บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ

จากการทดสอบโมเดลพบว่าข้อมูล A, B, C และ D ที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ดังสมการ (4.1) งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเท่ากับ 4 ชุดข้อมูล (A, B, C และ D) ซึ่งเป็นข้อมูลชุด A, B และ C มีค่า RMSE = 0.00 เท่ากัน แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมในลักษณะที่คล้ายๆ กัน ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการฝึกสอนให้เรียนรู้ แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ (ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ / ข้อมูลจริง) เทียบกับการประเมินโดยระบบ ANFIS และค่าความถูกต้องแม่นยำ ดังรูปที่ 30.31 โดยใช้สมการ (4.3) ในการตรวจสอบความแม่นยำ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.999 แสดงว่าข้อมูลชุด B และ C เป็นชุดที่มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล A และ D ดังสมการต่อไปนี้

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} (o_i - t_i)^2}}{N} \qquad (4.1)$$

$$APE = \left| \frac{o_i - t_i}{o_i} \right| * 100 \qquad (4.2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (o_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (o_i - \bar{o}_i)^2} \qquad (4.3)$$

ขั้นตอนต่างๆ ข้างต้น เป็นการพัฒนาโมเดลการประเมินกำลังของคอนกรีตงานถนนในระหว่างการก่อสร้าง (ANFIS) ที่เป็นโมเดลที่ดีที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้ในการทำนายกำลังของคอนกรีตงาน

ถนนในระหว่างการก่อสร้างของปัจจัย “ระยะทางในการเท” คอนกรีตเท่านั้น สำหรับปัจจัยที่ทำให้กำลังของคอนกรีตงานถนนในระหว่างการก่อสร้างลดลงอื่นๆ ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันกับปัจจัยนี้

ผู้วิจัยได้เติมปัจจัย “สภาพอากาศขณะเทคอนกรีต” สำหรับการทดสอบโมเดลพบว่าข้อมูล E, F, G และ H ที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ดังสมการ (4.1) งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเท่ากับ 4 ชุดข้อมูล (E, F, G และ H) ซึ่งเป็นข้อมูลชุด E และ F มีค่า RMSE = 0.00 เท่ากัน แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมในลักษณะที่คล้ายๆ กัน ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการฝึกสอนให้เรียนรู้ แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ (ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ / ข้อมูลจริง) เทียบกับการประเมินโดยระบบ ANFIS และค่าความถูกต้องแม่นยำ ดังรูปที่ 30.31 โดยใช้สมการ (4.3) ในการตรวจสอบความแม่นยำ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.998 แสดงว่าข้อมูลชุด E และ F เป็นชุดที่มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล G และ H

ผู้วิจัยได้เติมปัจจัย “วิธีการบ่มคอนกรีต” สำหรับการทดสอบทดสอบโมเดลพบว่าข้อมูล I, J, K, L และ M ที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ดังสมการ (4.1) งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเท่ากับ 5 ชุดข้อมูล (I, J, K, L และ M) ซึ่งเป็นข้อมูลชุด J มีค่า RMSE = 0.00 เท่ากัน แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการฝึกสอนให้เรียนรู้ แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ (ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ / ข้อมูลจริง) เทียบกับการประเมินโดยระบบ ANFIS และค่าความถูกต้องแม่นยำ ดังรูปที่ 30.31 โดยใช้สมการ (4.3) ในการตรวจสอบความแม่นยำ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.772 แสดงว่าข้อมูลชุด J เป็นชุดที่มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล I, K, L และ M

ผู้วิจัยได้เติมปัจจัย “ระดับการควบคุมงาน” สำหรับการทดสอบทดสอบโมเดลพบว่าข้อมูล N, P, Q, R และ S ที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data)

เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ดังสมการ (4.1) งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเท่ากับ 5 ชุดข้อมูล (N, P, Q, R และ S) ซึ่งเป็นข้อมูลชุด N มีค่า RMSE = 0.00 เท่ากัน แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการฝึกสอนให้เรียนรู้ แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ (ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ / ข้อมูลจริง) เทียบกับการประเมินโดยระบบ ANFIS และค่าความถูกต้องแม่นยำ ดังรูปที่ 30.31 โดยใช้สมการ (4.3) ในการตรวจสอบความแม่นยำ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.773 แสดงว่าข้อมูลชุด N เป็นชุดที่มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล P, Q, R และ S

ผู้วิจัยได้เติมปัจจัย “การทดสอบ” สำหรับการทดสอบทดสอบโมเดลพบว่าข้อมูล T, U, V และ W ที่ใช้ในการทดสอบโมเดลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่นั้น พิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุดเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสม สำหรับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาโมเดล แต่จะเป็นข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ดังสมการ (4.1) งานวิจัยนี้จัดให้มีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเท่ากับ 4 ชุดข้อมูล (T, U, V และ W) ซึ่งเป็นข้อมูลชุด V มีค่า RMSE = 1.00 เท่ากัน แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการฝึกสอนให้เรียนรู้ แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ (ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ / ข้อมูลจริง) เทียบกับการประเมินโดยระบบ ANFIS และค่าความถูกต้องแม่นยำ ดังรูปที่ 30.31 โดยใช้สมการ (4.3) ในการตรวจสอบความแม่นยำ ซึ่งมีค่า R^2 = 0.994 แสดงว่าข้อมูลชุด V เป็นชุดที่มีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับชุดข้อมูล T, U และ W

4.2 วิเคราะห์แบบจำลองกับสถานการณ์จริง

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างฯ ของกรมทางหลวงชนบท เมื่อปี พ.ศ. 2555 – พ.ศ. 2556 หากในปีงบประมาณปีต่อไป ทั้งนี้ หากกรมทางหลวงชนบทมีโครงการก่อสร้างฯ ที่มีลักษณะคล้ายกับโครงการฯ ที่ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลมาศึกษานี้ ผู้ควบคุมงานสามารถนำวิธีการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตระหว่างการก่อสร้างโดยระบบ ANFIS ไปประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้างได้ ทั้งนี้ เพื่อสะดวกรวดเร็วและสามารถประเมินกำลังอัดคอนกรีตผู้วิจัยได้จัดทำแบบฟอร์มตัวอย่าง (ภาคผนวก ค) เพื่อนำไปทดสองใช้และประเมินกำลังอัดของโครงการก่อสร้างถนนสายเวียงป่าเป้า โดยใช้จดบันทึกรายงานคู่กับแบบฟอร์มรายงานการเทคอนกรีตของเดิมที่ทางหน่วยงานมีใช้อยู่ การประเมินกำลังอัดของคอนกรีตผิว

จราจร กม.ที่ 1+000-1+150 ปัจจัยระยะทางในการเทคอนกรีต ไม่ดี (3) สภาพอากาศขณะเทคอนกรีต ปานกลาง (2) วิธีการบ่มคอนกรีต ปานกลาง (2) วิธีการบ่มคอนกรีต ปานกลาง (2) ระดับการควบคุมงาน ปานกลาง (2) ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จาก ANFIS เท่ากับ 365 ksc. ทั้งนี้ได้ทำการทดลองการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตผิวจราจร กม.ที่ 1+150-1+500 ระยะทางในการเทคอนกรีต ไม่ดี (3) สภาพอากาศขณะเทคอนกรีต ไม่ดี (3) วิธีการบ่มคอนกรีต ไม่ดี (3) วิธีการบ่มคอนกรีต ไม่ดี (3) ระดับการควบคุมงาน ไม่ดี (3) ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จาก ANFIS เท่ากับ 320 ksc. และทำการทดลองการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตผิวจราจร กม.ที่ 1+500-1+575 ระยะทางในการเทคอนกรีต ดี (1) สภาพอากาศขณะเทคอนกรีต ดี (1) วิธีการบ่มคอนกรีต ดี (1) วิธีการบ่มคอนกรีต ดี (1) ระดับการควบคุมงาน ดี (1) ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จาก ANFIS เท่ากับ 380 ksc.

4.3 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลพบว่าค่าความคลาดเคลื่อน จาก กม.ที่ 1+150-1+500 เนื่องจากที่ได้ประเมินแล้วกำลังอัดของคอนกรีตต่ำกว่าการประเมินจาก ANFIS ทั้งนี้ผู้ประเมินและผู้ควบคุมได้พิจารณาหาแนวทางแก้ไขไว้ดังนี้ 1 ปรับลดระยะทางในการเทคอนกรีตให้สั้นลง 2 เพิ่มเติมผ้าใบคลุม (กรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต) 3 เพิ่มจำนวนกระสอบสำหรับบ่มคอนกรีต และ 4 เพิ่มจำนวนคนงานและจัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์สำรองไว้ ทั้งนี้ การประเมินด้วย ANFIS มีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มข้อมูลทั้งหมด งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินทั้งหมดได้เก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างฯ โครงการเดียวเท่านั้น ทำให้ความผิดพลาดของข้อมูลค่อนข้างสูง