر: محاسبه پارامترهای تبدیل هندسی از تصویر S به تصویر R. و سپس متحد نمودن دو مختصات تصویر و تعیین مناطق متداخل با هم برای به دست آوردن تصویر همتراز شده که به عنوان تصویر A نامیده می شود.

4) ترکیب تصاویر: اتخاذ یک استراتژی ترکیب خاصی برای تصویر برای از بین بردن شکاف ها و مناطق ناپیوسته با توجه به این واقعیت که درزهایی در مناطق قطعه قطعه و مات یا اعوجاج در مناطق متداخل وجود دارند.

به طور معمول، مرحله 2 و 3 با هم به عنوان ثبت تصویر انجام می شوند.



شکل 1. نمودار جریان EFOV

3. شرح الگوریتم QWT مبتنی بر EFOV

A. مبانی

برای راحتی بحث بیشتر، ما به طور خلاصه برخی از ایده های اساسی را در مورد قسمت چهارگانه و ساختار QWT بررسی می نماییم.

جبر چهارگانه توسط Hamilton در سال 1843 اختراع شد، که یک تعمیم از جبر پیچیده می باشد.

$$H = \{q = a + bi + cj + dk \mid a, b, c, d \in \mathbb{R}\} \quad (1)$$

که در آن اعداد متعامد موهومی i و j و k قوانین زیر را برآورده می سازند

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1, \quad ij = k, \quad jk = i, \quad ki = j \quad (2)$$

یک ارائه جایگزین برای چهارگانه برابرست با

$$q = |q| e^{i\phi} e^{k\psi} e^{j\theta} \quad (3)$$

که در آن $(\phi, \theta, \psi) \in [-\pi, \pi] \times [-\pi/2, \pi/2] \times [-\pi/4, \pi/4]$. این مورد توسط یک مدول و سه زاویه تعریف می شود که ما فاز می نامیم. فرمول محاسباتی به [9] اشاره می کند.

سیگنال تحلیلی چهار قسمتی، توسط (H_1, H_2) جزئی آن و تبدیل های هیلبرت (H_T) کلی (HT) تعریف می شود.

$$f_A(x, y) = f(x, y) + iH_1(f(x, y)) + jH_2(f(x, y)) + kH_T(f(x, y)) \quad (4)$$

اگر موجک مادر از هم جدا شده باشد،

$$\text{i.e. } \psi(x, y) = \psi_h(x) \psi_h(y) \quad (5)$$

که در آن 2D HT معادل 1D HT در طول سطرها و / یا ستون ها است. با توجه به زوج یک بعدی Hilbert از موجک ها $(\psi_h, \psi_g = H\psi_h)$ و تابع مقیاس بندی $(\phi_h, \phi_g = H\phi_h)$ ، موجک های دوبعدی تحلیلی از نظر ضرب های قابل جدا شدن نوشته می شوند.

$$\psi^D = \psi_h(x)\psi_h(y) + i\psi_g(x)\psi_h(y) + j\psi_h(x)\psi_g(y) + k\psi_g(x)\psi_g(y) \quad (6)$$

$$\psi^V = \phi_h(x)\psi_h(y) + i\phi_g(x)\psi_h(y) + j\phi_h(x)\psi_g(y) + k\phi_g(x)\psi_g(y) \quad (7)$$

$$\psi^H = \psi_h(x)\phi_h(y) + i\psi_g(x)\phi_h(y) + j\psi_h(x)\phi_g(y) + k\psi_g(x)\phi_g(y) \quad (8)$$

$$\phi = \phi_h(x)\phi_h(y) + i\phi_g(x)\phi_h(y) + j\phi_h(x)\phi_g(y) + k\phi_g(x)\phi_g(y) \quad (9)$$

هر زیر گروه از QWT می تواند به عنوان سیگنال تحلیلی مرتبط با بخش باند باریک از تصویر دیده شود. دامنه QWT $|q|$ ، با ویژگی تغییرناپذیری نسبت به جابجایی، نشان دهنده ویژگی ها در هر موقعیت مکانی در هر زیرباند فرکانسی است و سه فاز (ϕ, ψ, θ) ، ساختار آن ویژگی ها را توضیح می دهد. جزئیات بیشتر در مورد پیاده سازی و مراحل موجک چهارگانه به ترتیب در [7] و [9] اشاره شده اند.

B. الگوریتم پیشنهادی

در این بخش، ما الگوریتم پیشنهادی مورد استفاده برای EFOV اولتراسونیک ترسیم شده در در شکل 2 و تفصیل شده در الگوریتم 1 را به شرح زیر توصیف می نمایم.

1 تخمین حرکت مبتنی بر QWT

اول، ما تصویر ثابت و تصویر متحرک را به QWD تبدیل نمودیم. هر ضریب QWT را می توان از نظر فرمول (3) بیان نمود. نوشته ها [8] تایید نموده اند که QWT، قضیه جابجایی را تقریباً حفظ می کند. هنگامی که ما یک تصویر را از $f(x)$ به $f(x-r)$ جابجا می کنیم، QWT سه فاز تحت تغییر زیر قرار می گیرد:

$$(\phi(u), \theta(u), \psi(u)) \rightarrow (\phi(u) - 2\pi u r_1, \theta(u) - 2\pi v r_2, \psi(u)) \quad (10)$$

که در آن u ، یک پارامتر فرکانسی در QWD است و $r = (r_1, r_2)$ نشان دهنده تغییر در سیستم مختصات فضایی افقی / عمودی با (u, v) است که به عنوان فرکانس مرکزی موثر برای ضریب موجک متناظر تعریف می شود. به منظور برآورد جابجایی تصویر، ما ابتدا باید فرکانس مرکزی موثر (u, v) را محاسبه می کنیم و سپس ما می توانیم برآوردی را برای جابجایی تصویر از $(\Delta\phi, \Delta\theta)$ تغییر فاز از طریق (11) به دست آوریم. در مقابل، ما می توانیم تغییر فاز را از طریق یک جابجایی تصویر معین اندازه گیری نماییم. ما جابجایی تصویر را در مقداری معین تنظیم می نماییم، و سپس تغییر فاز $(\Delta\phi, \Delta\theta)$ را اندازه گیری می نماییم، بنابراین ما (u, v) را با استفاده از (12) به دست می آوریم.

$$(r_1, r_2) = \left(\frac{\Delta\phi}{2\pi u}, \frac{\Delta\theta}{2\pi v} \right) \quad (11)$$

$$(u, v) = \left(\frac{\Delta\phi}{2\pi r_1}, \frac{\Delta\theta}{2\pi r_2} \right) \quad (12)$$

2 تبدیل تکراری

هنگامی که ما تغییرات تصویر را برای بلوک ها با اندازه اختصاص داده شده دریافت می نماییم، ما باید همه آنها را برای تشکیل یک طرح برای کل تصویر جمع آوری نماییم، زیرا هدف ما تولید یک تصویر منظره ای به جای قطعات کوچک ناشی از تغییر بلوک ها است.

برای نقاط تنظیم $\{x_i\}$ ، ما مقصد $\{y_i\}$ را از طریق (11) به دست می آوریم، و ما می توانیم بردار حرکت را به طور طبیعی بیابیم. با استفاده از روش در [10]، ما تمام بردارها را برای تشکیل ماتریس تبدیل تکراری جمع آوری می نماییم:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} c \cos(\theta) & -c \sin(\theta) & tx \\ c \sin(\theta) & c \cos(\theta) & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

که در آن c ، θ and (tx, ty) به ترتیب به معنی زوم، چرخش و انتقال است.

3 ترکیب تصویر

نوشته [11]، استفاده بالقوه از QWT را در ترکیب تصویر پیشنهاد نمود. همانطور که در بالا ذکر شد، یک دامنه با سه فاز در ضرایب تجزیه QWT وجود دارد. واضح است که آنها دارای ویژگی های خود هستند. ما راهبردهای اولیه را برای طرح دو تصویر بعد از تبدیل تکراری در اینجا طراحی می نماییم. یک روش ترکیب شاده بر اساس انرژی، در اینجا اتخاذ شده است که ضرایب بزرگتر برای تولید نتیجه ترکیب در سراسر مقیاس های ترجیح داده می شوند به جز اینکه در خشن ترین مقیاس، ضرایب برای دامنه و سه فاز میانگین گیری می شوند.

الگوریتم 1 برآورد حرکت مبتنی بر تصویربرداری EFOV فراصوتی در QWD

- ورودی: تصویر ثابت I_1 ، I_2 تصویر متحرک با سطح مورد نظر تجزیه موجک چهارگانه و طول گام N معین برای محاسبه فرکانس مرکزی.

(1) QWT I_1 و I_2 را برای به دست آوردن بیان چهارگانه در بخش حقیقی و سه بخش موهومی انجام دهید.

(2) چهارگانه را به شکل دامنه-فاز قرار دهید.

(3) جابجایی فاز $(\Delta\phi, \Delta\theta)$ را بین I_1 و N مرحله جابجایی I_1 محاسبه نمایید و فرکانس مرکزی (u_1, v_1) را برآورد

نمایید.

4) جابجایی بلوک تصویر $r = (r_1, r_2)$ را با $(\Delta\phi, \Delta\theta)$ بین I_1 و I_2 برآورد نمایید.

5) تمام جابجایی بلوک ها را جمع آوری نمایید، و یک بردار حرکت کلی را با استفاده از تبدیل تکراری به دست آورید.

6) I_2 را به مختصات I_1 از طریق (13) تصویر نمایید و پیکسل های مربوطه را ترکیب نمایید.

- خروجی: تصویر منظره ای.

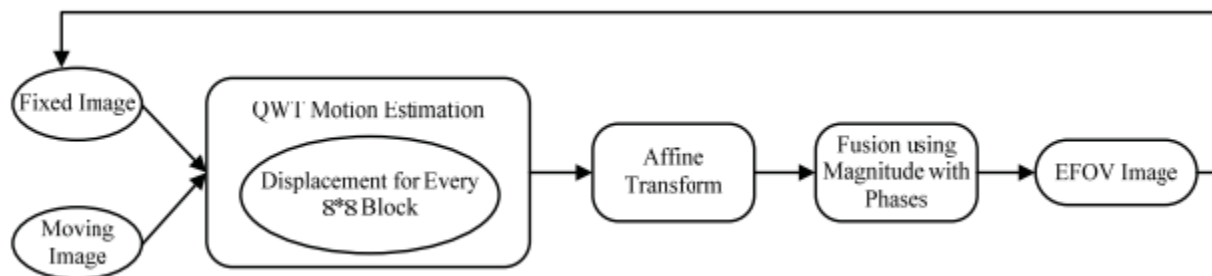
4. نتایج و بحث های تجربی

فرض اساسی برای تکنولوژی فراصوتی EFOV اینست که آزمونگر، پروب را در امتداد سطح شی حرکت می دهد. در همین حال، جهت انتقال تقریباً به موازات صفحه اسکن است. در روند حرکت پروب، سرعت ثابت باقی می ماند تا یک سری از تصاویر با جابجایی های کوچک تضمین شود.

ما آزمایشات را با استفاده از سیستم فراصوتی داپلر رنگی 'A6' SonoScape توسعه یافته توسط آزمایشگاه خود انجام می دهیم. ما یک سری از 259 تصاویر فریم فراصوتی را به دست آوردیم. برای گام 4) در الگوریتم 1، ما می توانیم تخمین حرکت را به صورت فلش قرمز برچسب گذاری شده در شکل 3 به دست آوریم. در نهایت، ما تصویر EFOV را از طریق روش الگوریتم در شکل 4 به دست می آوریم

از نتیجه تخمین حرکت در شکل 3 در می یابیم که بسیاری از جهات جابجایی برآورد شده متناظر با جهت حرکت آزمونگر است در حالی که خطاهای برآورد جزئی برای یک انتقال تقریبی در مربع سفید برچسب گذاری شده ناشی از برآورد فاز QWT وجود دارد و اینکه جهت در مربع سفید مخالف با کل فرآیند انتقال است. در شکل 4، در می یابیم که روند حرکت پروب در امتداد بافت عضله بازو به بهره برداری رسیده است. تصویر منظره ای نشان دهنده زمینه های معقول بافت است که ادراک بصری قابل قبول است، اما در همان زمان ما در می یابیم که درزهای اندکی بین دو فریم متوالی مشخص شده در مربع های سفید وجود دارد. دلایل عمیق و راه حل برای خطاهای برآورد نیاز به بحث

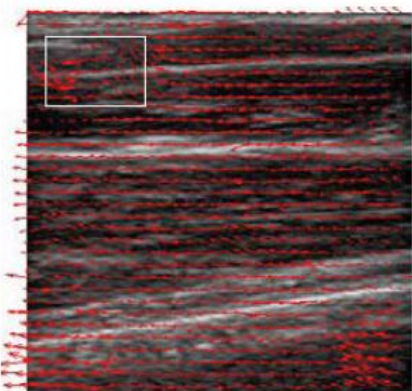
دارند. ما روی روش ترکیب عالی تر مبتنی بر دامنه و فازهای QWT تمرکز خواهیم نمود. علاوه بر این، زمان اجرای برنامه باید در نظر گرفته شود.



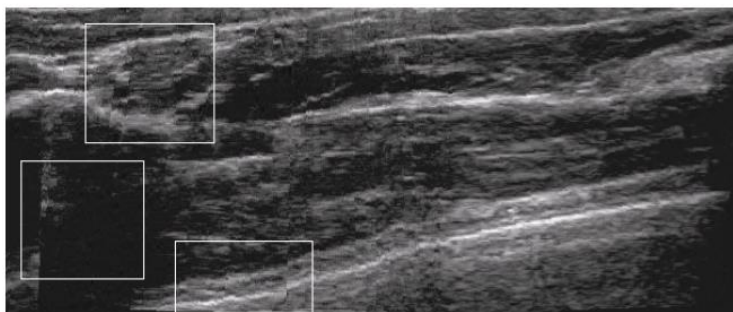
تصویر EFOV ترکیب با استفاده از دامنه با فازها تبدیل تکراری تخمین حرکت QWT جابجایی برای

هر بلوک 8*8 تصویر ثابت تصویر متحرک

شکل. 2. بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی



شکل. 3. نتیجه برآورد حرکت



شکل. 4. نتیجه EFOV فراصوتی مبتنی بر QWT

5. نتیجه گیری ها

در این مقاله، ما یک چارچوب تصویربرداری EFOV فراصوتی را از نقطه نظر جدیدی مبتنی بر تخمین حرکت در پرتوی توسعه به روزسازی QWT معرفی می کنیم. اول، فریم های ویدئویی فراصوتی را به QWD از حوزه فضایی قرار می دهیم. این الگوریتم از دو فاز را در نتیجه QWT برای تصاویر ورودی به منظور برآورد حرکت دنباله تصویر در پرتوی قضیه جابجایی و فاز سوم با دامنه برای ترکیب تصاویر ثبت شده استفاده می نماییم. در نهایت، ادراک بصری باید بهبود یابد.

REFERENCES

- [1] J. Powers, and F. Kremkau, "Medical ultrasound systems", Interface Focus, doi: 10.1098/rsfs.2011.0027, published online, 18 May 2011
- [2] Y. Hara etc., "A new sonographic technique for assessing carotid artery disease: Extended-Field-of-View imaging," Am J Neuroradiol, vol. 20, pp. 267-270, Feb. 1999.
- [3] Weng, L. et al, "US extended-field-of-view imaging technology," Radiology, 203, pp 877-880, 1997.
- [4] C.T. Tan, D.C. Liu, "Image registration based wide-field-of-view method in ultrasound imaging," in 2nd International Bioinformatics and Biomedical Engineering Conf., Shanghai, China, 2008.
- [5] S. H. Z etc., "Rapid image registration for Extended-Field-of-View ultrasound," in 2nd International Bioinformatics and Biomedical Engineering Conf., Chengdu, China, 2010.
- [6] T. Bulow, "Hypercomplex spectral signal representations for the processing and analysis of images," Ph.D. dissertation, Christian Albrechts Univ., Kiel, Germany, 1999.
- [7] W.L. Chan, H. Choi, and R. G. Baraniuk, "Coherent multiscale image processing using dual-tree quaternion wavelets," IEEE Trans. on Image Process., vol. 17, no. 7, pp. 1069-1082, July 2008.
- [8] D. G. Lowe, "Distinctive image features from Scale-Invariant Keypoints," Int. J. of Comput. Vision, vol. 60, no. 2, pp .91-110, 2004
- [9] R. Soulard, P. Carre, "Quaternionic wavelets for image coding," in 18th European Signal Processing Conf., Aalborg: Denmark, 2010.
- [10] S. Umeyama, "Least-squares estimation of transformation parameters between two point patterns," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 13, pp. 376-380, 1991.
- [11] Yi Xu et al., "QWT: retrospective and new applications," in Geometric Algebra Computing, E.B. Corrochano, G. Scheuermann, London: Springer-Verlag, 2010.