

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

A NEW HYBRID METHOD OF INTUITIONISTIC FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR IMPROVING THE PERFORMANCE OF TIME SERIES FORECASTING MODEL

HERRINI BINTI MOHD PAUZI

2022

Main Supervisor : Professor Mohd Lazim bin Abdullah, Ph.D

Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and Informatics

This thesis presents a thorough study of improving an intuitionistic fuzzy inference system (IFIS) which is a pertinent tool in modelling uncertainty and non-linear cases. The IFIS owns its' edges over conventional fuzzy inference system by employing the definition of membership function, non-membership function and hesitation degree. Though these features elevate the ability of an IFIS, yet there are rooms for improvements to capture the arisen complexity and uncertainty in many real-life problems. Thus, the first objective is to establish a comprehensive hybrid model of IFIS-based forecasting model. It would be comprehended by implementing a pre-processing method upon experimental data for the forecasting. Then, the development of an improved particle swarm optimization-gravitational search algorithm is proposed to ensure parameters will be finely tuned. The latter attempt is to assess the weight of the experimental variables that are supposed to influence the output computation in the enhanced IFIS system. Then, the second objective is to assess the proposed model. The proposed model is applied against the Mackey Glass equation. The result from this step, would justify the ability for further validation by forecasting the concentration of PM10 and its the meteorological factors in two different areas in Malaysia. The third objective is the evaluation of the performance by the proposed model. The evaluation is measured by two comparison studies. First, is the intra-model comparison; a comparison in between the IFIS variants itself. Then, the inter-model comparison; a comparison in between other benchmark state-of-the-art forecasting model. Both of the comparison studies employed three statistical measurements to quantify the errors

exhibited in each model. Afterwards, sensitivity analysis is performed by quantifying correlation coefficient and standardized regression coefficient. The first coefficient is to evaluate the effectiveness of each implementation methods onto the IFIS. Meanwhile, the latter is to investigate the influence of each meteorological factors which have been employed during the experiment. Overall, findings of the study show that the proposed IFIS-based forecasting model outperforms other comparison models. This demonstrates the ability of the proposed model to be applied to other forecasting areas with similar uncertainty and hesitancy issues.

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

**KAEDAH HIBRID SISTEM INFERENS INTUISINISTIK
KABUR YANG BARU UNTUK MENAMBAHBAIK
PRESTASI MODEL RAMALAN SIRI MASA**

HERRINI BINTI MOHD PAUZI

2022

Penyelia Utama : Profesor Mohd Lazim bin Abdullah, Ph.D

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

Tesis ini menghasillkan sebuah kajian yang teliti untuk menambahbaik sebuah sistem inferens intuisinistik kabur (*IFIS*) yang menjadi alat pemodelan yang sesuai untuk kes dengan ketidakpastian dan tidak linear. Model *IFIS* mempunyai kelebihan yang tersendiri berbanding model kabur konvensional memandangkan model ini didefinisikan melalui fungsi ahli, fungsi bukan ahli and juga fungsi ragu-ragu. Walaupun fungsi-fungsi tersebut memberi kelebihan terhadap model *IFIS*, namun begitu masih terdapat jurang yang perlu ditambahbaik selari dengan peningkatan ketidakpastian di dalam realiti kehidupan. Oleh itu, tesis ini bermula dengan objektif pertama yang melaksanakan kaedah pra-proses data eksperimen untuk model *IFIS*. Kemudian, pengenalan kepada penambahbaikan algoritma pengoptimuman kerumunan zarah-pencarian graviti (PSOGSA) supaya parameter dapat ditentukan secara optimum. Langkah seterusnya adalah penentuan pemberat terhadap pembolehubah-pembolehubah yang terlibat dalam kajian kes. Objektif kedua pula adalah untuk menilai keupayaan model yang dicadangkan dengan menggunakan simulasi data siri-masa yang dihasilkan melalui persamaan “*Mackey-Glass*”. Kemudian, hasil daripada penilaian ini akan menentukan keupayaannya untuk meramal data sebenar dimana, tesis ini akan meramal kepekatan PM10 dan faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhinya. Data di ambil daripada dua kawasan yang berbeza di Malaysia. Hasilnya, langkah-langkah yang dicadangkan ini berjaya menghasilkan variasi model yang baru yang lebih baik berbanding model asal. Objektif ketiga tesis ini adalah penilaian prestasi model yang dibina dilakukan melalui

dua kajian perbandingan. Pertama adalah perbandingan intra-model; melibatkan variasi-variasi daripada model asal iaitu *IFIS*. Kemudian, perbandingan antara model yang melibatkan perbandingan model-model ramalan penanda aras yang lain. Kedua-dua perbandingan ini menggunakan tiga ukuran statistik untuk menilai ralat daripada setiap model. Selepas itu, analisis sensitiviti dibuat dengan menilai pekali korelasi dan pekali regresi terpiawai. Pekali korelasi menentukan keberkesanan untuk setiap langkah yang dilaksanakan. Manakala pekali regresi terpiawai menentukan faktor-faktor yang lebih mempengaruhi ramalan kepekatan PM10. Keseluruhannya, dapatan kajian menunjukkan bahawa model ramalan berasaskan *IFIS* yang telah dicadangkan mengatasi keupayaan model-model perbandingan yang lain. Ini menunjukkan model tersebut mempunyai keupayaan untuk diaplikasikan terhadap bidang ramalan lain yang mempunyai masalah ketidakpastian dan ragu-ragu serupa seperti di dalam kajian ini.