

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

**ENHANCED SELF-ADAPTIVE PINN USING HYBRID
GA-L-BFGS OPTIMIZER FOR SOLVING
PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION**

DANANG ADI PRATAMA

2022

Main Supervisor : Maharani Abu Bakar, Ph.D

Co-Supervisor : Nur Bainsi binti Ismail, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

Various numerical solvers for solving PDEs have been studied continuously to perform the better solutions, however, the issue is not fully addressed. The recent technology based on artificial neural networks (ANNs) has been developed to solve the PDE problems. Particularly, this study discusses a high intelligent technique, called the physics-informed neural networks (PINN), which combined with some optimizers. PINN considers the physical laws of PDEs to regularize the terms of respectively PDE itself, initial, and boundary equations, such that the neural networks performances can be optimized. Due to its limitation which suffers from the accuracy and stability, however, several variants of PINN have been proposed adaptively. A popular adaptive PINN, called self-adaptive PINN, uses the trainable weights in the loss function of the PDE solutions, so that when the corresponding loss is large, the weight loss will change itself to be optimized. This leads to a problem of minimizing the loss function and optimizing the weight at the same time. Thus, we propose the hybrid self-adaptive PINN with the genetics algorithm (GA) and L-BFGS. GA initiates the population of ANN trainable parameters to optimize the training process with a smaller number of iterations, L-BFGS is then needed to find the best solution accurately and faster. This hybrid self-adaptive PINN-GA-L-BFGS improved the existing self-adaptive with Adam optimizer for training ANN which often gets trap in the local minimum as well as needs a large number of iterations for the training process. To test our proposed method, we solved various types of the second order PDEs such as elliptic, parabolic,

and hyperbolic. The numerical results showed that the hybrid self-Adaptive PINN-GA-LBFGS performed accurately than the existing methods.

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

**PENYESUAIAN KENDIRI “PINN” DIPERTINGKATKAN
MENGUNAKAN PENGOPTIMUM “GA-L-BFGS”
HIBRID DALAM MENYELESAIKAN
MASALAH PERSAMAAN
PEMBEZAAN SEPARA
DANANG ADI PRATAMA**

2022

Penyelia Utama : Maharani Abu Bakar, Ph.D

Penyelia Bersama : Nur Baini binti Ismail, Ph.D

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

Pelbagai penyelesaian persamaan pembezaan separa (PPS) secara berangka telah dikaji, namun, isu itu belum dapat ditangani dengan baik. Teknologi terkini berasaskan jaringan saraf bantuan (ANN) telah dibangunkan untuk menyelesaikan masalah PPS. Secara khusus, kajian ini membincangkan teknik kecerdasan lanjutan, yang dipanggil “physics-informed neural network” (PINN), yang digabungkan dengan beberapa pengoptimum. PINN mempertimbangkan hukum fizik PPS untuk menyelaraskan syarat awal PPS seperti syarat awal dan syarat sempadan, supaya prestasi rangkaian saraf boleh dioptimumkan. Disebabkan PINN mempunyai kekangan dari segi ketepatan dan kestabilan, maka beberapa varian PINN secara penyesuaian telah dicadangkan. Varian PINN yang popular, dipanggil penyesuaian sendiri PINN, menggunakan pemberat yang dilatih dalam fungsi kehilangan semasa menyelesaikan PPS, supaya apabila kehilangan tersebut adalah besar, pemberat kehilangan akan berubah dengan sendirinya secara optimum. Ini menyumbang kepada masalah meminimumkan fungsi kehilangan dan mengoptimumkan pemberat dalam masa yang sama. Oleh itu, kami mencadangkan penyesuaian sendiri PINN secara hibrid dengan algoritma genetik (GA) dan L-BFGS. GA memulakan populasi ANN dengan melatih parameter untuk mengoptimumkan proses latihan dengan bilangan lelaran yang kecil. Kemudian L-BFGS diperlukan untuk mencari penyelesaian terbaik dengan tepat dan lebih pantas. Penyesuaian sendiri PINN-GA-L-BFGS secara hibrid ini ditambah baik

daripada penyesuaian sendiri sedia ada menggunakan pengoptimum Adam untuk melatih ANN yang selalu terkena perangkap dalam minimum setempat dan memerlukan lelaran yang besar dalam proses latihan. Untuk menguji kaedah yang dicadangkan ini, kami menyelesaikan tiga jenis PPS peringkat kedua iaitu eliptik, parabolik dan hiperbolik. Keputusan berangka menunjukkan penyesuaian sendiri PINN-GA-LBFGS secara hibrid ini mempunyai prestasi yang lebih tepat berbanding kaedah sedia ada.