

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science

**EVALUATION OF NEUROEVOLUTIONARY APPROACH FOR  
AUTONOMOUS SURFACE VEHICLE MANEUVERING IN RESTRICTED  
WATERS  
NUR IZZATI BINTI MOHD JALAL  
APRIL 2024**

**Main Supervisor : Associate Professor Dr Ahmad Faisal Mohamad Ayob,  
PhD**

**Co- Supervisor : Dr Nurbakyah Binti Jabar, PhD**

**Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology**

Safety, accuracy, and robustness are crucial attributes of an autonomous surface vehicle (ASV) since it can undertake tasks surpassing human limitations and operate in hazardous aquatic environments. Navigating an ASV in riverine environments presents significant challenges in maintaining maneuverability, as the ASV must operate in shallow waters and at slow speeds while contending with environmental forces such as wind and currents. The objective of this study is to evaluate the effectiveness of neuroevolution methods in autonomously executing course-keeping and course-changing maneuvers for an ASV operating in restricted waters. In constructing the ASV controller, the neuroevolution method is approached instead of other deep learning methods, such as Radial Basis Function Neural Network (RBFNN), due to the technique being prone to getting stuck at local minima, limiting the generalization solution. Furthermore, the ASV operates in an uncertain environment, the strong robustness and adaptability framework is significant to ensure the ASV can perform safely maneuvering. The reinforcement learning (RL) algorithm does not require prior knowledge or data to decide the action, and the technique can perform the decision-making by interacting with the environment to determine the solution. Thus, the method can build a constructive solution to conduct the ASV in challenging water environments. In this thesis, the ASV is trained through RL, employing a neuroevolutionary approach to address the core challenges of RL: temporal credit assignment with sparse rewards, enhancing effective exploration, and selecting hyperparameters for optimal convergence. The assessment of the

neuroevolution method applied to the RL problem has provided safe maneuverability and adaptability to perform navigation tasks without re-training. Therefore, the proposed framework has demonstrated robustness, efficiency, and rapid convergence. In addition, the work has highlighted the proposed algorithm with high parameter numbers enhancing good performance for the assigned tasks. Furthermore, this study has introduced geofencing technology to provide a path trajectory for the ASV to ensure the vehicle reached its end goal effectively. Future research is warranted to discuss the evolution of the number of parameters in the neuroevolutionary topology of the artificial neural network.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana Sains

**PENILAI PENGENDALIAN KENDERAAN PERAIRAN BERAUTONOMI DI  
PERAIRAN YANG SEMPIT DENGAN MENGGUNAKAN KAEDAH  
NEUROEVOLUTION**

**NUR IZZATI BINTI MOHD JALAL**

**APRIL 2024**

**Penyelia Utama : Profesor Madya Dr Ahmad Faisal Mohamad Ayob,  
PhD**

**Penyelia Bersama : Dr Nurbakyah Binti Jabar, PhD**

**Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan**

Keselamatan, ketepatan dan ketahanan adalah ciri-ciri penting untuk sebuah kenderaan perairan yang berautonomi (ASV) kerana ia boleh menjalankan tugas yang melebihi had manusia dan boleh beroperasi dalam persekitaran akuatik yang berbahaya. Kebolehlaksanaan pengemudian merupakan cabaran yang penting bagi ASV di persekitaran sungai kerana ASV beroperasi di kawasan perairan yang rendah dan kelajuan yang lambat dengan dipengaruhi oleh daya persekitaran seperti angin dan arus. Matlamat kajian ini untuk menilai keberkesanan kaedah *neuroevolution* di dalam pengemudian autonomi di laluan yang mempunyai perubahan dan pelbagai bagi ASV yang beroperasi di perairan sempit. Untuk membina pengawal ASV, kaedah *neuroevolution* telah digunakan, dan bukan kaedah pembelajaran mendalam yang lain seperti *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN) kerana teknik tersebut membolehkan penyelesaian tugas terperangkap di minima tempatan dan menghadkan generalisasi. Tambahan lagi, ASV beroperasi di persekitaran yang tidak menentu, di mana rangka kerja yang teguh dan kebolehsuaian yang kukuh adalah penting untuk memastikan ASV boleh mengemudi dengan selamat. Algoritma pembelajaran pengukuhan (RL) tidak memerlukan pengetahuan atau data terdahulu dalam memutuskan tindakan, dan teknik ini membenarkan pembuatan keputusan berdasarkan interaksi dengan persekitaran. Oleh itu, kaedah ini boleh menghasilkan penyelesaian

yang membina di dalam pengendalian ASV di persekitaran air yang mencabar. Dalam tesis ini, ASV dilatih melalui RL, dan kaedah *neuroevolutionary* digunakan untuk menangani teras cabaran yang dihadapi RL: peruntukan kredit masa dengan ganjaran yang jarang, meningkatkan keberkesanan penyelidikan, dan pemilihan hiperparamater untuk konvergensi yang optimum. Penilaian kaedah *neuroevolutionary* yang digunakan untuk masalah RL telah menyediakan kebolehgerakan yang selamat dan penyesuaian untuk melaksanakan tugas navigasi tanpa latihan semula. Oleh itu, rangka kerja yang dicadangkan telah menunjukkan keteguhan, kecekapan dan penumpuan yang cepat. Di samping itu, kerja ini telah menyerlahkan algoritma yang dicadangkan dengan nombor parameter yang tinggi meningkatkan prestasi tugas yang diberikan dengan baik. Tambahan lagi, kajian ini telah memperkenalkan teknologi geobatas untuk menyediakan laluan trajektori untuk ASV bagi memastikan kenderaan sampai di destinasi akhir dengan berkesan. Penyelidikan pada masa hadapan disarankan untuk membincangkan evolusi untuk bilangan parameter dalam membina rangkaian saraf buatan *neuroevolutionary* pada penyelidikan akan datang.