# **บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน**

สำหรับผลการดำเนินงานการพัฒนาระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่

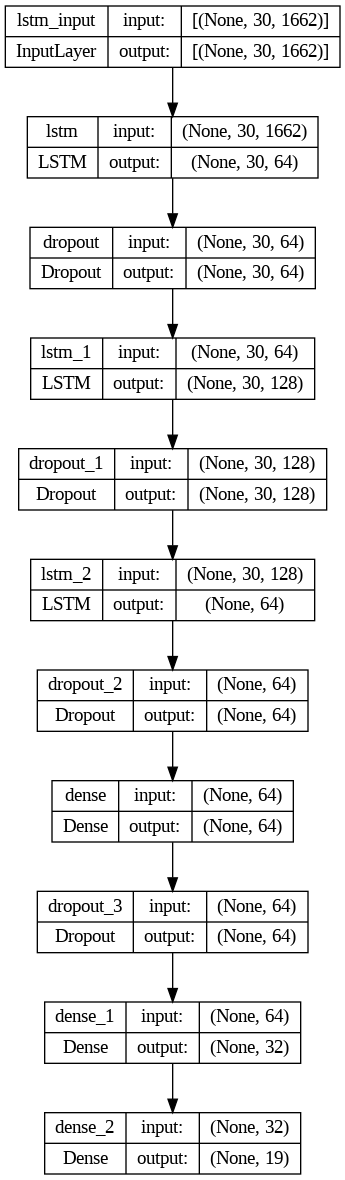
4.1 ผลการฝึกฝนโมเดล

4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล

4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล

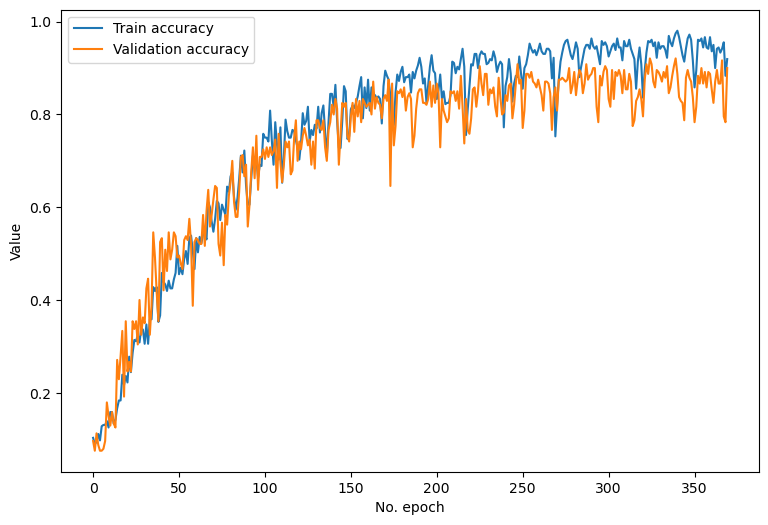
## **4.1 ผลการฝึกฝนโมเดล**

4.1.1 โมเดล LSTM

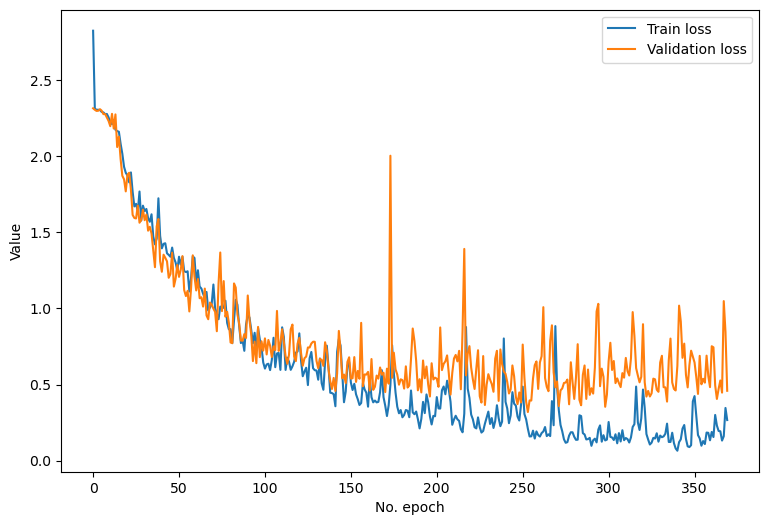


**ภาพที่ 4.1** โครงสร้างโมเดล LSTM

ผลจากการพัฒนาระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ พบว่า การกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ Epochs เท่ากับ 370 และ Batch Size เท่ากับ 32 ของโมเดล LSTM ให้ค่า Accuracy สูงถึง 0.9 และค่า Loss ต่ำกว่า 0.2 ดังภาพด้านล่าง

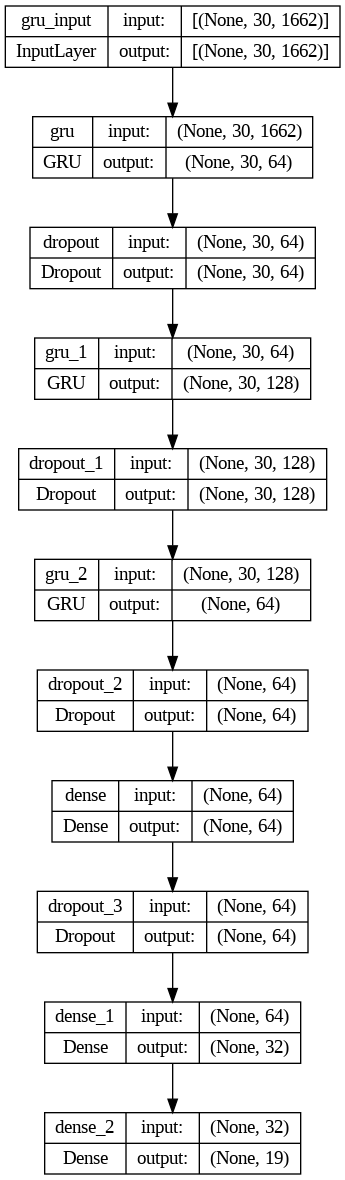
****

**ภาพที่ 4.2** กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล LSTM



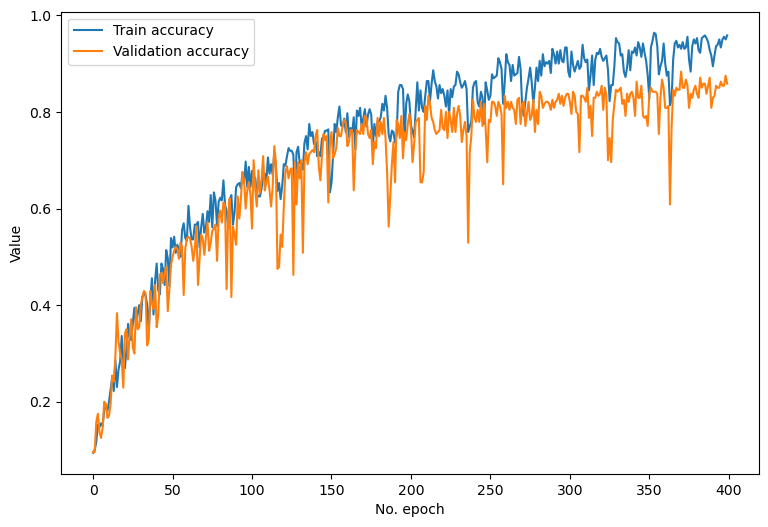
**ภาพที่ 4.3** กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล LSTM

4.1.2 โมเดล GRU

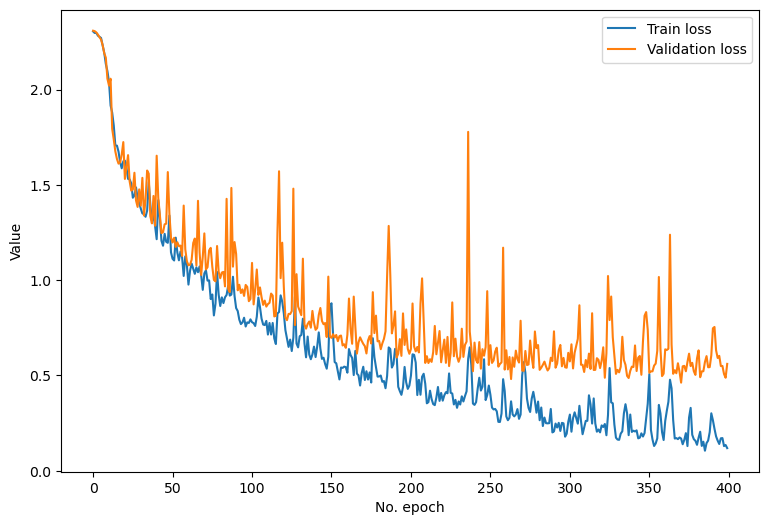


**ภาพที่ 4.4** โครงสร้างโมเดล GRU

ผลจากการพัฒนาระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทยด้วย RNN พบว่า การกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ Epochs เท่ากับ 165 และ Batch Size เท่ากับ 32 ของโมเดล GRU ให้ค่า Accuracy สูงถึง 0.9 และค่า Loss ต่ำกว่า 0.2 ดังภาพด้านล่าง

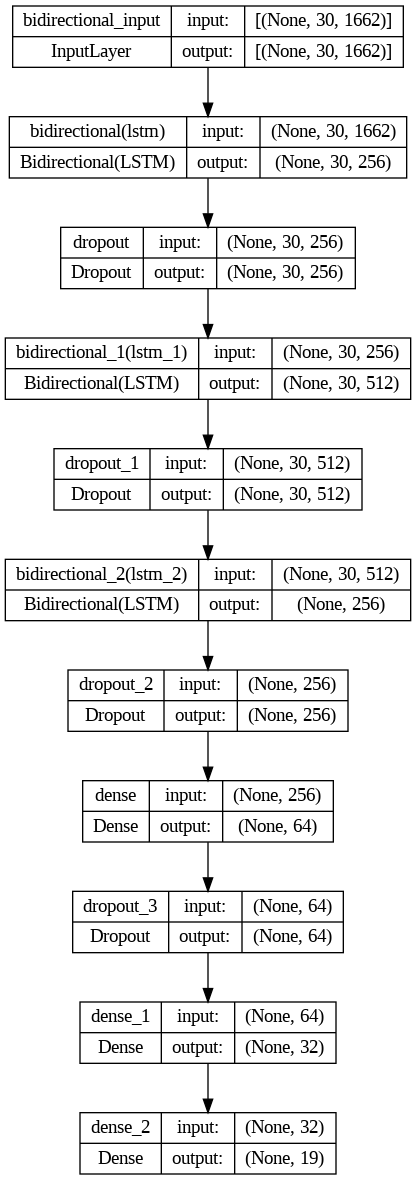


**ภาพที่ 4.5** กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล GRU



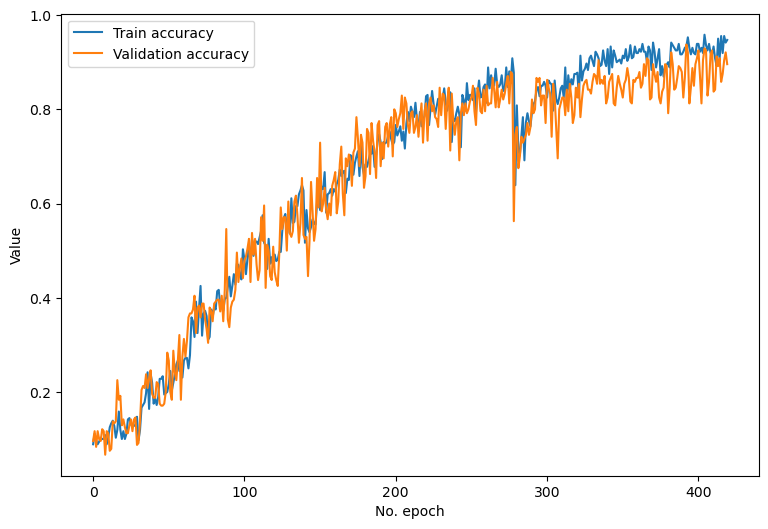
**ภาพที่ 4.6** กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล GRU

4.1.3 โมเดล BiLSTM

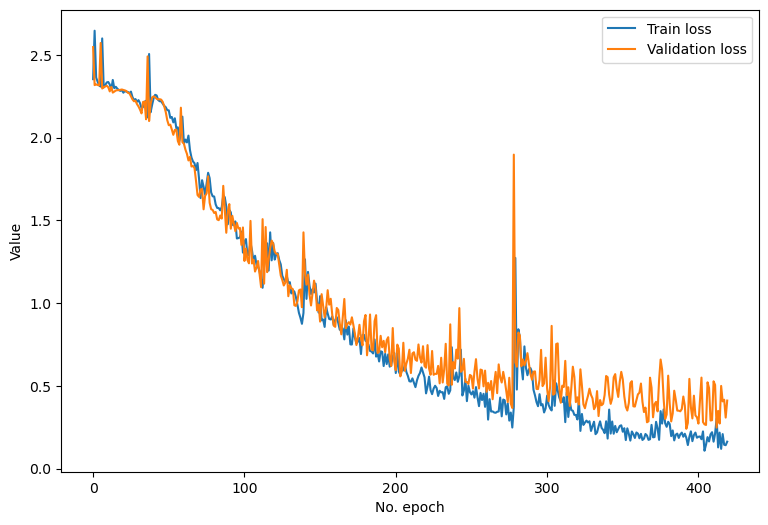


**ภาพที่ 4.7** โครงสร้างโมเดล BiLSTM

โมเดล BiLSTM มีการกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ Epochs เท่ากับ 420 และ ไม่มีใส่ Batch Size ในการเทรน เนื่องจากผู้วิจัยทดลองใส่ค่า Batch Size เท่ากับ 32 เหมือนกับโมเดลอีก 2 โมเดลก่อนหน้าในการการเทรนทำให้เกิด Exploding Gradient จึงปรับค่า Batch Size เป็นค่าเริ่มต้นเพื่อแก้ปัญหา แต่ขึ้นจำเป็นต้องใช้จำนวนรอบการเทรนที่มากกว่า 2 โมเดลก่อนหน้านี้หลายเท่าจึงจะให้ค่า Accuracy สูงถึง 0.9 และค่า Loss ต่ำกว่า 0.2 ดังภาพด้านล่าง



**ภาพที่ 4.8** กราฟแสดงจำนวนรอบการเทรนและค่าความถูกต้องของโมเดล BiLSTM



**ภาพที่ 4.9** กราฟแสดงรอบการเทรนและค่าความผิดพลาดของโมเดล BiLSTM

จากภาพของโครงสร้างโมเดลทั้ง 3 โมเดล ผู้วิจัยได้มีการใช้ Dense และ Dropout ซึ่ง Dense layer เป็นชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเชื่อมต่อ (connection) ระหว่างโนด (node) ในชั้นก่อนหน้ากับชั้นต่อไป โดยทุกโนดในชั้นจะมีการเชื่อมต่อกับโนดทุกตัวในชั้นต่อไป ชั้น Dense จะมีการปรับค่าน้ำหนัก (weight) และค่าไบแอส (bias) ของโนดในแต่ละชั้น ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้และสร้างรูปแบบ (pattern) ที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

Dropout layer เป็นชั้นที่มีไว้เพื่อลดการเกิด overfitting ในโมเดล โดย Dropout layer จะสุ่มตัดการเชื่อมต่อระหว่างโนดในชั้นก่อนหน้ากับชั้นต่อไป โดยตัดการเชื่อมต่อเหล่านี้ด้วยการกำหนดค่าเป็นศูนย์ (zero) โดยสุ่มตัดบางโนดออกจากการคำนวณในแต่ละรอบการฝึกฝน การทำ Dropout จะช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้และสร้างรูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ดีขึ้นโดยไม่เกิดการเรียนรู้ที่ผิดพลาดจาก overfitting

การใช้ Dense layer และ Dropout layer ในโมเดลประสาทเทียมช่วยให้โมเดลมีความแม่นยำในการทำนายข้อมูลมากขึ้น โดย Dense layer เป็นชั้นหลักในการสร้างโมเดลและ Dropout layer เป็นชั้นช่วยลดการเกิด overfitting ในโมเดลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การใช้ Dense layer และ Dropout layer นั้นเป็นเพิ่มความแม่นยำมากขึ้นนั่นเอง

## **4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล**

4.2.1 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล LSTM

จากการเทรนโมเดลด้วยชุดข้อมูลสำหรับเทรนและข้อมูลสำหรับทดสอบได้ค่า Accuracy และค่า Loss ดังนี้

**ตารางที่ 4.1** ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล LSTM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Data** | **Accuracy** | **Loss** |
| Train-Data | 0.98% | 0.09 |
| Test-Data | 0.96% | 0.15 |

และผลจากการประเมินด้วย Confusion Matrix ของแต่ละท่าภาษามือไทยได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.2** Confusion Matrix โมเดล LSTM

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **คำศัพท์** | **Confusion Matrix** | | | | **Accuracy** |
| **TP** | **FP** | **TN** | **FN** |
| สบายดี | 217 | 2 | 20 | 1 | 0.98% |
| สวัสดี | 213 | 0 | 24 | 3 | 0.98% |
| หิว | 211 | 4 | 24 | 1 | 0.97% |
| ฉัน | 206 | 8 | 24 | 2 | 0.95% |
| ชอบ | 218 | 1 | 14 | 7 | 0.96% |
| รัก | 220 | 2 | 15 | 3 | 0.97% |
| ป่วย | 215 | 0 | 25 | 0 | 1.0% |
| ขอโทษ | 213 | 0 | 22 | 5 | 0.97% |
| ขอบคุณ | 210 | 5 | 25 | 0 | 0.97% |
| คุณ | 213 | 2 | 23 | 2 | 0.98% |
| **รวม** | **2136** | **24** | **216** | **24** | **0.97%** |

4.2.2 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล GRU

จากการเทรนโมเดลด้วยชุดข้อมูลสำหรับเทรนและข้อมูลสำหรับทดสอบได้ค่า Accuracy และค่า Loss ดังนี้

**ตารางที่ 4.3** ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล GRU

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Data** | **Accuracy** | **Loss** |
| Train-Data | 0.97% | 0.07 |
| Test-Data | 0.95% | 0.17 |

และผลจากการประเมินด้วย Confusion Matrix ของแต่ละท่าภาษามือไทยได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.4** Confusion Matrix โมเดล GRU

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **คำศัพท์** | **Confusion Matrix** | | | | **Accuracy** |
| **TP** | **FP** | **TN** | **FN** |
| สบายดี | 213 | 0 | 27 | 0 | 1.0% |
| สวัสดี | 213 | 0 | 27 | 0 | 1.0% |
| หิว | 214 | 3 | 23 | 0 | 0.98% |
| ฉัน | 212 | 3 | 21 | 4 | 0.97% |
| ชอบ | 216 | 2 | 20 | 2 | 0.98% |
| รัก | 216 | 0 | 21 | 1 | 0.98% |
| ป่วย | 219 | 0 | 20 | 1 | 0.99% |
| ขอโทษ | 218 | 0 | 22 | 0 | 1.0% |
| ขอบคุณ | 217 | 0 | 23 | 0 | 1.0% |
| คุณ | 213 | 1 | 25 | 1 | 0.99% |
| **รวม** | **2151** | **11** | **228** | **10** | **0.99%** |

4.2.3 ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล BiLSTM

จากการเทรนโมเดลด้วยชุดข้อมูลสำหรับเทรนและข้อมูลสำหรับทดสอบได้ค่า Accuracy และค่า Loss ดังนี้

**ตารางที่ 4.5** ผลการวัดประสิทธิภาพโมเดล BiLSTM

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Data** | **Accuracy** | **Loss** |
| Train-Data | 0.96% | 0.08 |
| Test-Data | 0.95% | 0.11 |

และผลจากการประเมินด้วย Confusion Matrix ของแต่ละท่าภาษามือไทยได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.6** Confusion Matrix โมเดล BiLSTM

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **คำศัพท์** | **Confusion Matrix** | | | | **Accuracy** |
| **TP** | **FP** | **TN** | **FN** |
| สบายดี | 216 | 1 | 21 | 2 | 0.98% |
| สวัสดี | 209 | 0 | 26 | 5 | 0.97% |
| หิว | 213 | 1 | 23 | 3 | 0.98% |
| ฉัน | 216 | 4 | 14 | 6 | 0.95% |
| ชอบ | 207 | 12 | 21 | 0 | 0.95% |
| รัก | 212 | 1 | 26 | 1 | 0.99% |
| ป่วย | 224 | 0 | 16 | 0 | 1.0% |
| ขอโทษ | 218 | 1 | 21 | 0 | 0.99% |
| ขอบคุณ | 212 | 1 | 25 | 2 | 0.98% |
| คุณ | 208 | 4 | 22 | 6 | 0.95% |
| **รวม** | **2135** | **25** | **215** | **25** | **0.97%** |

## **4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล**

ผลจากการพัฒนาและวัดประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 3 แบบได้แก่ LSTM, GRU และ BiLSTM ที่ใช้ในการพัฒนาระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทยด้วย RNN ซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.7** เปรียบประสิทธิภาพของโมเดลทั้ง 3 โมเดล

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Models** | **Epochs** | **Accuracy** | | **Loss** | | **Confusion Matrix** |
| Train-Data | Test-Data | Train-Data | Test-Data |
| LSTM | 370 | 0.98% | 0.96% | 0.09 | 0.15 | 0.97% |
| GRU | 400 | 0.97% | 0.95% | 0.07 | 0.17 | 0.99% |
| BiLSTM | 420 | 0.96% | 0.95% | 0.08 | 0.11 | 0.97% |

จากตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลทั้ง 3 โมเดล LSTM มีค่าความถูกต้องสูงอยู่ที่ 0.98% ซึ่งมากที่สุดในโมเดลทั้ง 3 และมีค่า Loss อยู่ที่ 0.09 มีจำนวนรอบการในการเทรนอยู่ที่ 370 รอบและโมเดล GRU ที่มีจำนวนการเทรน 400 รอบ แต่ให้ค่า Accuracy ใกล้เคียงกับโมเดล LSTM นอกจากความแตกต่างของจำนวนในการเทรนของโมเดลแล้วยังมีเรื่องของเวลาที่ใช้ในการเทรนที่แตกต่างระหว่างโมเดล LSTM และโมเดล GRU แม้ว่าจำนวนในการเทรนของโมเดล LSTM จะน้อยกว่าโมเดล GRU แต่ใช้เวลาในการเทรนมากกว่าเนื่องจากจำนวนพารามิเตอร์ของโมเดล GRU นั้นน้อยกว่าจึงทำให้ใช้เวลาในการเทรนน้อยกว่าแม้จำนวนรอบที่ใช้ในการเทรนจะมากกว่าส่วนโมเดล BiLSTM มีจำนวนรอบในการเทรนมากที่สุดและใช้เวลาในหนึ่งรอบการเทรนมากที่สุดเนื่องจากตัวโมเดลมีการใช้จำนวนโหนดมากกว่า 2 โมเดล จึงทำให้ใช้เวลานานในการเทรน