

นักสตัล สิงหาคม : การออกแบบการทดลองเพื่อทำนายค่าความแข็งแรงของจีโอโพลิเมอร์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง (EXPERIMENTAL DESIGN FOR PREDICTING THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER MATERIAL USING MACHINE LEARNING)  
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เอ่งฉ้วน, 198 หน้า.

คำสำคัญ : การออกแบบการทดลอง การทำนาย จีโอโพลิเมอร์

การพัฒนาแบบจำลองการทำนายที่มีความทนทานสำหรับจีโอโพลิเมอร์คอมโพสิต มีความท้าทายหลายประการ อันเนื่องมาจากความซับซ้อนของพฤติกรรมวัสดุและความแปรผันโดยธรรมชาติของข้อมูลการทดลอง งานวิจัยนี้ได้เพิ่มการทำนาย Bagging โดยการผสมเข้ากับวิธีการออกแบบการทดลองขั้นสูงได้แก่ การออกแบบทากูจิ (Taguchi), การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) และวิธีการผสมใหม่ระหว่างทากูจิกับ ส่วนประสมกลาง (Hybrid Taguchi-CCD: HTC) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์คอมโพสิตที่ใช้ดินขาวเผา การออกแบบที่มีโครงสร้างเหล่านี้ช่วยจัดการฟังก์ชันการสูญเสียตัวอย่างแบบ  $3 \times 3$  ที่ไม่มีหลักเกณฑ์และทำให้มั่นใจได้ว่าการครอบคลุมพื้นที่การทดลองอย่างสม่ำเสมอ โดยการฝึกโมเดลแบบ Ensemble กับชุดข้อมูลที่มีการกระจายตัวที่ดีนี้ ความแม่นยำในการทำนายจึงได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ การใช้จุดทดลองที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแทนการสุ่ม ทำให้ครอบคลุมข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น จากการประเมินเปรียบเทียบโดยใช้วิธีการ Bagging, Gradient Boosting และ Random Forest พบว่า การออกแบบ HTC ร่วมกับ Bagging ให้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ต่ำที่สุด และค่าความสัมพันธ์เชิงกำหนด ( $R^2$ ) สูงที่สุด โดยโมเดลให้ค่า RMSE เท่ากับ 3.01, 3.47 และ 3.06 และค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.91, 0.88 และ 0.91 สำหรับวิธี Taguchi, CCD และ HTC ตามลำดับในชุดข้อมูลทดสอบ แบบจำลอง Bagging ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ ได้รับการฝึกด้วยชุดข้อมูลย่อยที่มีโครงสร้างตามการออกแบบ HTC และบรรลุความแม่นยำสูงสุดในการทำนาย โดยได้ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการทำนายที่สูงขึ้น ค่าความคลาดเคลื่อนที่ลดลง และความสามารถในการประยุกต์ใช้ทั่วไปที่แข็งแรงของวิธีที่นำเสนอ การผสมผสานการออกแบบการทดลองที่มีโครงสร้างเข้ากับ Bagging ซึ่งถือเป็นแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองคุณสมบัติของวัสดุในระบบที่ซับซ้อน

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต  
ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา ..... 25.3.  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ✓

NAPASSADOL SINGHATA : EXPERIMENTAL DESIGN FOR PREDICTING THE COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER MATERIAL USING MACHINE LEARNING. THESIS ADVISOR: PRASERT AENGCHUAN, Ph.D. 198 PP.

Keywords: Design of Experiment, Prediction, Geopolymer

Developing robust predictive models for geopolymer paste presents several challenges, primarily due to the complexity of material behaviors and the inherent variability of experimental data. This study enhances the robustness of bagging by integrating it with advanced design of experiments (DOE) methodologies, including Taguchi, Central Composite Design (CCD), and a novel hybrid Taguchi-CCD (HTC) approach, to model the compressive strength of metakaolin-based geopolymer paste. These structured designs eliminate the reliance on arbitrary 3x3 sampling and ensure even coverage of experimental space. By training ensemble models on these well-distributed data subsets, prediction accuracy is significantly improved. Well-distributed experimental points replace random sampling, thereby enhancing data coverage and reducing the risk of overfitting. Comparative evaluations using Bagging Regression, Gradient Boosting, and Random Forest algorithms demonstrate that the HTC design, in combination with bagging, achieves the lowest Root Mean Square Error (RMSE) and the highest coefficient of determination ( $R^2$ ). Specifically, the model yielded RMSE values of 3.01, 3.47, and 3.06, and corresponding  $R^2$  values of 0.91, 0.88, and 0.91 for the Taguchi, CCD, and HTC approaches, respectively, on the test dataset. The newly developed bagging model was trained on structured subsets generated via the HTC design. It achieved the highest prediction accuracy among all tested configurations, with an  $R^2$  value of 0.93. The integration of structured experimental designs with bagging confirms its effectiveness for scalable predictions, offering a promising approach for the modeling of material properties in complex systems.

School of Manufacturing Engineering  
Academic Year 2025

Student's Signature .....  
Advisor's Signature .....