

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfillment of the requirements for degree of Doctor of Philosophy

**UNSUPERVISED SEGMENTATION OF CORAL REEF IMAGES BY USING  
COLOR AND TEXTURE FEATURES**

**MOHAMMAD SAMEER ALOUN**

**AUGUST 2021**

**Main Supervisor : Professor Ts. Muhammad Suzuri Hitam, Ph.D**

**Co- Supervisor : Ts. Wan Nural Jawahir Hj Wan Yussof, Ph.D  
Professor Zainudin Bachok, Ph.D**

**Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and  
Informatics**

Segmentation of natural scenes is an essential task in image processing. It finds a place in many image applications such as retrieval, indexing, classification, surveillance and content-based image retrieval. However, there is clear lack of image segmentation techniques in the literature studies related to underwater coral reef images segmentation. This thesis presents new methods to automate the segmentation of underwater coral reef images based on image processing techniques with the combination of color-texture features. The unsupervised segmentation of color-texture regions using J-value segmentation (JSEG) algorithm is one of the most popular and robust unsupervised segmentation algorithms. The JSEG algorithm consists of two stages; color quantization and spatial segmentation. However, the major problem of JSEG algorithm is over-segmentation. The unsupervised image segmentation method groups local pixels that are homogeneous in low-level features into non-overlapped larger regions that may potentially correspond to objects or their parts without any training examples. The over-segmentation occurs when many segments map to a single object. This thesis proposed a modified JSEG algorithm to solve the problem of over segmentation when applying it to underwater coral reef images. Three new methods were proposed to tackle this problem. The first proposed method is an Enhanced Color Quantization (ECQ) method by utilizing

*k*-means clustering algorithm. The second proposed method is an Enhanced Region Merge (ERM) method by utilizing mean and covariance as similarity measurements. The third proposed method is the Reduced Over Segmentation (ROS) method that employs Color Coherent Vector (CCV) features with Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM) features as well as Multi Objective Genetic Algorithm (MOGA) to reduce the over segmentation problem. Thus, the main purpose of this thesis is to develop a segmentation algorithm that can be used for underwater image segmentation of coral reef, and to enhance segmentation results. The results of the proposed methods were compared with the ground truth and a few selected popular segmentation algorithms such as original JSEG algorithm, active contours and *k*-means algorithm. The obtained results show that the proposed methods can significantly improve the segmentation of underwater coral reef images. From the experimental results, the enhanced color quantization method (ECQ) achieved results of Probabilistic Rand Index (PRI) equal to 0.66, Global Consistency Error (GCE) equal to 0.18, Variation of Information (VOI) equal to 2.85 and Boundary Displacement Error (BDE) equal to 24.22. The enhanced region merge method (ERM) achieved these results: PRI equal to 0.67, GCE equal to 0.18, VOI equal to 1.95 and BDE equal to 35.42. Reduced over-segmentation method (ROS) achieved these results: PRI equal to 0.66, GCE equal to 0.30, VOI equal to 2.40 and BDE equal to 21.98. To conclude, this thesis has successfully achieved all the stated objectives. The experiments show the effectiveness of the proposed methods and its practicability had been demonstrated by various experiments that were carried out.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia  
Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Doktor

**SEGMENTASI GAMBAR TERUMBU KARANG TANPA PENGAWASAN  
MENGUNAKAN CIRI WARNA DAN TEKSTUR**

**MOHAMMAD SAMEER ALOUN  
OGOS 2021**

**Penyelia Utama : Profesor Ts. Muhammad Suzuri Hitam, Ph.D**

**Penyelia Bersama : Ts. Wan Nural Jawahir Hj Wan Yussof Ph.D  
Profesor Dr. Zainudin Bachok, Ph.D**

**Fakulti :Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan  
Informatik**

Segmentasi pemandangan semula jadi adalah tugas penting dalam pemprosesan imej. Ia mendapat tempat dalam banyak aplikasi pemprosesan imej seperti capaian imej, pengindeksan imej, klasifikasi imej, pengawasan imej dan capaian imej berdasarkan kandungan. Namun, terdapat kelemahan yang jelas dalam teknik segmentasi imej dalam kajian literatur yang berkaitan dengan segmentasi imej terumbu karang bawah laut. Tesis ini mempersembahkan kaedah baru untuk mengotomatisasi segmentasi imej terumbu karang bawah laut berdasarkan teknik pemprosesan imej dengan gabungan ciri tekstur dan warna. Algoritma segmentasi kawasan tekstur warna tanpa pengawasan menggunakan segmentasi nilai-J (JSEG) adalah salah satu algoritma segmentasi tanpa penyelia yang paling popular dan lasak. Walau bagaimanapun, masalah utama algoritma JSEG adalah segmentasi yang berlebihan. Algoritma JSEG terdiri daripada dua fasa; pengkuantuman warna dan segmentasi ruang. Kaedah segmentasi gambar yang tidak diselia mengelompokkan piksel tempatan yang homogen dalam ciri tahap rendah ke kawasan yang lebih besar yang tidak bertindih yang berpotensi sesuai dengan objek atau bahagiannya tanpa contoh latihan. Segmentasi yang berlebihan itu mungkin berlaku pada setiap kali segmen memetakan ke satu objek. Tesis ini mencadangkan algoritma JSEG yang diubahsuai untuk menyelesaikan masalah segmentasi yang berlebihan apabila

mengaplikasikannya pada imej terumbu karang bawah air. Tiga kaedah baru telah dicadangkan untuk mengatasi masalah ini. Kaedah pertama yang dicadangkan ialah Kaedah Pengkuantuman Warna yang Dipertingkatkan (ECQ) dengan menggunakan algoritma kluster  $k$ -means. Kaedah kedua yang dicadangkan adalah Kaedah Cantuman Kawasan (ERM) dengan menggunakan nilai purata dan kovarians sebagai ukuran kesamaan. Kaedah ketiga yang dicadangkan adalah Pengurangan Segmentasi Berlebihan (ROS) menggunakan ciri *Color Coherent Vector* (CCV) dengan ciri Matrik *Co-Occurrence* Tahap Kelabu (GLCM) serta menggunakan Algoritma Genetik Pelbagai Objektif (MOGA) untuk mengurangkan segmentasi kawasan yang berlebihan. Oleh itu, tujuan utama tesis ini adalah untuk mengembangkan algoritma segmentasi yang dapat digunakan untuk segmentasi komponen imej terumbu karang bawah air dan untuk meningkatkan hasil segmentasi imej. Hasil kaedah yang dicadangkan telah dibandingkan dengan kesahihan bumi dan algoritma yang terpilih (algoritma JSEG asal, kontur aktif, dan  $k$ -means). Hasil yang diperoleh menunjukkan kaedah-kaedah yang dicadangkan dapat meningkatkan segmentasi imej terumbu karang bawah laut dengan ketara. Dari hasil eksperimen, Kaedah Pengkuantuman Warna yang Dipertingkatkan mencapai hasil Indeks Kebarangkalian Rawak (PRI) sebanyak 0.66, Ralat Kekonsistenan Global (GCE) sebanyak 0.18, Variasi Maklumat (VOI) sebanyak 2.85 dan Ralat Anjakan Sempadan (BDE) sebanyak 24.22. Kaedah Cantuman Kawasan yang Dipertingkatkan mencapai hasil PRI sebanyak 0.67, GCE sebanyak 0.18, VOI sebanyak 1.95 dan BDE sebanyak 35.42. Kaedah Cantuman Kawasan berjaya mencapai hasil PRI sebanyak 0.66, GCE sebanyak 0.30, VOI sebanyak 2.40 dan BDE sebanyak 21.98. Sebagai kesimpulan, tesis ini telah berjaya mencapai semua objektif yang dinyatakan. Eksperimen menunjukkan keberkesanan kaedah yang dicadangkan dan secara praktiknya telah ditunjukkan melalui pelbagai eksperimen yang dilaksanakan.