**สารบัญ**

**หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

**บทที่ 1 บทนำ**  **1**

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตและข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 2

1.3.1 การรวบรวมข้อมูล 2

1.3.2 การประเมินประสิทธิภาพ 3

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 4

1.4.1 เทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้ 4

1.4.2 เครื่องมือวิจัย 4

1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 4

1.4.4 วิธีการดำเนินงาน 4

1.4.5 แผนการดำเนินงาน 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

**บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6**

2.1 ภาษามือ (Sign Language) 7

2.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) 7

2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) 9

2.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ (Recurrent Neural Networks: RNN) 11

**สารบัญ (ต่อ)**

**หน้า**

2.5 หน่วยความจำระยะสั้นยาว (Long Short-Term Memory: LSTM) 12

2.6 หน่วยเกทแบบวนกลับ (Gated Recurrent Unit) 16

2.7 หน่วยความจำระยะสั้นยาวแบบสองทิศทาง (Bidirectional Long Short-Term Memory: BiLSTM) 18

2.8 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ 19

2.8.1 TensorFlow 19

2.8.2 OpenCV 20

2.8.3 MediaPipe 21

2.8.4 Keras 22

2.8.5 ภาษา Python 23

2.8.6 โปรแกรม Anaconda 24

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

**บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 27**

3.1 การเตรียมข้อมูล 28

3.1.1 การรวบรวมข้อมูล 28

3.1.2 การแปลงข้อมูล 29

3.1.3 การแบ่งข้อมูล 31

3.2 การฝึกฝนโมเดล 32

3.3 การวัดประสิทธิภาพโมเดล 32

3.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล 32

3.5 การทดสอบโมเดล 33

**สารบัญ (ต่อ)**

**หน้า**

**บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 34**

4.1 ผลการเตรียมข้อมูล 35

4.1.1 การหาข้อมูลภาษามือไทย 35

4.1.2 การสกัดลักษณะเด่นของข้อมูล 36 4.1.3 การเตรียมไฟล์สำหรับเทรนโมเดล 36

4.2 ผลการฝึกฝนโมเดล 38

4.2.1 โมเดล LSTM 38

4.2.1 โมเดล GRU 40  
 4.2.1 โมเดล BiLSTM 42

4.3 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล 44

4.3.1 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล LSTM 44

4.3.1 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล GRU 45

4.3.1 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล BiLSTM 45

4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล 50

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 54**

5.1 สรุปผลการวิจัย 54

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 54

**บรรณานุกรม 56**

**ประวัติผู้จัดทำ 58**

**สารบัญตาราง**

**ตารางที่ หน้า**

1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน 5

3.1 คำศัพท์ภาษามือที่ใช้ในโครงงาน 29

3.2 การแบ่งข้อมูลสำหรับเทรนและทดสอบ 32

3.3 ข้อมูลสำหรับเทรนใน 5-Fold Cross Validation 32

3.4 พารามิเตอร์ของเลเยอร์โมเดล 33

4.1 ผลการวัดประสิทธิภาพการเทรนโมเดล LSTM 44

4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพการเทรนโมเดล GRU 45

4.3 ผลการวัดประสิทธิภาพการเทรนโมเดล BiLSTM 45

4.5 ผลการทดสอบโมเดล LSTM 47

4.6 ผลการทดสอบโมเดล GRU 48

4.7 ผลการทดสอบโมเดล BiLSTM 49

4.8 เปรียบประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 3 โมเดล 50

4.9 การเปรียบเทียบความเหมือนความแตกต่างในงานวิจัย 51

**สารบัญภาพ**

**ภาพที่ หน้า**

1.1 ตัวอย่างคำภาษาไทย 2

1.2 ตาราง Confusion Matrix 3

2.1 ข้อมูลภาพที่ซ้อนกันหลายชั้นโครงข่าย 7

2.2 ความแตกต่างระหว่าง Machine Learning กับ Deep Learning 8

2.3 ภาพโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม 9

2.4 การทำงานของ RNN 11

2.5 โครงสร้าง RNN 12

2.6 โครงสร้าง LSTM 13

2.7 ภาพโครงสร้าง Forget Gate Layer 13

2.8 ภาพโครงสร้าง Input Gate 14

2.9 ภาพโครงสร้าง Output Gate Layer 15

2.10 ความแตกต่างระหว่าง LSTM และ GRU 16

2.11 โครงสร้าง BiLSTM 18

2.12 Tensorflow 19

2.13 OpenCV 20

2.14 MediaPipe 21

2.15 Keras 22

2.16 Python 23

2.17 Anaconda 24

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

**ภาพที่ หน้า**

3.1 กรอบการดำเนินการวิจัย 27

3.2 ปัจจัยควบคุมในการรวบรวมข้อมูล 28

3.3 ลำดับและป้ายกำกับ Keypoints ของมือใน MediaPipe 30

3.4 ลำดับและป้ายกำกับ Keypoints ของตัวใน MediaPipe 30

3.5 Keypoints บนหน้า 31

3.6 การแบ่งข้อมูลสำหรับเทรนและทดสอบ 31

4.1 ตัวอย่างภาษามือไทย ‘สวัสดี’ จากผู้เชี่ยวชาญภาษามือไทย 35

4.2 การใช้ MediaPipe ในการจำลอง Key points 36

4.3 โฟลเดอร์ชื่อท่าภาษามือ 36

4.4 โฟลเดอร์ 100 โฟลเดอร์สำหรับเก็บ .npy ไฟล์ 37

4.5 ไฟล์ .npy 30 ไฟล์ ใน 1 โฟลเดอร์วิดีโอ 37

4.6 ไฟล์ .npy ที่เก็บค่า X, Y, Z ของ Key points 37

4.7 โครงสร้างโมเดล LSTM 38

4.8 กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล LSTM 39

4.9 กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล LSTM 39

4.10 โครงสร้างโมเดล GRU 40

4.11 กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล GRU 41

4.12 กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล GRU 41

4.13 โครงสร้างโมเดล BiLSTM 42

4.14 กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล BiLSTM 43

4.15 กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล BiLSTM 43

4.16 กราฟแสดงจำนวนการเทรนและค่า Accuracy ของโมเดล BiLSTM อัตราส่วน 80:20 46

4.17 กราฟแสดงจำนวนการเทรนและค่า Loss ของโมเดล BiLSTM อัตราส่วน 80:20 46

4.18 ตัวอย่างผลการทดสอบโมเดล GRU 47