

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

**DEVELOPMENT OF TIME-WEIGHTED CONTROL CHARTS BASED ON
INTERVAL TYPE-2 FUZZY SETS**

NUR HIDAYAH MOHD RAZALI

SEPTEMBER 2023

Main Supervisor : Associate Professor Ahmad Termimi Ab Ghani, Ph.D

Co-Supervisor : Professor Mohd Lazim Abdullah, Ph.D

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

Control charts are a powerful tool used to monitor variability in manufacturing data processes. However, a conventional control chart is relatively insensitive toward vague and imprecise data. Process analysis cannot be applied to abnormal processes involving binary classification or the subjective characteristics of fuzzy variables. Past literature has indicated that fuzzy control charts are able to evaluate processes with fuzzy, linguistic, and uncertain data. Nevertheless, much of the data used in our daily life cannot be expressed by type-1 fuzzy (T1F) numbers due to the complexity and uncertainty of their information. It is suggested that interval type-2 fuzzy (IT2F) charts are more capable of detecting process shifts and are, therefore, better able to help managers establish a predictable and consistent level of quality in their products. Time-weighted control charts have attracted the attention of many researchers and quality assurance personnel, since they are able to analyse small shifts in incomplete data. Past conventional control charts were significantly insensitive toward small shifts in process analysis. In order to respond to this problem, this study intends to develop IT2F time-weighted control charts, which comprise the cumulative sum (CUSUM), exponentially weighted moving average (EWMA) and moving average (MA) charts. All these charts are characterised by IT2F numbers, where memberships are given in intervals. At the end of this study, the average run lengths (*ARLs*) of the charts are calculated to evaluate the performances of the proposed work. Twenty samples of fertilisers had been applied to the proposed methods and the results indicate that the IT2F charts had lower *ARLs* than the conventional and T1F charts. The time-weighted

control charts based on IT2F found the highest number of samples that were ‘out of control’, showing that the performance of control charts is precise and made more significant towards the variations in fertiliser production data when IT2F set theory is implemented.

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

**PEMBANGUNAN CARTA KAWALAN WAJARAN MASA BERDASARKAN
SET KABUR JENIS SELANG-2**

NUR HIDAYAH MOHD RAZALI

SEPTEMBER 2023

Penyelia Utama : Profesor Madya Ahmad Termimi Ab Ghani, Ph.D

Penyelia Bersama : Profesor Mohd Lazim Abdullah, Ph.D

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

Carta kawalan ialah alat berkuasa yang digunakan untuk memantau kebolehubahan dalam proses pembuatan data. Walau bagaimanapun, carta kawalan konvensional tidak dapat menganalisa data yang tidak jelas dan tidak tepat. Analisis proses tidak boleh digunakan pada proses abnormal yang melibatkan pengelasan binari atau pembolehubah kabur yang subjektif. Literatur terdahulu menunjukkan bahawa carta kawalan kabur dapat digunakan untuk menganalisa proses jenis data yang kabur, linguistik dan tidak jelas. Namun begitu, kebanyakan data yang digunakan dalam kehidupan harian kita tidak dapat dinyatakan dengan nombor kabur jenis-1 (T1F) disebabkan oleh ketidakpastian dalam maklumat. Carta kabur jenis-2 selang masa (IT2F) lebih berkebolehan untuk mengesan maksud peralihan proses dan seterusnya, ia akan membantu pengurus untuk menganalisa tahap kualiti produk syarikat. Setakat ini, carta kawalan berwajaran masa telah menarik perhatian ramai penyelidik dan kakitangan jaminan kualiti pada masa kini kerana ia membantu dalam menganalisis peralihan kecil data yang tidak jelas. Ini disebabkan oleh carta kawalan konvensional sebelum ini secara ketara tidak sensitif kepada peralihan kecil dalam analisis proses. Bagi menyelesaikan masalah ini, kajian ini ingin menganalisa carta kawalan berwajaran masa IT2F yang terdiri daripada carta Jumlah Kumulatif (CUSUM), carta Purata Bergerak Terwajar Eksponen (EWMA) dan carta Purata Bergerak (MA). Semua carta ini bercirikan nombor IT2F yang mana keahlian dihasilkan dalam bentuk selang waktu. Di akhir kajian ini, Tabung Panjang Larian (ARL) juga telah digunakan

untuk mengkaji kaedah yang dicadangkan. Dua puluh sampel baja telah digunakan dan diaplikasikan kepada kaedah yang dicadangkan dan keputusan kajian menunjukkan bahawa carta IT2F mempunyai *ARL* yang lebih rendah berbanding carta konvensional dan carta T1F. Malah, carta kawalan berwajaran masa IT2F juga menunjukkan kadar bilangan sampel rosak yang paling tinggi dan hal ini jelas membuktikan bahawa prestasi carta kawalan adalah lebih jitu dan signifikan untuk memantau pengeluaran baja apabila teori set IT2F dilaksanakan.