

ABSTRACT

Ultrasound is intensively utilized as a screening tool for suspicious objects such as breast lesions and thyroid nodules. Avoiding the subjectivity radiologists and to overcome high variability of ultrasound interpretations among them, technological innovations in computer aided diagnosis or CAD are massively developed. The active contour models are widely applied as a segmentation technique on computer aided diagnosis systems of ultrasound images for their flexibility that other techniques do not have. Ultrasound image segmentation is a challenging task because of its high inhomogeneity due to artifact and speckle disorders. These various complications result in active contour having to deal with several problems such as leaking on weak boundary objects (leakage), stopping in local minimal (LM) areas or being trapped in many erroneous false areas (FA) that have similar intensity levels with targeted objects.

This study aims to develop an autoadaptive hybrid edge and region based active contour called HERBAC as an effective segmentation method on radiological ultrasound images. The term autoadaptive here means that the model is able to work automatically as well as adaptively so that human intervention can be minimized while remaining reliable in adapting to unfavorable conditions in the ultrasound images. HERBAC utilizes a robust binary stopping function (BSF) derived from simplified global region-based CV (Chan-Vese) which is integrated in the GAC (Geodesic Active Contour) model to obtain accurate local segmentation. The model is represented by level set approach which is regularized by morphological Gaussian operation to maintain evolutionary stability and handle inhomogeneity. Automation is carried out in the detection of lesion objects as a determinant of initial contour and BSF formation. Whereas adaptability is achieved through a convergence mechanism for auto switching control and evolution stopping criterion (ESC). By this way, the adjustment of the segmentation stage from global to local as well as the motion of contours in both shrinking and expanding modes can run adaptively. This auto switching and tuning mechanism is also intended to minimize operator dependence. During evolution, the morphological Gaussian-based regularization plays an important role in suppressing artifact and speckle so that leakage, LM and FA can be well prevented. Thus, the segmentation process no longer requires preprocessing steps for more practical CAD procedures.

The proposed HERBAC was tested in segmenting 114 breast and thyroid radiological ultrasound images. As for validation, these images were equipped with manual ground truths outlined by radiologists. The average value of Dice coefficient is applied to measure overlapping and disagreement segmentation region which reaches $92.21 \pm 3.36\%$. Whereas the computation cost of proposed HERBAC is performed through the average value of CPU time and reaches 11.55 ± 5.00 second. In comparison, these achieved scores outperform the previous models i.e. CV, GAC, LBF, LGDF, GACV and LGBF. This comparative performance demonstrates the effectiveness and efficiency of the proposed method as well as its potential for practical implementations in CAD radiological ultrasound systems.

Keywords :Active contour, Radiological, Ultrasound, Segmentation

INTISARI

Ultrasonografi (USG) secara intensif digunakan sebagai alat skrining untuk objek yang mencurigakan seperti lesi payudara dan nodul tiroid. Untuk mencegah subjektivitas dan tingginya variabilitas pada interpretasi USG oleh para radiolog, maka inovasi *Computer Aided Diagnosis* atau CAD dikembangkan secara masif. Model *active contour* atau AC banyak digunakan sebagai teknik segmentasi pada sistem CAD dari citra USG karena fleksibilitasnya yang tidak dimiliki oleh teknik-teknik lainnya. Segmentasi citra USG merupakan pekerjaan yang tidak mudah karena tingginya homogenitas piksel akibat gangguan *artifact* dan *speckle*. Berbagai penyulit ini mengakibatkan AC harus menghadapi sejumlah masalah seperti *leakage* pada objek berbatas tepi yang lemah, evolusi terhenti di area *local minima*, atau terjebak di banyak *false area* yang memiliki tingkat intensitas yang sama dengan objek yang ditargetkan.

Studi ini bertujuan untuk mengembangkan model AC autoadaptif yaitu HERBAC (*hybrid edge and region based active contour*), sebagai metode segmentasi efektif pada citra USG radiologi. Autoadaptif di sini berarti bahwa model mampu bekerja otomatis dan adaptif, sehingga intervensi manusia dapat diminimalkan serta tetap handal dalam beradaptasi terhadap kondisi tak mendukung di citra USG. HERBAC memanfaatkan *robust binary stopping function* (BSF) sebagai turunan simplifikasi dari model *global region-based CV* (Chan-Vese) yang diintegrasikan pada model GAC (*Geodesic Active Contour*) untuk segmentasi lokal yang akurat. Model direpresentasikan melalui pendekatan *level set* yang diregularisasi dengan operasi *morphological Gaussian* sehingga stabilitas evolusi dapat terjaga dan problem *inhomogeneity* tertangani. Otomatisasi diterapkan pada deteksi objek lesi sebagai penentu *initial contour* dan pembentuk BSF. Adapun adaptabilitas diperoleh melalui mekanisme konvergensi sebagai kendali *auto switching* dan *evolution stopping criterion* (ESC). Dengan cara ini, peralihan tahap segmentasi dari global ke lokal serta penetapan mode deformasi kontur *shrinking* ataupun *expanding* dapat berjalan adaptif. Mekanisme *auto switching* dan *tuning* ini juga dimaksudkan untuk meminimalkan ketergantungan operator. Selama evolusi, regularisasi berbasis *morphological Gaussian* ini berperan penting untuk menekan *artifact* dan *speckle* sehingga *leakage*, LM dan FA dapat dicegah dengan baik. Dengan demikian, langkah-langkah *preprocessing* sebagai awalan proses segmentasi tidak lagi diperlukan sehingga prosedur CAD menjadi lebih praktis.

Usulan model HERBAC telah diuji untuk melakukan segmentasi 114 citra USG radiologi payudara dan tiroid. Untuk keperluan validasi, citra USG ini dilengkapi dengan referensi *ground truth* yang dibuat manual oleh para radiolog. Nilai rerata *Dice Coefficient* digunakan untuk mengukur area *overlapping* dan ketidaktepatan wilayah segmentasi dengan hasil skor $92.21 \pm 3.36\%$. Sedangkan waktu komputasi usulan model HERBAC dinyatakan dengan rerata nilai CPU *time* dan mencapai skor 11.55 ± 5.00 detik. Sebagai perbandingan, capaian dua skor ini telah mengungguli model-model AC sebelumnya yaitu CV, GAC, LBF, LGDF, GACV dan LGF. Hasil performa komparatif ini menunjukkan efektivitas dan efisiensi metode yang diusulkan serta potensial untuk dapat diimplementasikan secara praktis pada sistem CAD di pencitraan USG radiologi.

Keywords : *Active contour*, Radiologi, Ultrasonografi, Segmentasi