

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

DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) IMAGE PROCESSING TECHNIQUES FOR MAPPING CORAL REEF

CHONG WEI SHENG

JUNE 2021

Main Supervisor : Professor Aidy @ Mohamed Shawal M Muslim, Ph.D

Co-Supervisor : Mohammad Shawkat Hossain, Ph.D

School/Institute : Institute of Oceanography and Environment

Coral reefs in Malaysian waters were once abundant, but they are now sparse or disrupted due to natural and anthropogenic threats. Reef scientists and managers need a quick and cost-effective solution for assessing and monitoring coral reef habitat degradation. Previous research has shown that advancement in UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing technology, specifically the usage of multispectral UAV imagery, is known for coral reef mapping. This research aims to enhance coral reef mapping capability in coral-dominated Pulau Bidong by combining multispectral UAV imagery and suitable image processing techniques for heterogeneous coral reef ecosystems (Terengganu, Peninsular Malaysia). The UAV-based coral reef mapping method divided into four significant steps: (1) UAV data acquisition missions; (2) image pre-processing and interpretation using remote sensing techniques; (3) coral reef map production; and (4) map product accuracies assessment and validation. On the other hand, sun glint can severely hinder UAV missions, making it challenging to obtain precise coral reef extent and distribution information from sun glint-affected imagery. This thesis refined and analysed sun glint correction methods on UAV imagery as a technical enhancement for coral reef mapping image processing. This study found that de-glinting glint-affected regions rather than the whole imagery

improved coral reef mapping accuracy instead of a glint-uncorrected image classification technique. Sun glint was also seen as a data gap in this study, and glint correction methods for filling glint-gaps in UAV imagery were evaluated. This research proposed a simple seed pixel region growing technique used in glint detection and mask development. The introduced Theil-Sen regression glint correction (TSGC) for glint correction in UAV imagery produced coral composition maps with thematic information, valuable for sustainable coastal management. As opposed to the glint-uncorrected method, TSGC achieved a 25.6% increase in coral classification accuracy. The image processing methods established will enhance UAV imagery for identifying and monitoring spatiotemporal shifts in coral reefs and related tools for reef management and conservation initiatives.

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

**PEMBANGUNAN KAEDAH PEMROSESAN IMEJ PESAWAT UDARA
TANPA PEMANDU (UAV) UNTUK PEMETAAN TERUMBU KARANG**

CHONG WEI SHENG

JUN 2021

Penyelia : Profesor Aidy @ Mohamed Shawal M Muslim, Ph.D

Penyelia bersama : Mohammad Shawkat Hossain, Ph.D

Pusat Pengajian/Institut : Institut Oseanografi dan Sekitaran

Terumbu karang yang berada di perairan Malaysia meliputi kawasan yang luas dan kini taburannya semakin berkurangan akibat ancaman alam semula jadi dan buatan manusia. Para saintis dan pihak pengurusan terumbu karang memerlukan penyelesaian yang pantas dan menjimatkan untuk menilai dan memantau kemusnahan habitat atau gangguan terhadap terumbu karang. Tinjauan terhadap kajian-kajian lepas menunjukkan kemajuan dalam aplikasi teknologi penderiaan jauh *UAV* (Pesawat Udara tanpa Pemandu), terutamanya menggunakan imej *UAV* pelbagai spektrum juga diketahui untuk pemetaan terumbu karang. Tujuan kajian ini adalah menambahbaik kaedah pemetaan terumbu karang di Pulau Bidong (Terengganu, Semenanjung Malaysia) melalui integrasi imej *UAV* pelbagai spektrum dan kaedah pemrosesan imej yang bersesuaian. Kaedah pemetaan terumbu karang menggunakan imej *UAV* bertumpu kepada empat langkah utama: (1) misi pengumpulan data *UAV*; (2) pra-pemrosesan dan analisis imej menggunakan teknik penderiaan jauh; (3) penghasilan peta terumbu karang; dan (4) penilaian dan pengesahan ketepatan hasil pemetaan terumbu karang. Kajian ini memperinci dan menilai teknik pembetulan silauan matahari terhadap imej *UAV* sebagai penambahbaikan kaedah pemrosesan imej bagi

pemetaan terumbu karang. Hasil kajian menunjukkan nyahsilauan untuk kawasan yang dipengaruhi oleh silau sahaja berbanding keseluruhan imej akan mempertingkatkan kejituan pemetaan terumbu karang jika dibandingkan dengan teknik klasifikasi imej yang tidak dibetulkan. Kajian ini juga menganggap silauan matahari sebagai kelopongan data dan membandingkan kaedah pebetulan silau bagi mengisi kelopongan data dalam imej UAV. Kajian ini mencadangkan *simple seed pixel region growing technique* yang boleh digunakan dalam mengesan silau dan penyekapan kawasan silau. Kajian ini telah memperkenalkan *Theil-Sen regression glint correction (TSGC)* untuk pebetulan silau bagi imej UAV untuk mendapatkan peta terumbu karang yang terperinci, dan berguna untuk pengurusan persisiran pantai yang mapan. *TSGC* mencapai 25.6% ketepatan dalam klasifikasi terumbu karang berbanding dengan tidak menggunakan kaedah pebetulan silau. Kaedah pemprosesan imej yang dihasilkan melalui kajian ini akan menjadi alat yang berguna untuk mengenal pasti dan memantau perubahan terumbu karang serta sumber yang berkaitan bagi program pemeliharaan dan pemuliharaan terumbu karang.