



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Utilization of a Deep learning into FA Primary symptoms Prediction

นางสาวสุพร วดีรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวสุพรรณ วดีรัตน์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ อาจารย์จิระศักดิ์ สิทธิกร

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายวารินทร์ ชุมสำโรง

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี ไทยแลนด์ จำกัด สาขานครราชสีมา

บทคัดย่อ

บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี ไทยแลนด์ จำกัด สาขานครราชสีมา เป็นโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีอัตราการผลิตสูง ทำให้งานในแผนก Analysis and solution engineering ซึ่งมีหน้าที่จำแนกอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผิดปกติซึ่งต้องใช้การวิเคราะห์และประสบการณ์ของวิศวกรอย่างมาก นอกจากนี้อาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์บางส่วนที่พบมักเป็นอาการเดียวกัน ทำให้วิศวกรต้องวิเคราะห์เจอปัญหาเดิมตลอด ทางแผนกจึงมีความคิดจะการเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ในการจำแนกอาการผิดปกติ โดยทางแผนกมีความต้องการที่จะให้ใช้ภาพที่ได้จากเครื่องจักรทดสอบฮาร์ดดิสก์มาใช้ในการจำแนกอาการผิดปกติ เพื่อจำแนกอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ในเบื้องต้น ผู้จัดทำจึงใช้การเรียนรู้ของเครื่องมาใช้สร้างแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ โดยเริ่มพัฒนาจากโครงสร้าง LeNet-5 ซึ่งเป็นโครงข่ายคอนโวลูชัน หนึ่งในโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการทำนายอาการผิดปกติ และได้ใช้เทคนิคต่าง ๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งผู้จัดทำสามารถพัฒนาแบบจำลองที่มีความแม่นยำเฉลี่ยมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์เมื่อเชื่อถือในการทำนายของแบบจำลองที่ความมั่นใจ 65 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการใช้งานแบบจำลอง ได้มีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ให้ใช้เพื่ออัปโหลดผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องจักรทดสอบฮาร์ดดิสก์เข้าไป เว็บแอปพลิเคชันจะทำหน้าที่แสดงผลการทำนายพร้อมภาพทั้งหมดที่อัปโหลด และค่าความมั่นใจของอาการผิดปกติแต่ละประเภทเพื่อให้วิศวกรสามารถตัดสินใจได้ในขั้นต่อไป ซึ่งหากใช้ความสามารถของแบบจำลองนี้จะสามารถลดจำนวนงานของวิศวกรได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โดยมีความผิดพลาดในการทำงานเพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

คำสำคัญ : การเรียนรู้ของเครื่อง, การเรียนรู้เชิงลึก, แบบจำลองทำนายอาการผิดปกติด้วยรูปภาพ, เว็บแอปพลิเคชัน

,LeNet-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Title: Utilization of a Deep learning into FA Primary symptoms Prediction

Student Intern Name: Suwaporn Wadeerut

Faculty: Engineering

Department: Computer Engineering

Advisor Name: Jirasak Sittigorn

Mentor Name: Warin Chumsamrong

Company: Seagate Technology Thailand co., ltd. Nakhon Ratchasima branch

ABSTRACT

Seagate Technology Thailand co., ltd. Nakhon Ratchasima branch is a hard disk drive factory with a high production rate causing work in the analysis and solution engineering department, which is responsible for identifying failure symptoms of hard disk drives, with a high volume of work each day. The department is planning to use machine learning and deep learning used to identify failure symptoms. The Department has the requirement to use the images provided by the hard disk tester to classify the symptoms. I used machine learning to build a model to predict the symptoms of a hard drive by starting to develop from the LeNet-5 structure, a convolution network, one of the neural networks used to predict abnormal symptoms and use techniques to improve the model's structure to achieve a high-precision model. The best model can be made with precision of up to 80 percent on average in predicted reliability of models at 65 percent confidence. The use of models have been developed to be used in the form of a web application. To use to upload the results of the tester. The Web application will display the prediction results with all uploaded images and the confidence value of each failure symptoms so that engineers can decide on the next stage. The ability of the model will reduce 30 percent of workload of engineers, with only 20 percent of fails.

Keywords: Machine learning, Deep learning, Identifying failure symptoms with images, web application, Lenet-5

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณอาจารย์จรัสศักดิ์ สิทธิกร และอาจารย์บัณฑิต พัสยา อาจารย์ที่ปรึกษาในความกรุณาที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา คอยใส่ใจ ตลอดจนการทำสหกิจศึกษาตั้งแต่ต้นจนจบ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และอบรมสั่งสอน ทั้งให้ความช่วยเหลือผู้ศึกษาในส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงานโครงการจนสำเร็จเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้โอกาสผู้ศึกษาได้เข้ามาฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษา คุณวารินทร์ ชุมสำโรง ผู้จัดการแผนก Analysis and solution engineering และวิศวกรทุกท่านที่คอยอบรมและสอนงานตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ทำให้ผู้ศึกษาสามารถสรุปผลการศึกษาได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยความรักและความเข้าใจตลอดมา

ท้ายที่สุดขอขอบคุณเพื่อนๆ และขอขอบใจพี่ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในเรื่องของการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับการทำโครงการ รวมทั้งกำลังใจที่ให้ผู้ศึกษามาอย่างสม่ำเสมอ และขอขอบคุณผู้เป็นเจ้าของข้อมูลทุก ๆ ข้อมูลที่ผู้ศึกษาได้ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

นางสาวสุวพร วดีรัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning)	3
2.1.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)	4
2.1.3 โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network)	4
2.1.4 Activation Function.....	9
2.1.5 LeNet-5.....	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	12
3.2 การเก็บรวบรวมความต้องการ (Get Requirement)	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 การเตรียมชุดข้อมูล.....	13
3.4 การสร้างแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติ	21
3.4.1 รูปแบบที่ 1	21
3.4.2 รูปแบบที่ 2	22
3.4.3 รูปแบบที่ 3	23
3.4.4 รูปแบบที่ 4	23
3.4.5 รูปแบบที่ 5	24
3.4.6 รูปแบบที่ 6	24
3.4.7 รูปแบบที่ 7	25
3.4.8 รูปแบบที่ 8	26
3.4.9 รูปแบบที่ 9	26
3.4.10 รูปแบบที่ 10.....	27
3.4.11 รูปแบบที่ 11.....	28
3.4.12 รูปแบบที่ 12.....	29
3.4.13 รูปแบบที่ 13.....	30
3.4.14 รูปแบบที่ 14.....	31
3.4.15 รูปแบบที่ 15.....	32
3.4.16 รูปแบบที่ 16.....	33
3.5 การประเมินแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติ	33
3.6 การออกแบบโครงสร้างระบบ	34
3.6.1 ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface).....	34
3.6.2 การทำนายผลโดยใช้แบบจำลองทำนายอาการผิดปกติ	37

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.7 แผนภาพอธิบายโครงสร้างและการทำงานของระบบ.....	37
3.4.1 Use Case Diagrams	37
3.4.2 การวิเคราะห์ระบบและแผนผังกระบวนการทำงาน (Flowchart)	39
3.4.3 โครงสร้างฐานข้อมูล.....	42
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	43
4.1 การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Predict Failure mode	43
4.2 การพัฒนาแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์.....	45
4.2.1 การเตรียมข้อมูล	45
4.2.2 การสอนแบบจำลอง.....	46
4.2.3 การทดสอบแบบจำลอง.....	46
4.2.4 การพิจารณาความแม่นยำที่เชื่อถือได้.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	65
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	65
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	66
เอกสารอ้างอิง.....	67

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1	22
3.2 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2	22
3.3 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3	23
3.4 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4	23
3.5 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5	24
3.6 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6	25
3.7 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7	25
3.8 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8	26
3.9 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9	27
3.10 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10	27
3.11 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11	28
3.12 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12	29
3.13 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13	30
3.14 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14	31
3.15 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15	32
3.16 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16	33
3.17 ตารางเมทริกซ์แห่งความสับสน	34
3.18 Use Case Upload and Predict	38
3.19 Use Case Search	39
3.20 รายละเอียดข้อมูลในตาราง Prediction	42
5.1 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15	65

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม	4
2.2 โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน	5
2.3 ตัวกรองสำหรับหาเส้นตรงทแยงสีขาวขนาด 3x3.....	5
2.4 การทำงานของตัวกรองและฟังก์ชันลักษณะที่ได้	6
2.5 การเลื่อนตัวกรองครั้งละ 1 (Stride = 1).....	6
2.6 การเลื่อนตัวกรองครั้งละ 2 (Stride = 2).....	7
2.7 การทำเพิ่มขอบภาพเพื่อเก็บคุณลักษณะของขอบภาพให้ครบถ้วน (Padding).....	7
2.8 การลดขนาดภาพ (Pooling).....	8
2.9 Max Pooling ขนาดตัวกรอง 2x2 และ stride 2.....	8
2.10 การเชื่อมโยงเต็มรูปแบบ (Fully-Connected Neural Network Layer).....	9
2.11 Linear Function	9
2.12 Sigmoid Function.....	10
2.13 Tanh Function.....	10
2.14 ReLU Function.....	10
2.15 Leaky ReLU Function.....	11
2.16 โครงสร้างของ LeNet-5.....	11
3.1 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 1	13
3.2 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 2	14
3.3 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 3	14
3.4 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 4	15
3.5 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 5	15
3.6 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 6	16

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.7 รูปแบบที่ใช้ในการฝึกสอน	17
3.8 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 1	18
3.9 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 2	19
3.10 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 3	20
3.11 ตัวอย่างภาพแสดงอาการผิดปกติอื่น ๆ	21
3.12 จอภาพหลัก (Home)	35
3.13 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง	35
3.14 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ	36
3.15 จอภาพแสดงคำเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด	36
3.16 จอภาพแสดงคำเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา	37
3.17 แผนภาพเว็บแอปพลิเคชัน	37
3.17 การทำงานของฟังก์ชัน Upload and Prediction	40
3.18 การทำงานของฟังก์ชัน Search	41
4.1 จอภาพหลัก (Home)	43
4.2 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง	44
4.3 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ	44
4.4 จอภาพแสดงคำเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด	45
4.5 จอภาพแสดงคำเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา	45
4.6 การเตรียมข้อมูลโดยการรวมภาพจากการทดสอบทั้ง 6 ภาพเป็นภาพเดียว	46
4.7 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้าง จากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1	47
4.8 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1	47

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1	47
4.10 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2	48
4.11 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2	48
4.12 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2	48
4.13 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3	49
4.14 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3	49
4.15 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3	49
4.16 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4	50
4.17 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4	50
4.18 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4	50
4.19 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5	51
4.20 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5	51
4.21 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5	51
4.22 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6	52
4.23 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6	52
4.24 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6	52
4.25 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7	53

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.26 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7.....	53
4.27 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7.....	53
4.28 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8.....	54
4.29 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8.....	54
4.30 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8.....	54
4.31 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9.....	55
4.32 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9.....	55
4.33 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9.....	55
4.34 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10.....	56
4.35 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10.....	56
4.36 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10.....	56
4.37 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11.....	57
4.38 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11.....	57
4.39 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11.....	57
4.40 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12.....	58
4.41 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12.....	58
4.42 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12.....	58

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.43 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13.....	59
4.44 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13.....	59
4.45 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13	59
4.46 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14.....	60
4.47 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14.....	60
4.48 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14	60
4.49 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15.....	61
4.50 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15.....	61
4.51 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15	61
4.52 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16.....	62
4.53 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16.....	62
4.54 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16	62
4.55 ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์	63
4.56 เมทริกซ์แห่งความสับสนเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์.....	63
4.57 ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์	64
4.58 เมทริกซ์แห่งความสับสนเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์.....	64
5.1 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15.....	65
5.2 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15.....	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี ไทยแลนด์ จำกัด เป็นบริษัทผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาดใหญ่ มีอัตราการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปริมาณมากในแต่ละวัน ซึ่งแผนก Electrical Failure Analysis มีหน้าที่ในการจำแนกอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ผลิตขึ้น เพื่อหาสาเหตุของอาการผิดปกติ และป้องกันไม่ให้เกิดอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอีก เนื่องจากอัตราการผลิตที่สูงมากในแต่ละวันส่งผลให้โอกาสที่จะมีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งผิดปกติสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้มีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวนมากถูกส่งเข้ามาเพื่อจำแนกอาการผิดปกติเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน ดังนั้นทางแผนกจึงมีความคิดจะใช้เวลาการเรียนรู้ของเครื่องมาช่วยในการลดเวลาในการจำแนกอาการผิดปกติ

เนื่องจากการทดสอบเพื่อหาสาเหตุของอาการผิดปกติซึ่งใช้ประสบการณ์จากวิศวกรในการวิเคราะห์หาความผิดปกตินั้น ใช้เวลานานและไม่เพียงพอต่อปริมาณฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เข้ามา ดังนั้นทางแผนกจึงใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่องมาช่วยทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เจออยู่ซ้ำ ๆ โดยใช้ภาพที่ได้จากการทดสอบประกอบกับอาการผิดปกติที่ถูกวิเคราะห์จากวิศวกรในอดีตมาสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

การจำแนกอาการผิดปกติด้วยการเรียนรู้ของเครื่องจะช่วยลดจำนวนงานลง เพื่อให้วิศวกรได้ใช้เวลาในหาอาการผิดปกติที่แบบจำลองไม่สามารถทำนายได้ การสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อจำแนกอาการผิดปกติเป็นการเรียนรู้จากภาพ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี แบบจำลองสามารถทำนายอาการผิดปกติได้ทั้งหมด 3 ประเภท และสามารถช่วยลดงานของวิศวกรลงได้กว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ด้วยความแม่นยำ 80 เปอร์เซ็นต์จากข้อมูลในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา

ซึ่งการนำการเรียนรู้ของเครื่องนี้มาประยุกต์ใช้ แผนกมีความต้องการให้สามารถใช้งานการทำนายอาการผิดปกตินี้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถใช้งานได้ในทุกอุปกรณ์ที่หลากหลาย จึงเป็นที่มาในการจัดทำเว็บแอปพลิเคชันในการทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ซึ่งทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่มีความแม่นยำเพียงพอต่อการใช้งานจริงนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องในการใช้จำแนกและทำนายจากรูปภาพ
2. เพื่อประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
3. เพื่อสร้างเว็บไซต์สำหรับใช้ในการทำนายผลของอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่สามารถอัปโหลดไฟล์บีบอัด (ZIP) และแสดงผลการทำนายได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อสร้างและพัฒนาโปรแกรมสำหรับทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟด้วยรูปภาพให้มีความแม่นยำในระดับที่สามารถใช้งานได้จริง
2. การจำแนกอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำกัดขอบเขตสำหรับการจำแนกอาการผิดปกติ 3 ประเภท ออกจากอาการผิดปกติประเภทอื่น ๆ
3. เว็บไซต์ที่ใช้ในการทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สามารถรองรับการอัปโหลดไฟล์บีบอัดสกุล .zip และการค้นหาด้วยรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่านั้น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาการผิดปกติ และภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์อาการผิดปกติ
2. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของเครื่อง
3. พัฒนาการเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคโนโลยีและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้แบบจำลองสำหรับทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์สำเร็จตามเป้าหมาย
4. ทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองสำหรับทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์
5. ออกแบบการทำงานและโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน Prediction Failure Mode
6. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ
7. ทดสอบและปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น
8. สรุปผลและจัดทำเอกสารอธิบายกระบวนการทำงานและโครงสร้างของโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องในการจำแนกและทำนายผลจากรูปภาพ
2. ได้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองในการทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
3. เว็บไซต์สำหรับทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งสามารถอัปโหลดไฟล์บีบอัด และแสดงผลการทำนายจากไฟล์ที่อัปโหลดเข้าไปได้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการชิ้นนี้ผู้ดำเนินงานได้มีการศึกษาข้อมูล ทฤษฎี หลักการทำงาน และวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1.1 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning)

การเรียนรู้ของเครื่องเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) หรือ เอไอ (AI) เป็นระบบที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ออกมาได้ด้วยตนเอง โดยการป้อนชุดข้อมูลเพื่อสร้างการเรียนรู้ให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำนายผลลัพธ์ของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปได้อย่างถูกต้อง หรือกล่าวได้ว่า การเรียนรู้ของเครื่องคือการทำให้ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ข้อมูล

การสร้างการเรียนรู้ของเครื่องนั้น ผู้พัฒนาจะต้องเตรียมชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของเครื่อง เมื่อคอมพิวเตอร์ได้เรียนรู้ข้อมูลที่เรอป้อนเข้าไป คอมพิวเตอร์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และสร้างกฎบางอย่างขึ้น เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลนั้น และจำแนกว่าข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ควรจะมีการจัดกลุ่มอยู่ในกลุ่มใด เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเติม คอมพิวเตอร์จะปรับเปลี่ยนกฎเพื่อให้เข้ากับความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อให้การจัดกลุ่มถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การเรียนรู้ของเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning)

เป็นการเรียนรู้สำหรับชุดข้อมูลที่มีผลลัพธ์อยู่แล้ว มีเป้าหมายเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถจำแนกได้ว่าข้อมูลที่ป้อนเข้ามาสัมพันธ์กับผลลัพธ์อย่างไร เพื่อให้สามารถทำนายข้อมูลที่ป้อนเข้าไปใหม่ได้ว่าเป็นข้อมูลกลุ่มใด เช่น การจำแนกภาพสุนัขกับแมว การจำแนกตัวเลขจากลายมือ การทำนายจำนวนสินค้าที่จะขายได้ในเดือนถัดไป เป็นต้น

2. การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning)

เป็นการเรียนรู้โดยการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ป้อนเข้ามา มักใช้เมื่อต้องการหารูปแบบของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป และแบ่งประเภทข้อมูลนั้น เช่น การสำรวจข้อมูลประชากรที่ซื้อสินค้าชนิดหนึ่งจะมีลักษณะแบบใด

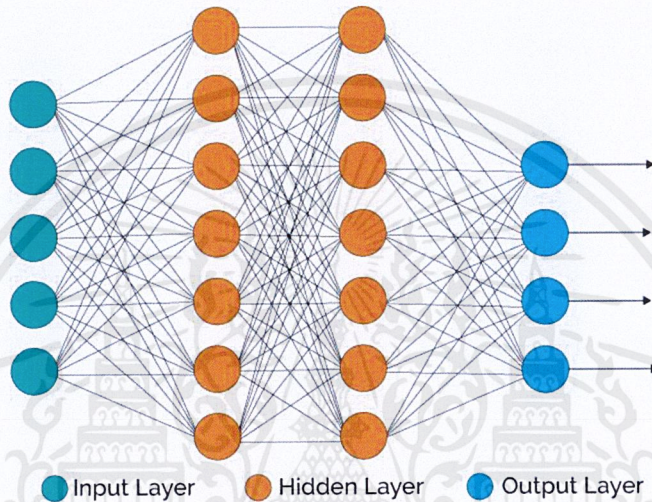
3. การเรียนรู้จากสภาพแวดล้อม (Reinforcement learning)

เป็นการเรียนรู้ที่ให้คอมพิวเตอร์ได้ทดลองทำด้วยตัวเอง คือจะให้คอมพิวเตอร์ได้ทำนายผลลัพธ์ด้วยตัวเอง และเราจะต้องให้ผลลัพธ์ว่าถูกหรือผิด เพื่อให้คอมพิวเตอร์ปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

การเรียนรู้เชิงลึก เป็นสาขาย่อยของการเรียนรู้ของเครื่อง มีจุดเริ่มต้นการพัฒนา คือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks (ANN)) ซึ่งจำลองการทำงานของระบบประสาทในมนุษย์ เรียกการเลียนแบบนี้ว่า โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network (NN)) โดยปกติแล้ว โครงข่ายประสาทเทียม จะประกอบด้วยส่วนหลัก 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของชั้นอินพุต (Input Layer) ส่วนของชั้นฮิดเดน (Hidden Layer) หรือชั้นจำแนกคุณลักษณะ (Feature extraction) และส่วนของชั้นเอาต์พุต (Output layer)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

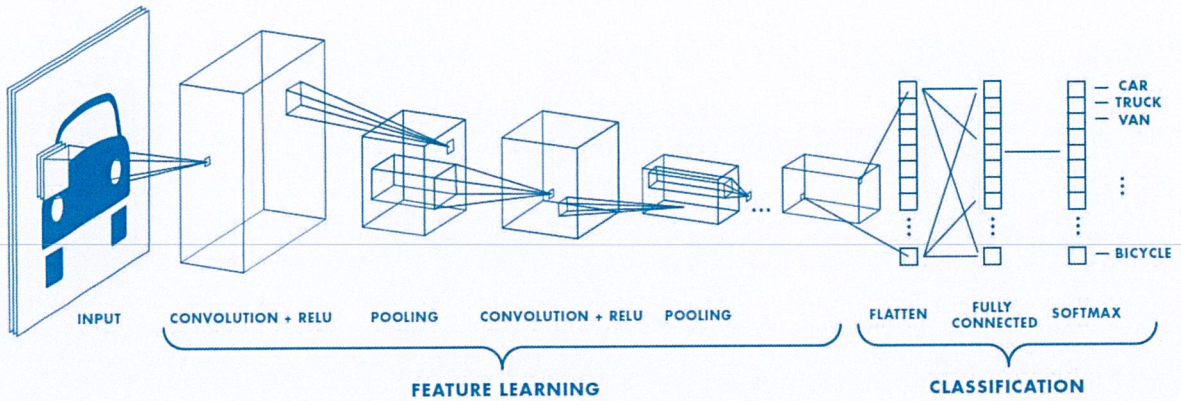
ชั้นอินพุต (Input layer) มีหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามาในโครงข่ายประสาทเทียมและส่งข้อมูลต่อไปยังชั้นต่อไปเท่านั้น ชั้นอินพุตนี้จึงมีแค่ชั้นเดียวเท่านั้น

ชั้นฮิดเดน (Hidden layer) จะประกอบด้วยสมการต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยคำนวณหาผลลัพธ์จากข้อมูลที่รับเข้ามา ซึ่งส่วนของชั้นฮิดเดนนี้เองที่จะเป็นส่วนหนึ่งในตัวกำหนดความแม่นยำของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา

ชั้นเอาต์พุต เป็นชั้นสุดท้ายที่จะรับค่าความเชื่อมั่น หรือก็คือค่าน้ำหนักของแต่ละกลุ่มผลลัพธ์ ซึ่งกลุ่มที่มีน้ำหนักมากกว่าจะเป็นผลการทำนายของข้อมูลที่ป้อนเข้ามานั้น ๆ

2.1.3 โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network)

โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน หรือ CNN เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่จะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ ซึ่งมองพื้นที่เป็นพื้นที่ย่อย ๆ และนำมาผสมผสานกันเพื่อจำแนกภาพที่กำลังมองอยู่ ปกติแล้วการมองของมนุษย์จะมีการแยกคุณลักษณะ (Feature) ของพื้นที่ย่อย เช่น ลายเส้น การตัดกันของสี หรือสังเกตจุดสนใจต่าง ๆ ประกอบกันเพื่อจำแนกภาพ



ภาพที่ 2.2 โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน

ลักษณะของโครงสร้างโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน จะมีชั้นฮิดเด้น (Hidden layer) ที่เป็นชั้นคอนโวลูชัน เป็นชั้นที่จำแนกคุณลักษณะ (Feature) ออกมาจากรูปภาพ เพื่อนำไปจำแนกต่อไป โดยที่ชั้นคอนโวลูชันนี้ อาจจะมีเพียง 1 ชั้นหรือหลายชั้นก็ได้

การจำแนกคุณลักษณะของชั้นคอนโวลูชันนั้นจะทำงานโดยการสร้างตัวกรอง (Filter) หรือ เคอร์เนล (kernel) ขึ้นเพื่อดึงคุณลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้ภาพออกมา โดยปกติตัวกรองหนึ่งตัว จะสามารถจำแนกคุณลักษณะได้เพียงคุณลักษณะเดียวเท่านั้น เราจึงจำเป็นต้องมีตัวกรองหลายตัว เพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายอย่างร่วมกัน

1	-1	-1
-1	1	-1
-1	-1	1

ภาพที่ 2.3 ตัวกรองสำหรับหาเส้นตรงทแยงสีขาวขนาด 3x3

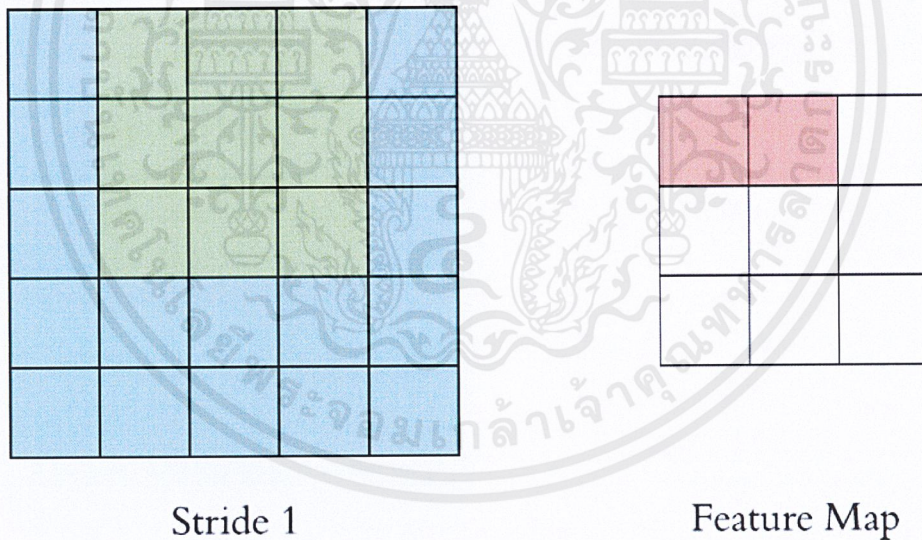
ลักษณะของตัวกรองนี้ จะมีลักษณะเป็นตารางสองมิติ โดยกำหนดขนาดตามพื้นที่ย่อยที่จะพิจารณา โดยทั่วไปจะใช้เป็นขนาด 3x3 5x5 และ 7x7 ตัวกรองนี้จะไปตรวจสอบภาพในแต่ละพิกเซล เพื่อจำแนกคุณลักษณะออกมา จนกระทั่งครบทั้งภาพ ก็จะได้เป็น ฝังคุณลักษณะ (Feature map)

1	1x1	1x0	0x1	0
0	1x0	1x1	1x0	0
0	0x1	1x0	1x1	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	0

4	3	

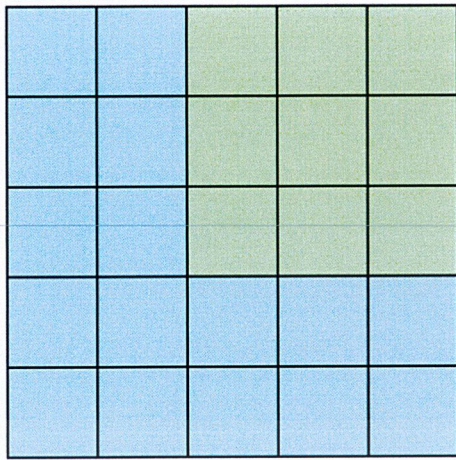
ภาพที่ 2.4 การทำงานของตัวกรองและฟังก์ชันลักษณะที่ได้

นอกจากนี้การดึงคุณลักษณะยังสามารถกำหนดการเลื่อนของตัวกรอง เพื่อให้ได้ขนาดของแผนผังคุณลักษณะที่ต่างกันได้ด้วย โดยการกำหนดค่า Stride ดังภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6 การกำหนดการเลื่อนของตัวกรองเพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถคำนวณหาคุณลักษณะที่พื้นที่ทับซ้อนกันน้อยลงด้วย

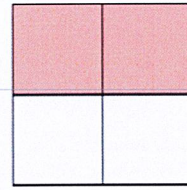


ภาพที่ 2.5 การเลื่อนตัวกรองครั้งละ 1 (Stride = 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



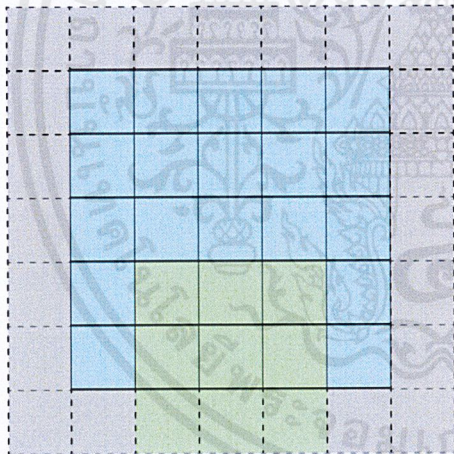
Stride 2



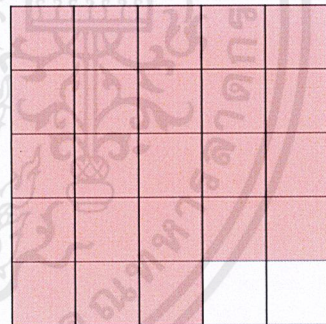
Feature Map

ภาพที่ 2.6 การเลื่อนตัวกรองครึ่งละ 2 (Stride = 2)

เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดของขอบภาพได้ทั้งหมด เราสามารถทำการขยายขอบของภาพที่รับเข้ามาด้วยการกำหนดค่า Padding ซึ่งค่านี้จะทำการเพิ่มพื้นที่ขอบของภาพตามค่าที่เรา กำหนด เพื่อให้เก็บคุณลักษณะของภาพได้ครบถ้วน



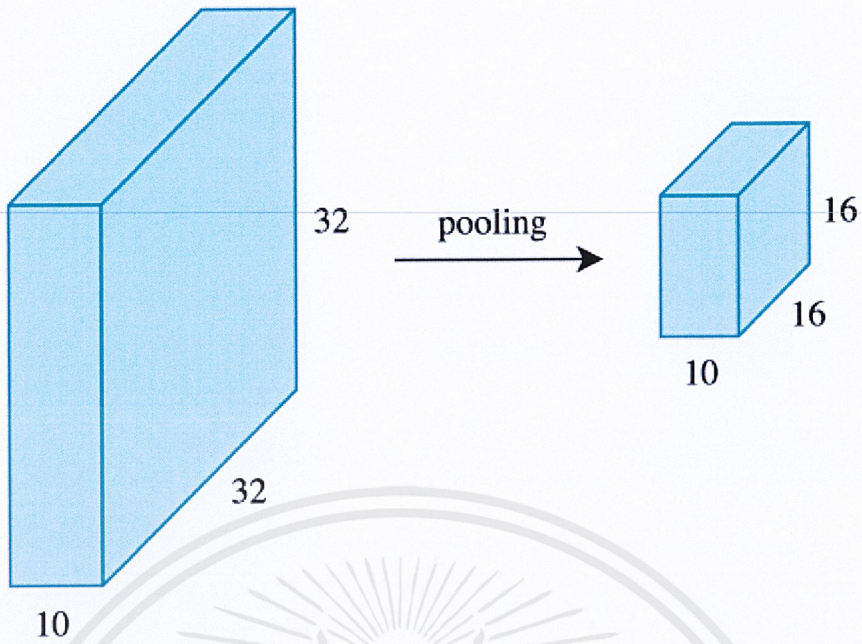
Stride 1 with Padding



Feature Map

ภาพที่ 2.7 การทำเพิ่มขอบภาพเพื่อเก็บคุณลักษณะของขอบภาพให้ครบถ้วน (Padding)

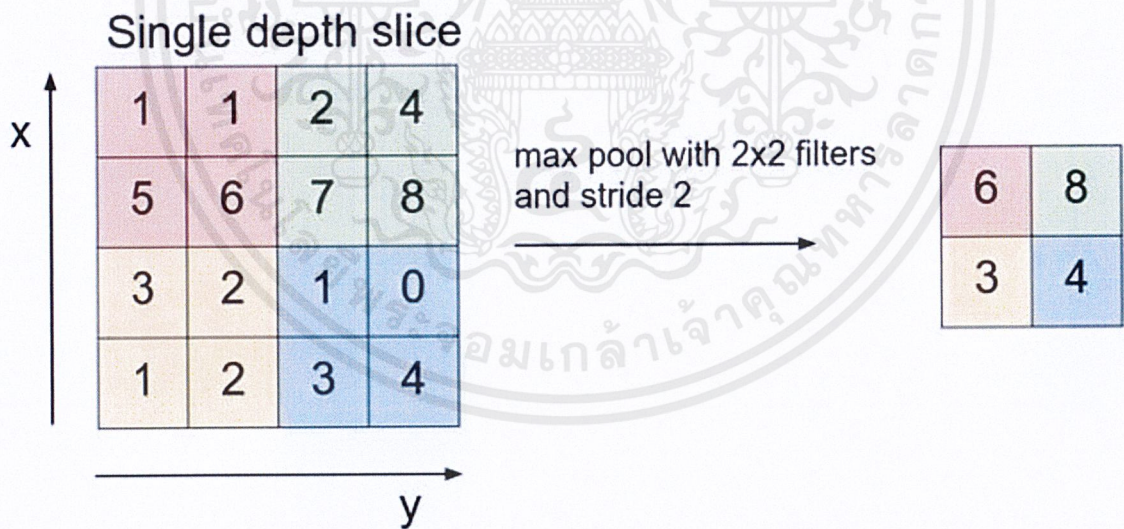
หลังจากดึงคุณลักษณะออกมา แนวคิดของโครงข่ายคอนโวลูชันคือจะมองภาพ เล็กและมองภาพรวม จึงต้องมีการลดขนาดภาพ (Pooling) เพื่อมองภาพในขนาดที่เล็กลง แต่เห็นภาพรวม ที่ใหญ่ขึ้น โดยการลดขนาดภาพนี้ นิยมทำอยู่ 2 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 2.8 การลดขนาดภาพ (Pooling)

- Max Pooling เป็นการเลือกค่าที่มากที่สุดออกมาเก็บเป็นในเมทริกซ์

ใหม่



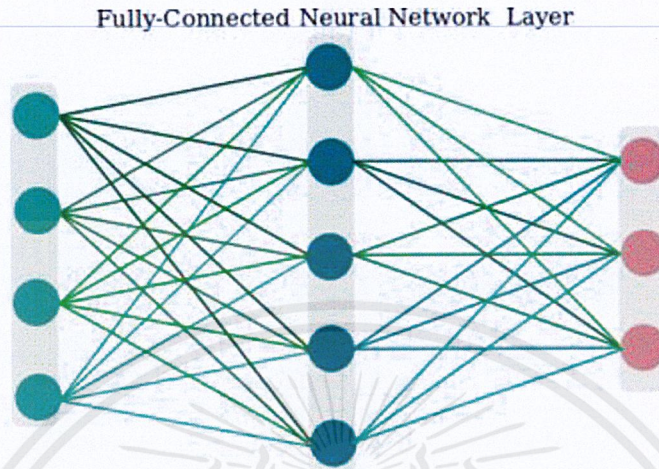
ภาพที่ 2.9 Max Pooling ขนาดตัวกรอง 2x2 และ stride 2

- Average Pooling เป็นการนำค่าทั้งหมดในตัวกรองมาหาค่าเฉลี่ยและนำไปเก็บในเมทริกซ์ใหม่

หลังจากจำแนกคุณลักษณะทั้งหมดเสร็จสิ้นข้อมูลสุดท้ายที่ได้จะเป็นตาราง 3 มิติ ซึ่งจะต้องนำมาทำเป็นตาราง 1 มิติ ด้วย Flatten หรือ Global Max Pooling ก่อนที่จะนำไปจำแนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มข้อมูลด้วยชั้นการเชื่อมโยงเต็มรูปแบบ (Fully-Connected Neural Network Layer) ซึ่งชั้นนี้จะประกอบด้วยชั้นย่อย ๆ ซึ่งมี node ย่อยหลาย ๆ node โดยทุก node ในชั้นก่อนหน้าจะเชื่อมกับทุก node ในชั้นต่อไป ดังภาพที่ 2.10

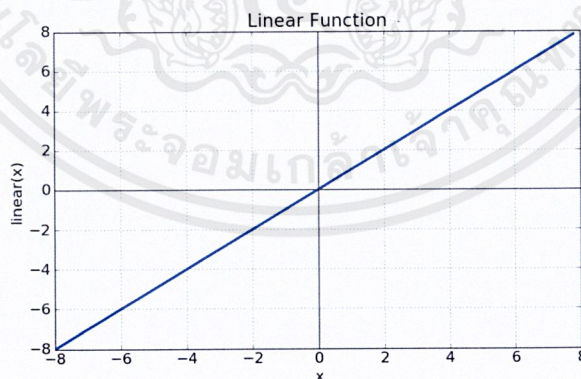


ภาพที่ 2.10 การเชื่อมโยงเต็มรูปแบบ (Fully-Connected Neural Network Layer)

2.1.4 Activation Function

Activation Function คือฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่ได้รับเข้ามาและพิจารณาข้อมูลที่จะถูกส่งต่อไปยังชั้นถัดไป ซึ่ง Activation Function ในปัจจุบัน ยกตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

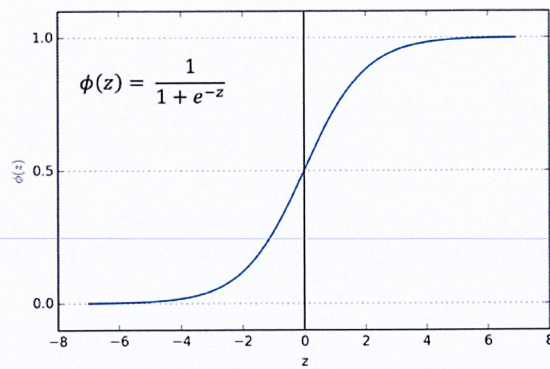
- Linear Function เป็นการใช้ฟังก์ชันเส้นตรง หรือสมการเส้นตรงในการแปลงค่าที่ได้รับเข้ามาเพื่อให้ได้ค่าที่ส่งออกไป



ภาพที่ 2.11 Linear Function

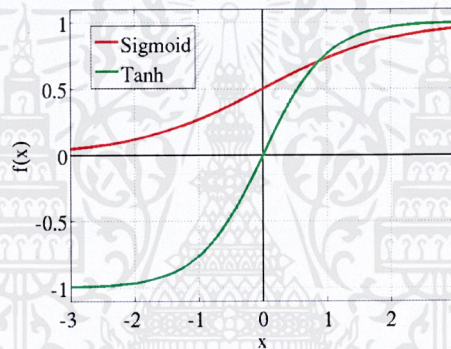
- Sigmoid Function เป็นฟังก์ชัน S curve ที่เป็นที่ยอมรับอย่างมาก เพราะค่า output ของฟังก์ชันนี้จะเป็น 0 ถึง 1 ดังนั้นจึงเหมาะกับการใช้หาความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ แต่ไม่เหมาะกับการใช้ใน neural network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



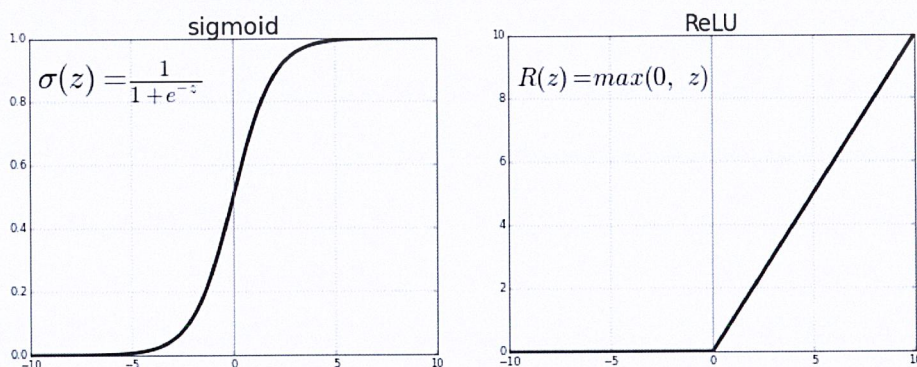
ภาพที่ 2.12 Sigmoid Function

- Tanh Function หรือ Hyperbolic Tangent Function เป็นฟังก์ชัน S curve คล้ายกับ Sigmoid แต่ค่า output ของฟังก์ชันนี้จะอยู่ที่ -1 ถึง 1 เป็นฟังก์ชันที่นิยมนำไปใช้กับการทำแบบจำลองที่ต้องการจำแนกกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มออกจากกัน



ภาพที่ 2.13 Tanh Function

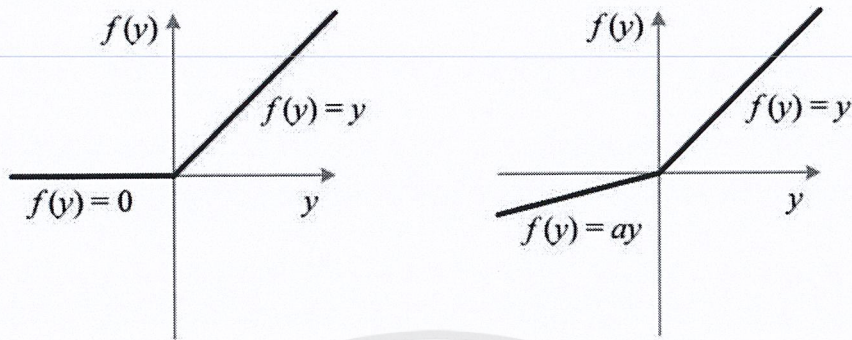
- ReLU Function เป็นฟังก์ชันที่นิยมใช้ในการทำโครงข่ายคอนโวลูชัน (CNN) หรือ Deep learning โดยฟังก์ชันนี้จะพิจารณาค่า input ที่ต่ำกว่า 0 ให้เป็น 0 ทั้งหมด ดังนั้นค่า output ของฟังก์ชันนี้จะอยู่ที่ 0 จนถึงอนันต์ แต่เมื่อค่าที่ต่ำกว่า 0 ทั้งหมดเป็น 0 จึงทำให้ฟังก์ชันนี้ไม่สามารถแยกค่าติดลบที่ต่างกันออกไปได้เลย



ภาพที่ 2.14 ReLU Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

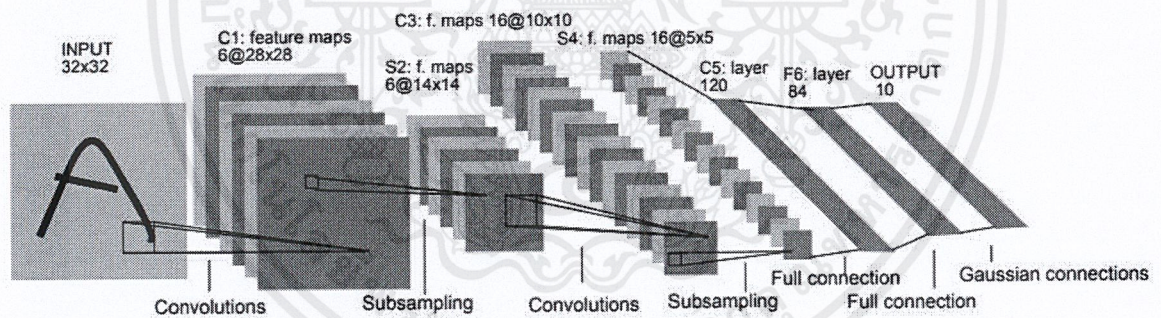
- Leaky ReLU Function เป็นฟังก์ชันที่พัฒนามาจาก ReLU เพื่อแก้ปัญหของ ReLU ที่ไม่สามารถจำแนกค่าที่ต่ำกว่า 0 ได้ ซึ่ง Leaky ReLU Function นี้จะมีค่า output ตั้งแต่ ติดลบอนันต์ จนถึงอนันต์



ภาพที่ 2.15 Leaky ReLU Function

2.1.5 LeNet-5

LeNet-5 เป็นโครงสร้างของโครงข่ายคอนโวลูชันแบบหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยชุดของชั้นโครงข่ายคอนโวลูชัน 2 ชุด และมีการใช้ average pooling ตามด้วย flatten หลังจากนั้นก็เป็นชั้นการเชื่อมโยงเต็มรูปแบบ (Fully-Connected Neural Network Layer) 2 ชั้นและจบลงด้วยการใช้ฟังก์ชัน SoftMax ในการจำแนกผลลัพธ์



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างของ LeNet-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

รายงานสหกิจฉบับนี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์โดยการนำภาพและกราฟซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์มาใช้ในการทำนายอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการทำนายผล ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน รวมถึงการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างและการทำงานของระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาความต้องการและขอบเขตของโครงการงาน
2. วิเคราะห์ความต้องการและวางแผนการพัฒนาโรงงานเพื่อให้โรงงานสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
3. ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอาการผิดปกติ และภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์อาการผิดปกติ
4. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของเครื่อง
5. พัฒนาการเรียนรู้ของเครื่องด้วยเทคโนโลยีและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้ของเครื่องสำเร็จตามเป้าหมาย
6. ทดสอบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้มีอัตราความสำเร็จตามเป้าหมาย
7. ออกแบบการทำงานและโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน Prediction Failure Mode
8. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ
9. ทดสอบและปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น
10. ใช้แนวคิดของการสร้างสภาพแวดล้อมเฉพาะให้ซอฟต์แวร์ในการนำระบบไปใช้งาน
11. สรุปผลและจัดทำเอกสารอธิบายกระบวนการทำงานและโครงสร้างของโครงการงาน

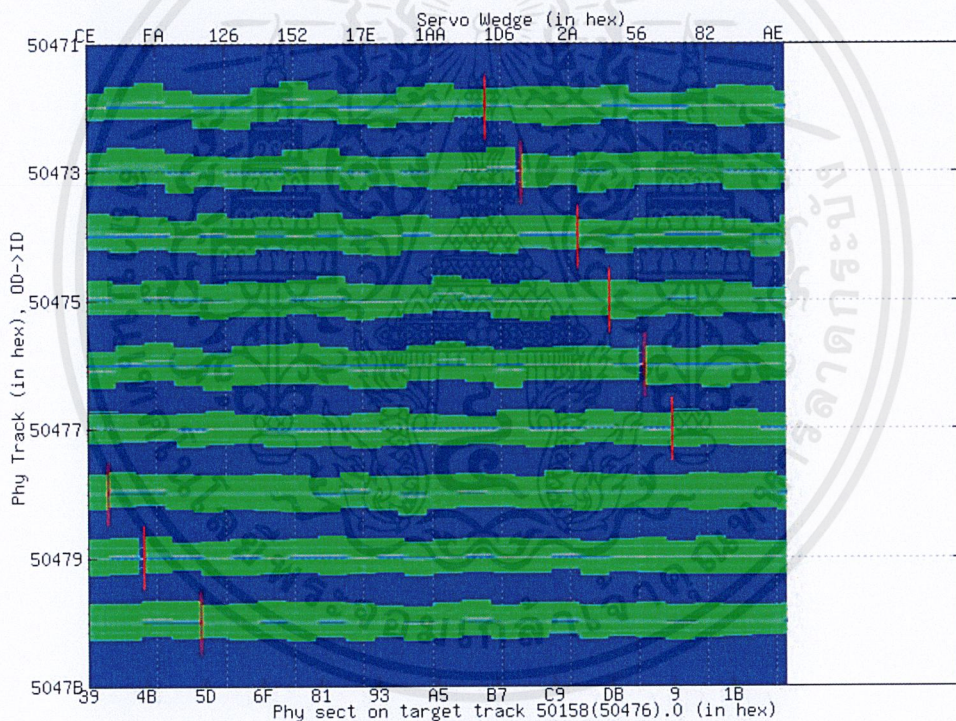
3.2 การเก็บรวบรวมความต้องการ (Get Requirement)

1. สามารถอัปโหลดรูปภาพ หรือชุดของรูปภาพเพื่อนำไปทำนายอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น
2. สามารถนำรูปภาพที่อัปโหลดมาใช้ในการทำนายอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยมีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 80
3. สามารถแสดงรูปภาพที่อัปโหลดได้
4. สามารถแสดงรูปภาพ และผลการทำนายของรูปภาพที่เคยนำมาทำนายผ่านการค้นหาด้วย Serial Number

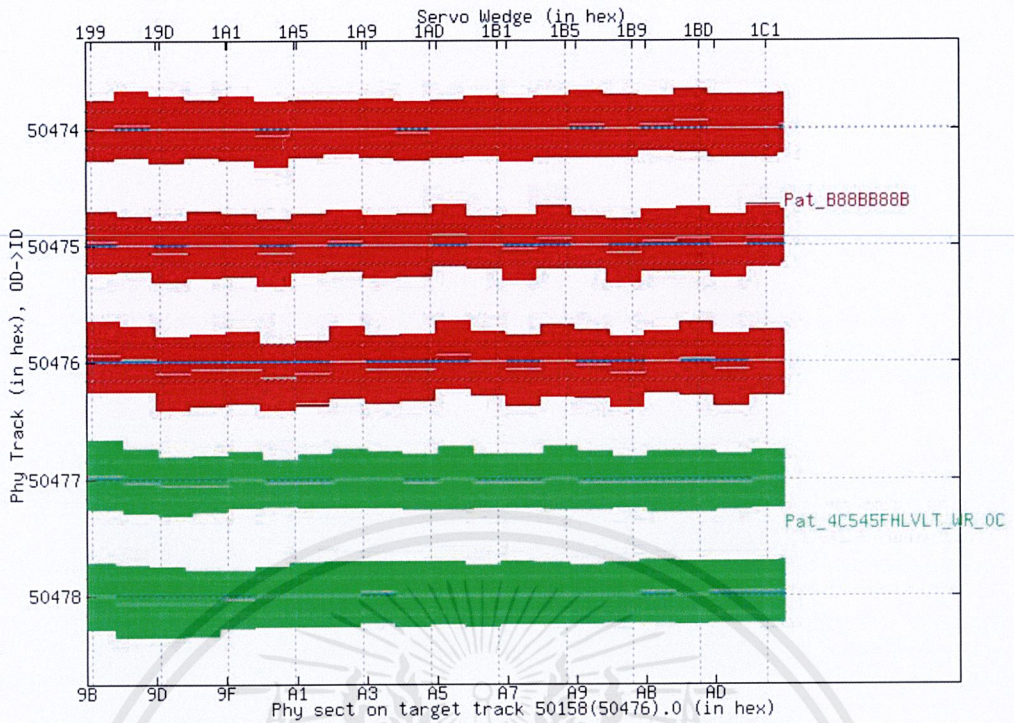
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมชุดข้อมูล

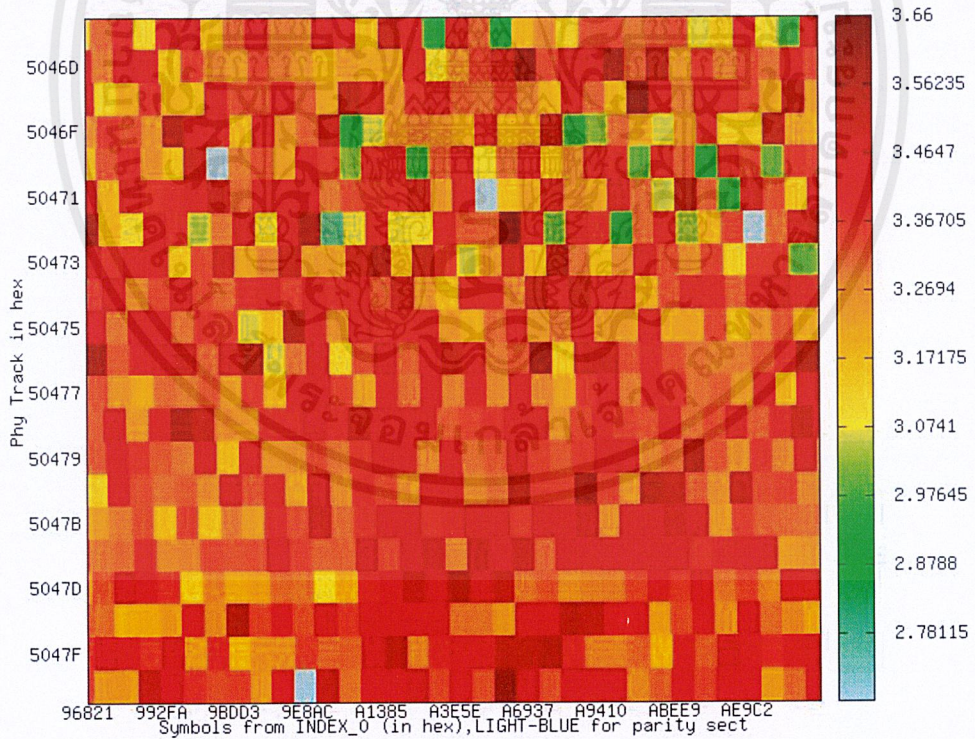
จัดเตรียมชุดข้อมูลภาพการทดสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พร้อมทั้งผลการวิเคราะห์อาการผิดปกติจากวิศวกร โดยเลือกอาการผิดปกติ 3 ประเภทเพื่อสร้างแบบจำลอง ซึ่งอาการดังกล่าวใช้ภาพหลัก 6 ภาพเลือกจากประสบการณ์ของวิศวกร เนื่องจากใช้ภาพในการวิเคราะห์ 6 ภาพ และภาพทั้งหมดต้องใช้ในการพิจารณาพร้อมกัน จึงใช้วิธีการนำภาพทั้ง 6 ภาพมารวมเป็นภาพเดี่ยวพร้อมทั้งเพิ่มพื้นที่ว่างเพื่อให้ได้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เหมาะสมกับการฝึกการเรียนรู้ของเครื่อง โดยข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมมาได้นั้น เป็นข้อมูลที่ใช้ผ่านการวิเคราะห์แล้วว่าเป็นอาการผิดปกติประเภทใด โดยแต่ละภาพมีขนาด 800x600 พิกเซล เมื่อรวมและเพิ่มพื้นที่ภาพแล้วจะได้ภาพขนาด 1800x1800 พิกเซล แต่เนื่องจากภาพขนาด 1800x1800 พิกเซล เป็นขนาดที่ใหญ่เกินไปสำหรับการทำการเรียนรู้ของเครื่อง ในการนำมาใช้ฝึกสอนการเรียนรู้ของเครื่อง จึงรับภาพเข้ามาในขนาด 128x128 พิกเซลเท่านั้น เมื่อรับภาพมาแล้วจึงทำการแปลงภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ขนาด 128x128x3 ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่มีการเก็บค่าของสี RGB เพื่อใช้ในการฝึกการเรียนรู้ของเครื่องด้วย



ภาพที่ 3.1 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 1

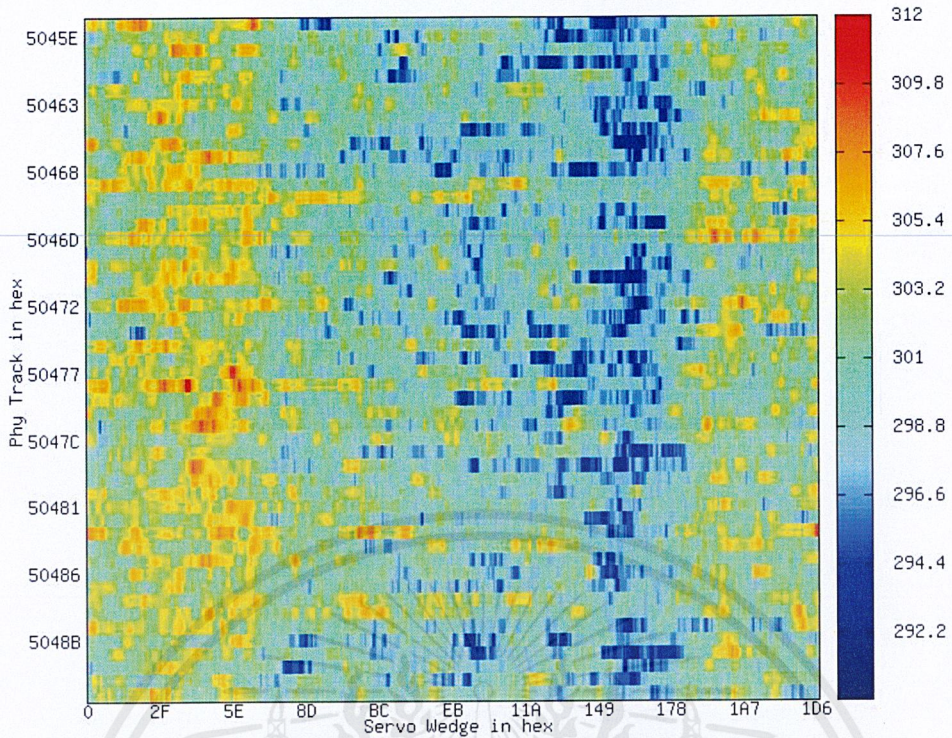


ภาพที่ 3.2 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 2

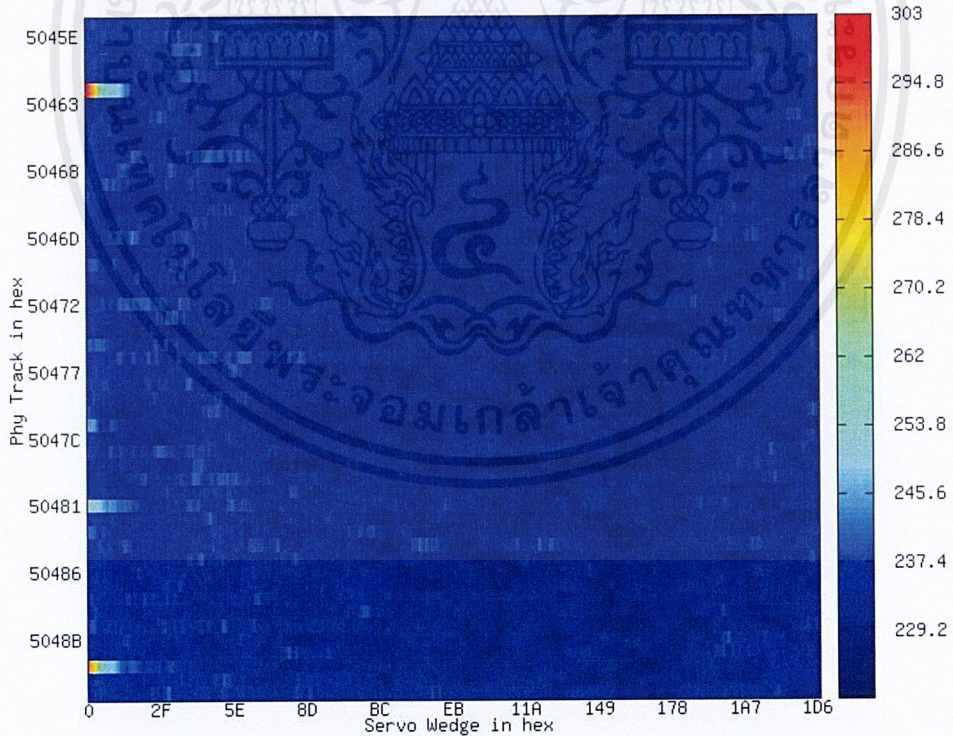


ภาพที่ 3.3 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

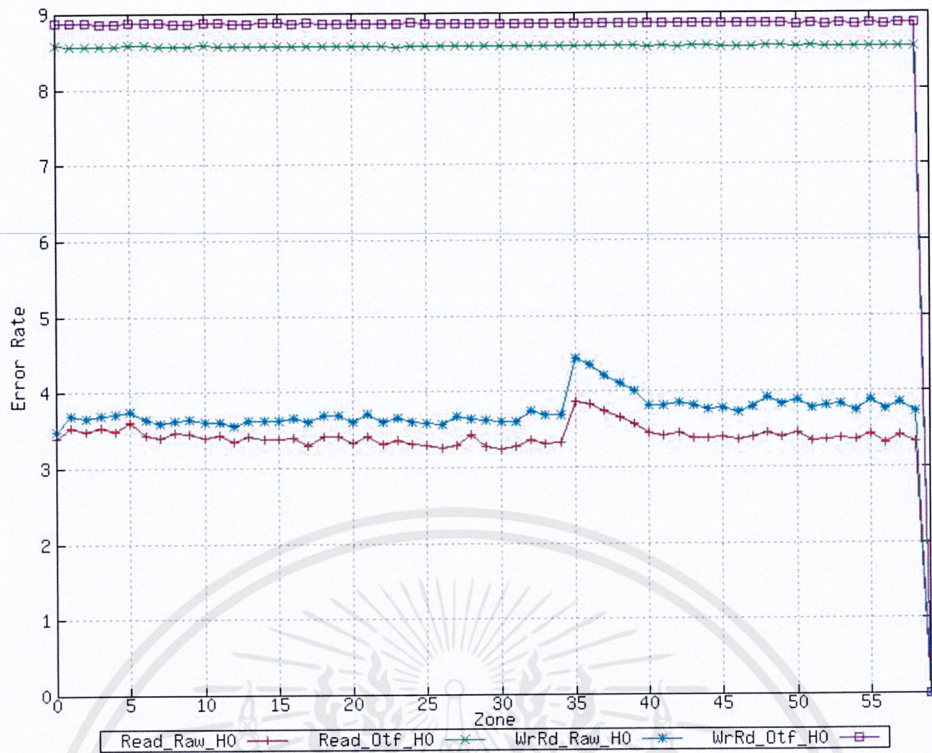


ภาพที่ 3.4 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 4



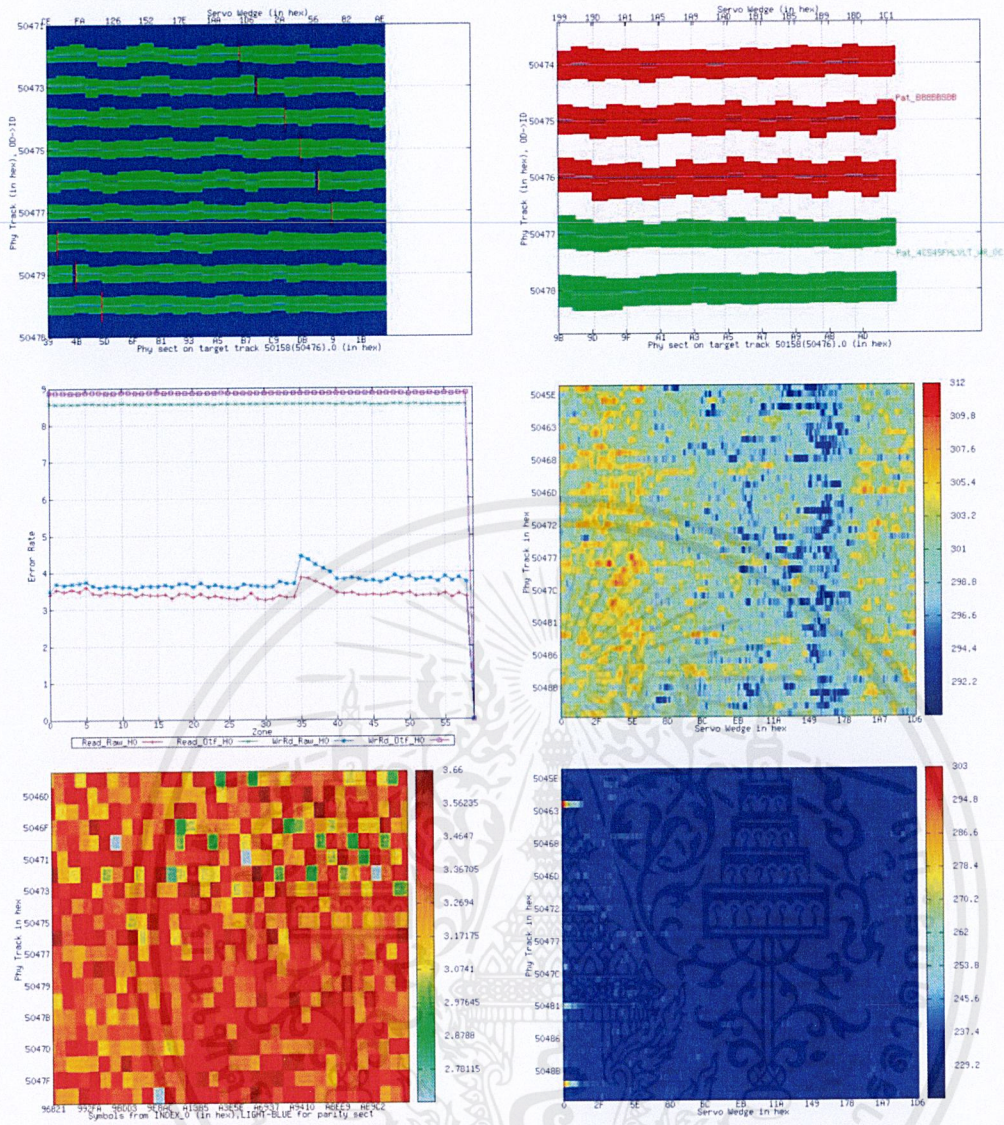
ภาพที่ 3.5 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



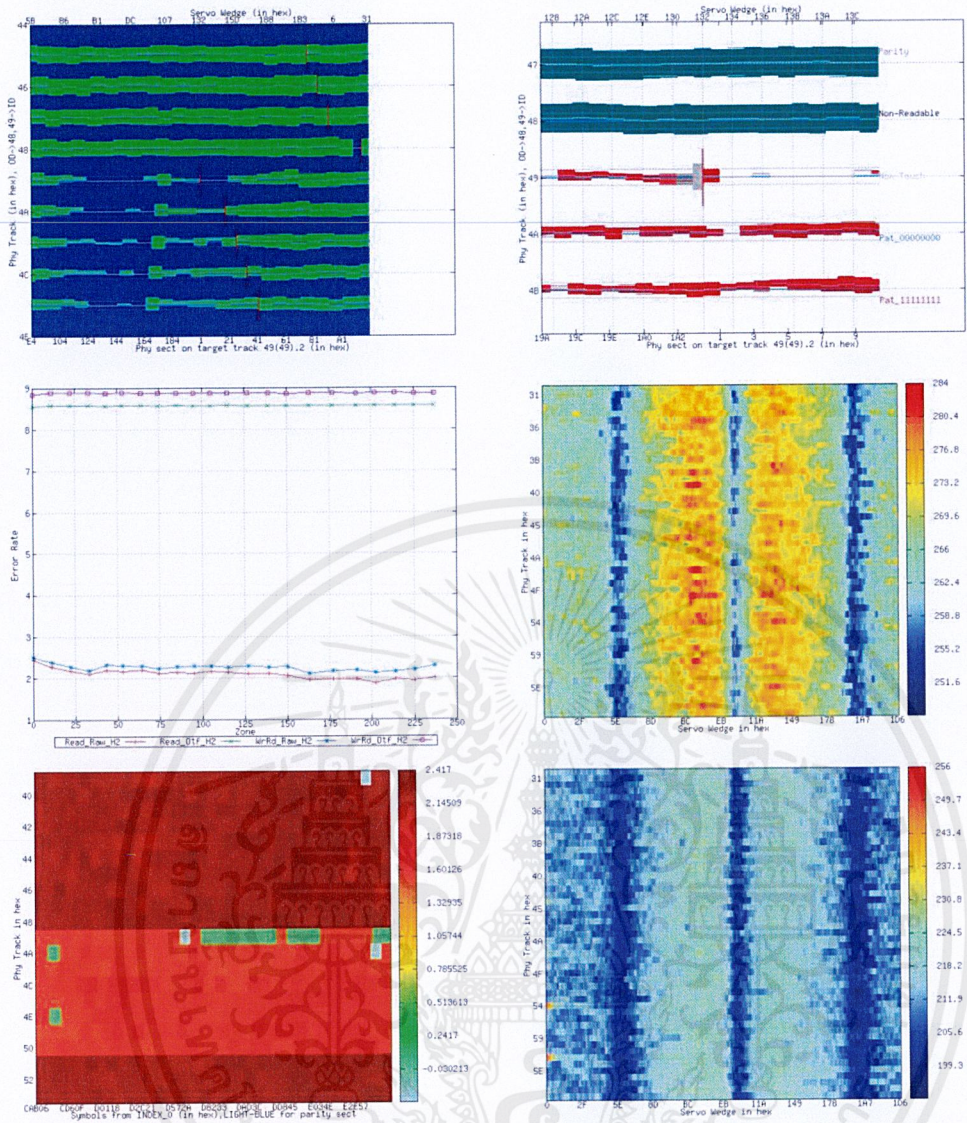
ภาพที่ 3.6 ภาพที่ได้จากการทดสอบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



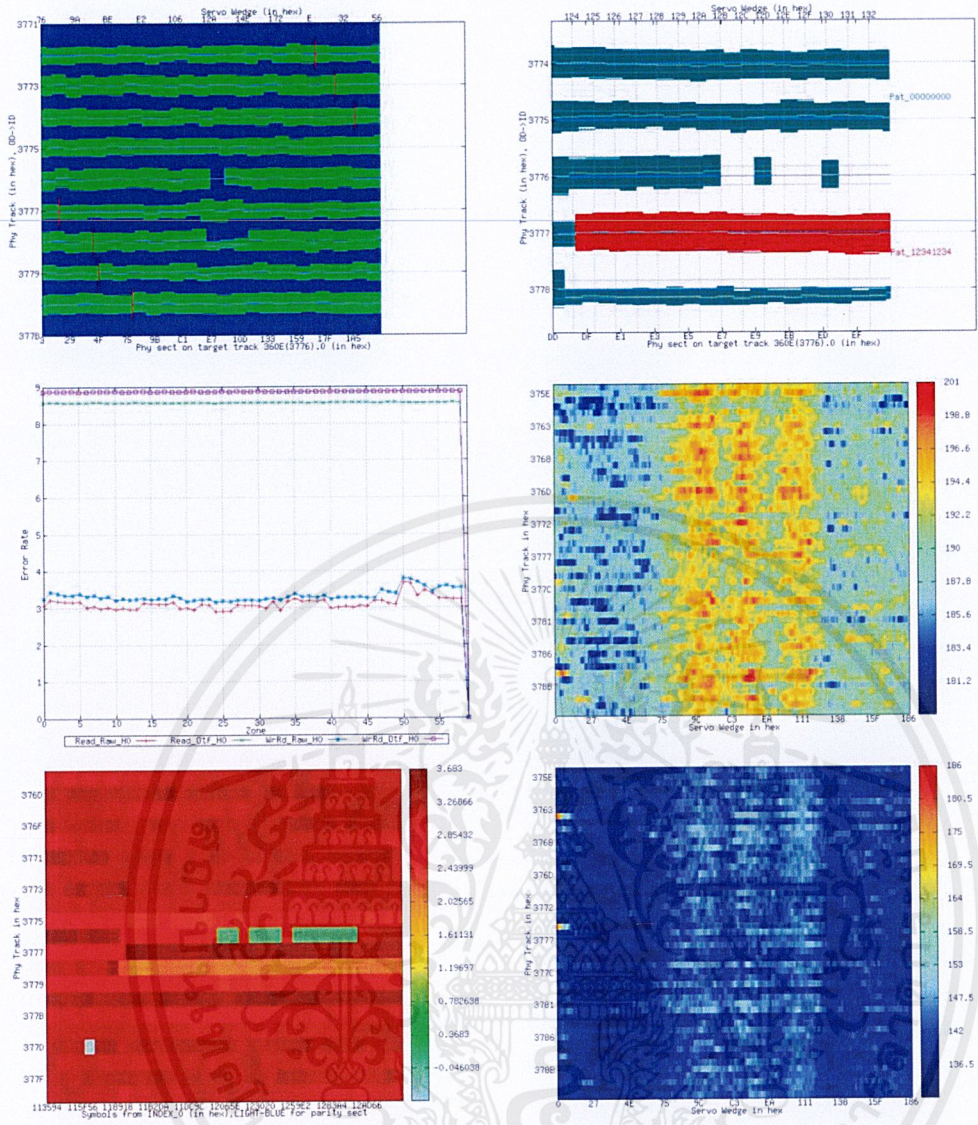
ภาพที่ 3.7 รูปแบบที่ใช้ในการฝึกสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



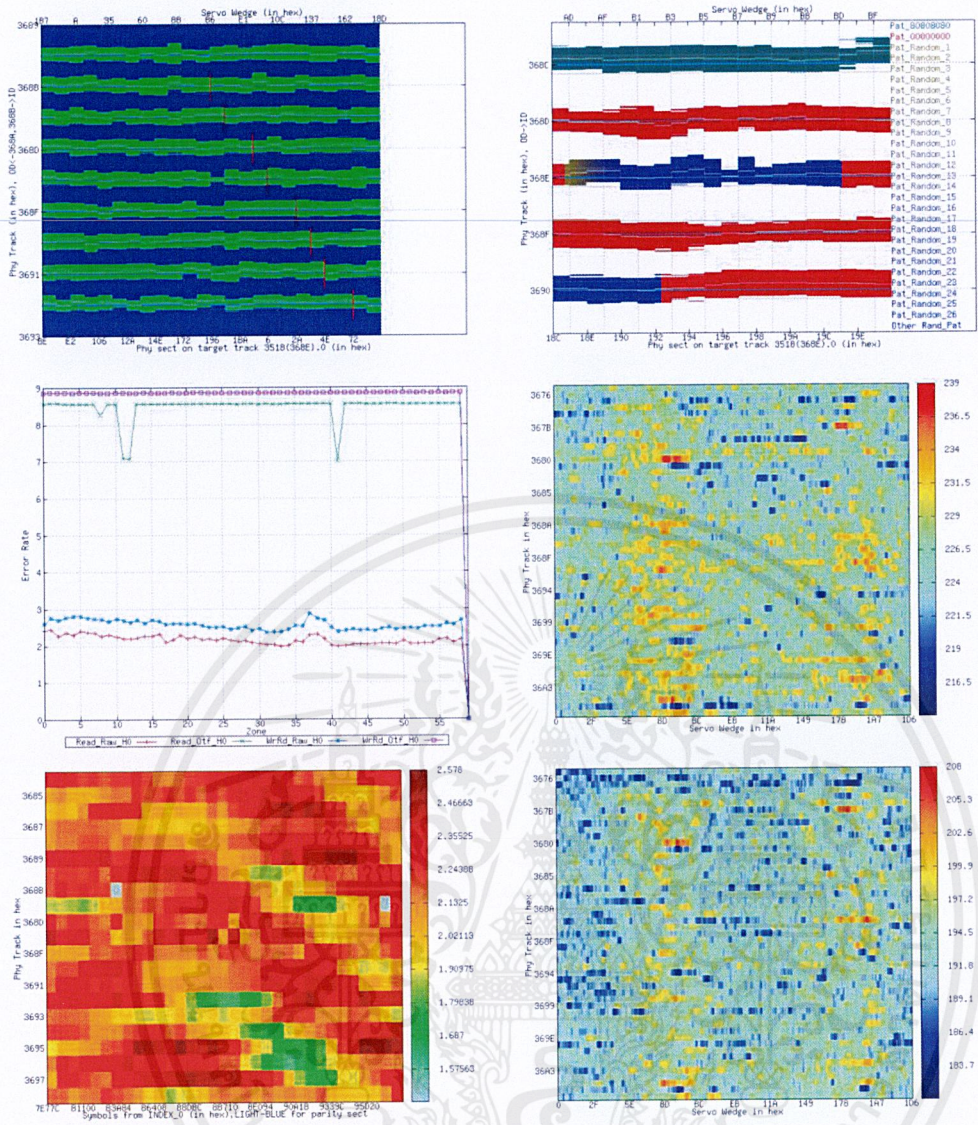
ภาพที่ 3.8 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



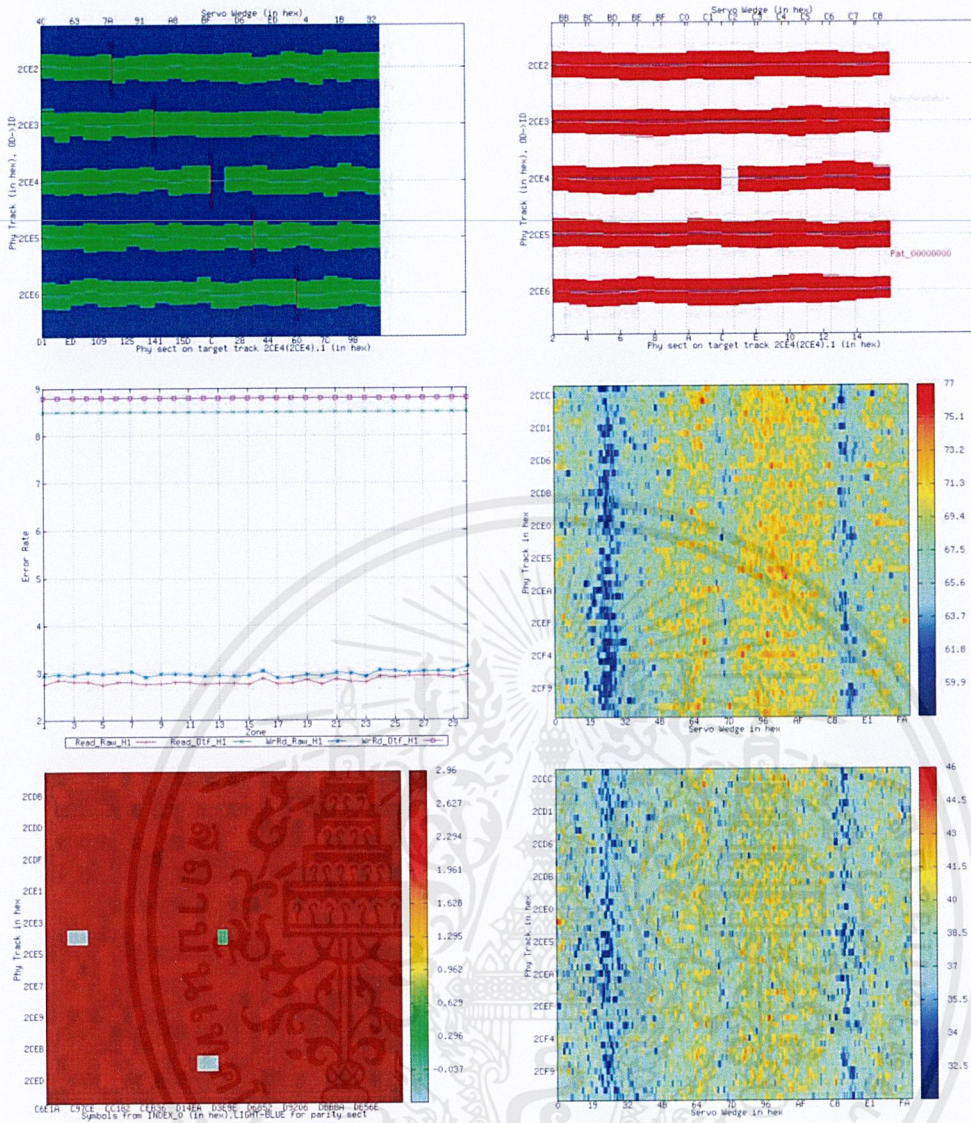
ภาพที่ 3.9 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 ลักษณะของอาการผิดปกติที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างภาพแสดงอาการผิดพลาดอื่น ๆ

3.4 การสร้างแบบจำลองทำนายอาการผิดพลาด

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับการทำการเรียนรู้ของเครื่อง ผู้จัดทำจึงได้มีการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันสำหรับทำนายอาการผิดพลาดหลายๆรูปแบบ ดังต่อไปนี้

3.4.1 รูปแบบที่ 1

รูปแบบที่ 1 นี้เป็นการเลือกนำเอารูปแบบของโครงข่ายคอนโวลูชัน LeNet-5 มาทำการฝึกสอนด้วยข้อมูลที่เตรียมไว้ มีโครงสร้างดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	5x5	128x128
2	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Convolution	Tanh	16	5x5	123x123
4	Average Pooling	Tanh	16	2x2	61x61
5	Convolution	Tanh	120	5x5	57x57
6	Flatten	-	-	-	389880
7	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.2 รูปแบบที่ 2

รูปแบบที่ 2 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เพื่อทดสอบว่าการปรับ Activation linear เพื่อสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างระหว่าง Tanh Activation และ linear Activation ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	6	5x5	128x128
2	Average Pooling	Linear	6	2x2	127x127
3	Convolution	Linear	16	5x5	125x125
4	Average Pooling	Linear	16	2x2	62x62
5	Convolution	Linear	120	5x5	60x60
6	Flatten	-	-	-	432000
7	Fully Connection	Linear	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.3 รูปแบบที่ 3

รูปแบบที่ 3 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เพื่อทดสอบ filter size ของ convolution เพื่อสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างเมื่อใช้ filter size ขนาด 3x3 ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	3x3	128x128
2	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Convolution	Tanh	16	3x3	121x121
4	Average Pooling	Tanh	16	2x2	60x60
5	Convolution	Tanh	120	3x3	54x54
6	Flatten	-	-	-	349920
7	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.4 รูปแบบที่ 4

รูปแบบที่ 4 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เพื่อทดสอบ filter size ของ convolution เพื่อสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างเมื่อใช้ filter size ขนาด 7x7 ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	7x7	128x128
2	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Convolution	Tanh	16	7x7	123x123
4	Average Pooling	Tanh	16	2x2	61x61
5	Convolution	Tanh	120	7x7	57x57
6	Flatten	-	-	-	389880
7	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 รูปแบบที่ 5

รูปแบบที่ 5 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองใช้ Activation LeakyReLU เพิ่มสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างเมื่อใช้ Activation Leaky ReLU ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	5x5	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
4	Convolution	Tanh	16	5x5	123x123
5	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	123x123
6	Average Pooling	Tanh	16	2x2	61x61
7	Convolution	Tanh	120	5x5	57x57
8	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	57x57
9	Flatten	-	-	-	389880
10	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.6 รูปแบบที่ 6

รูปแบบที่ 6 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองใช้ Max Pooling แทน Average Pooling เพื่อสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างเมื่อใช้ Max Pooling และ Average Pooling ซึ่งมี โครงสร้างดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	5x5	128x128
2	Max Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Convolution	Tanh	16	5x5	123x123
4	Max Pooling	Tanh	16	2x2	61x61
5	Convolution	Tanh	120	5x5	57x57
6	Flatten	-	-	-	389880
7	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.7 รูปแบบที่ 7

รูปแบบที่ 7 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองใช้ Global Max Pooling แทน Flatten เพื่อสังเกตผลลัพธ์ความแตกต่างเมื่อใช้ Global Max Pooling และ Flatten ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	5x5	128x128
2	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Convolution	Tanh	16	5x5	123x123
4	Convolution	Tanh	120	5x5	119x119
5	Global Max Pooling	-	-	-	120
6	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.8 รูปแบบที่ 8

รูปแบบที่ 8 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองใช้ Dropout เพื่อสังเกตผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้ Dropout ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Tanh	6	5x5	128x128
2	Average Pooling	Tanh	6	2x2	127x127
3	Dropout (0.25)	-	-	-	127x127
4	Convolution	Tanh	16	5x5	123x123
5	Average Pooling	Tanh	16	2x2	61x61
6	Dropout (0.25)	-	-	-	61x61
7	Convolution	Tanh	120	5x5	57x57
8	Flatten	-	-	-	389880
9	Fully Connection	Tanh	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.9 รูปแบบที่ 9

รูปแบบที่ 9 เป็นการปรับจากรูปแบบที่ 1 เป็นการทดลองใช้ Activation ReLU เพื่อสังเกตผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้ Activation ReLU ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	ReLU	6	5x5	128x128
2	Average Pooling	ReLU	6	2x2	127x127
3	Convolution	ReLU	16	5x5	123x123
4	Average Pooling	ReLU	16	2x2	61x61
5	Convolution	ReLU	120	5x5	57x57
6	Flatten	-	-	-	389880
7	Fully Connection	ReLU	-	-	84
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

3.4.10 รูปแบบที่ 10

รูปแบบที่ 10 เป็นการออกแบบโครงสร้างใหม่จากการทดสอบโครงข่ายก่อนหน้า โดยการใช้ LeakyReLU, Max Pooling และ Dropout ร่วมกันโดยใช้ Global Max Pooling ในการแปลงข้อมูล 3 มิติเป็น 2 มิติ จึงได้ออกแบบโครงข่ายคอนโวลูชันได้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	3x3	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	3x3	62x62
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	62x62
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	31x31
8	Dropout (0.2)	-	-	-	31x31
9	Global Max Pooling	Linear	-	-	196
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.11 รูปแบบที่ 11

รูปแบบที่ 11 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 10 มาเปลี่ยนขนาดของ filter size เป็น 5x5 เพื่อสังเกตความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	5x5	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	5x5	60x60
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	60x60
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	30x30
8	Dropout (0.2)	-	-	-	30x30
9	Global Max Pooling	Linear	-	-	196
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.12 รูปแบบที่ 12

รูปแบบที่ 12 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 10 มาเปลี่ยนขนาดของ filter size เป็น 7x7 เพื่อสังเกตความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	7x7	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	7x7	58x58
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	58x58
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	29x29
8	Dropout (0.2)	-	-	-	29x29
9	Global Max Pooling	Linear	-	-	196
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.13 รูปแบบที่ 13

รูปแบบที่ 13 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 10 แต่ใช้ค่า Dropout ที่ 0.5 เพื่อสังเกตความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	3x3	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.5)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	3x3	62x62
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	62x62
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	31x31
8	Dropout (0.5)	-	-	-	31x31
9	Global Max Pooling	Linear	-	-	196
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.14 รูปแบบที่ 14

รูปแบบที่ 14 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 10 แต่เพิ่ม Dropout เป็น 0.2 เพื่อสังเกตความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งมีโครงสร้างดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	3x3	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	3x3	62x62
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	62x62
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	31x31
8	Dropout (0.2)	-	-	-	31x31
9	Global Max Pooling	Linear	-	-	196
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.2)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.15 รูปแบบที่ 15

รูปแบบที่ 15 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 10 โดยมีการใช้ Flatten แทนการใช้ Global Max Pooling

ตารางที่ 3.15 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	5x5	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	5x5	58x58
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	58x58
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	29x29
8	Dropout (0.2)	-	-	-	29x29
9	Flatten	-	-	-	164836
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.16 รูปแบบที่ 16

รูปแบบที่ 16 เป็นการนำโครงข่ายคอนโวลูชันรูปแบบที่ 15 โดยมีขนาดของ filter size เป็น 3x3

ตารางที่ 3.16 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	3x3	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	3x3	62x62
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	62x62
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	31x31
8	Dropout (0.2)	-	-	-	31x31
9	Flatten	-	-	-	188356
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

หลังจากสร้างโครงสร้างของโครงข่ายคอนโวลูชันแล้ว จึงนำข้อมูลทั้งหมดที่มีนำมาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกสำหรับการฝึกแบบจำลอง 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่สองสำหรับการทดสอบแบบจำลอง 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำข้อมูลส่วนแรกป้อนเข้าไปในโครงข่ายแต่ละแบบที่สร้างไว้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ จากนั้นทำการประเมินแบบจำลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

3.5 การประเมินแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติ

การประเมินผลแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันสำหรับการทำนายอาการผิดปกติ จะใช้ค่าความแม่นยำ (Precision) หมายถึงอัตราส่วนของข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้องต่อข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มของข้อมูลนั้น ๆ และค่าความถูกต้อง (Recall) หมายถึงอัตราส่วนของข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้องต่อข้อมูลทั้งหมดที่ถูกทำนายว่าเป็นกลุ่มของข้อมูลนั้น ๆ โดยมีค่า F1 Score เป็นค่าเฉลี่ย ของค่าความแม่นยำ และความถูกต้อง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Precision = \frac{tp}{tp + fp}$$

$$Recall = \frac{tp}{tp + fn}$$

$$F_1 = \left(\frac{recall^{-1} + precision^{-1}}{2} \right)^{-1}$$

โดยที่ tp คือข้อมูลที่มีผลการทำนายตรงตามข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

fp คือข้อมูลที่มีในข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน แต่ไม่มีการทำนายผล

fn คือข้อมูลที่มีผลการทำนายไม่ตรงตามข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

นอกจากนี้ภาพรวมของการทำนายผลยังสามารถแสดงได้ในรูปแบบของเมทริกซ์แห่งความสับสน (Confusion Matrix) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

ตารางที่ 3.17 ตารางเมทริกซ์แห่งความสับสน

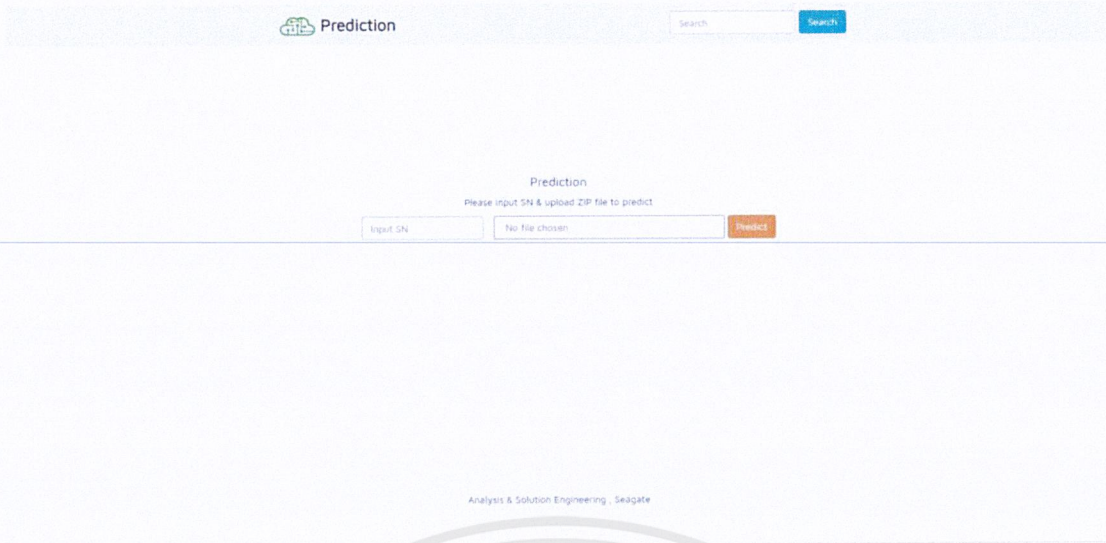
		ตัวอย่างผลการทำนาย	
		กลุ่มข้อมูล ก	กลุ่มข้อมูล ข
ตัวอย่างข้อมูลจริง	กลุ่มข้อมูล ก	Tp	Fn
	กลุ่มข้อมูล ข	fp	tn

3.6 การออกแบบโครงสร้างระบบ

3.6.1 ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

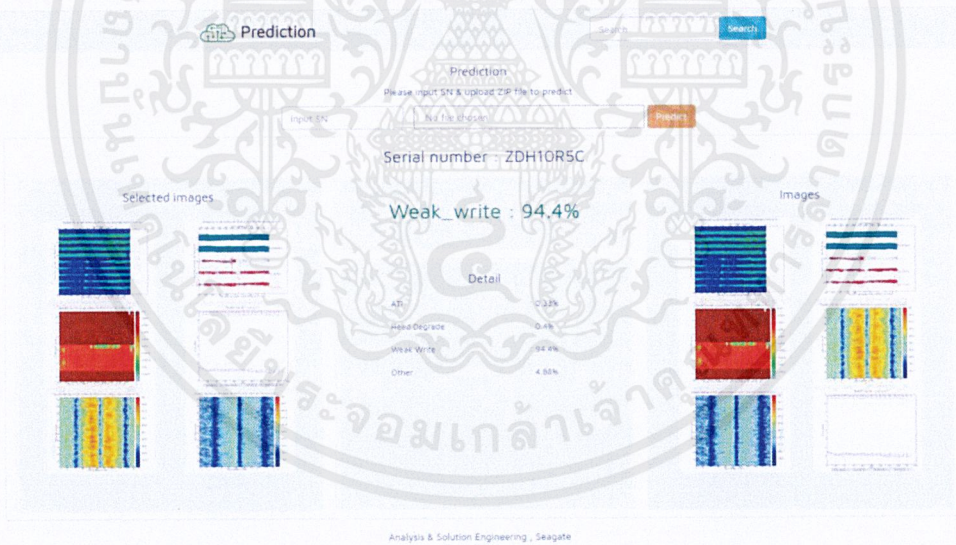
ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน Prediction นั้นประกอบด้วย กระบวนการหลักๆ ได้แก่ จอภาพหลัก และหน้าเว็บสำหรับการแสดงผลการทำนายอาการผิดปกติ รวมถึงหน้าเว็บสำหรับแสดงผลการค้นหาผลการทำนายที่เคยทำนายไปแล้ว ดังนี้

- จอภาพหลัก (Home)



ภาพที่ 3.12 จอภาพหลัก (Home)

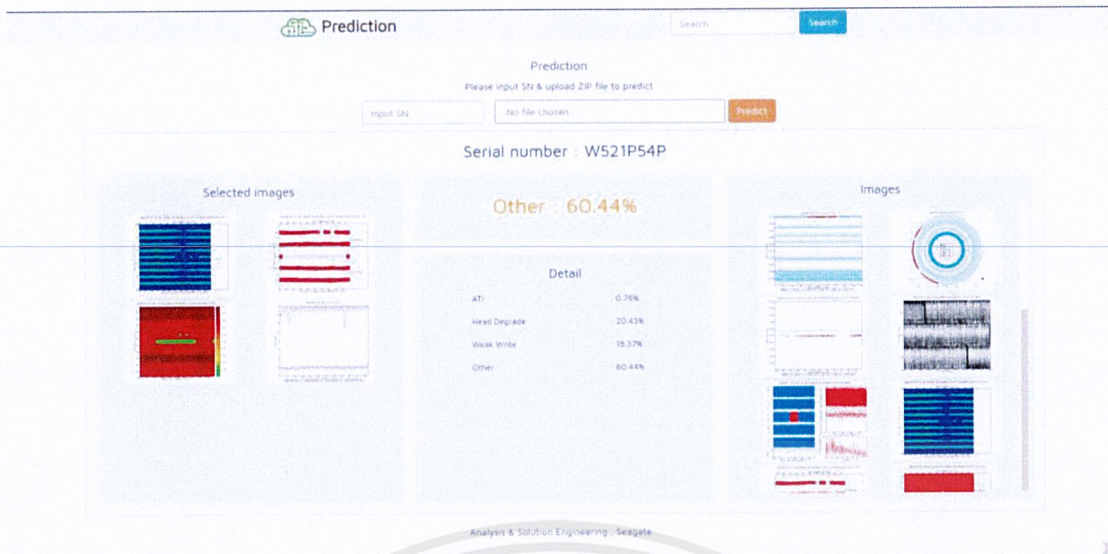
- จอภาพสำหรับแสดงผลการทำนายอาการผิดปกติและแสดงผลการค้นหาลการทำนายที่เคยทำนายไปแล้ว สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง



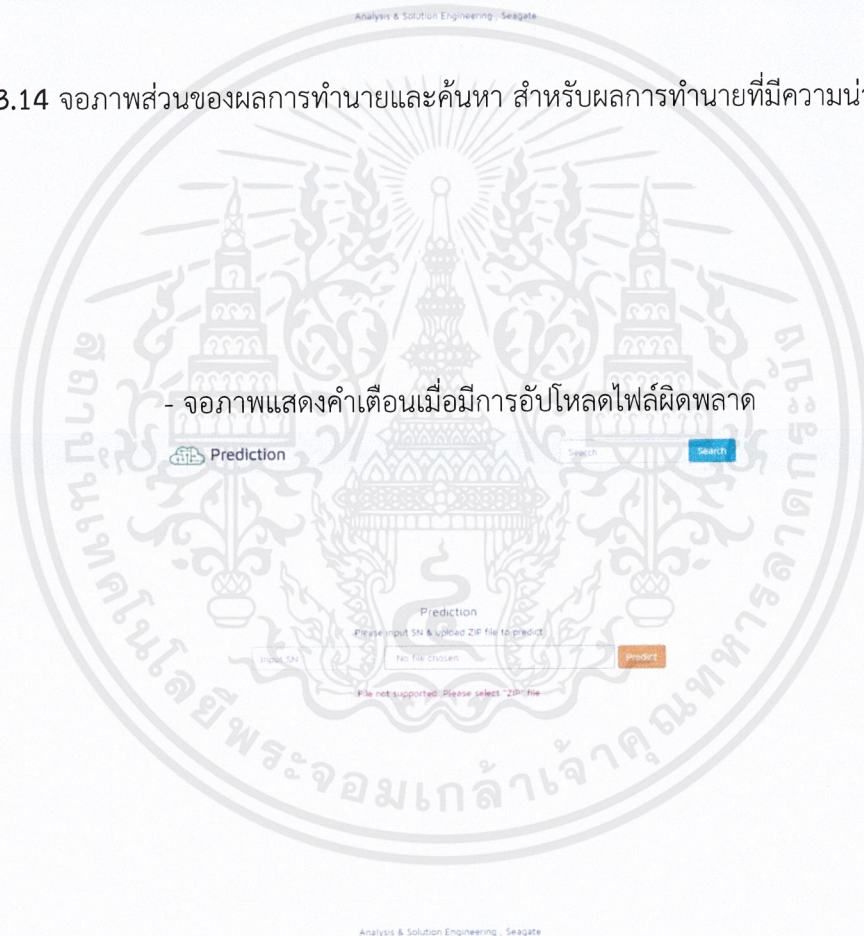
ภาพที่ 3.13 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง

- จอภาพสำหรับแสดงผลการทำนายอาการผิดปกติและแสดงผลการค้นหาลการทำนายที่เคยทำนายไปแล้ว สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ

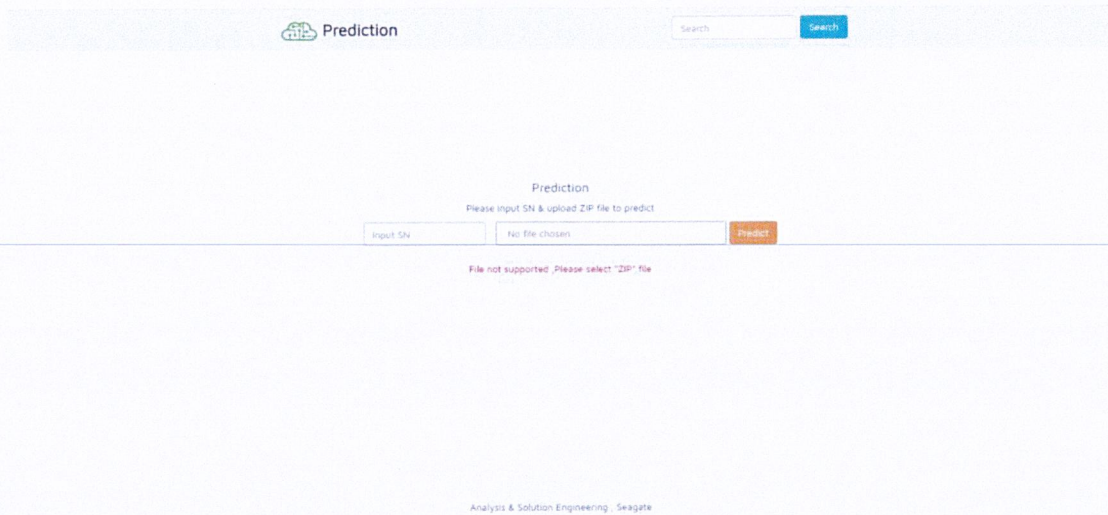


- จอภาพแสดงคำเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด

ภาพที่ 3.15 จอภาพแสดงคำเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด

- จอภาพแสดงคำเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 จอภาพแสดงคำเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา

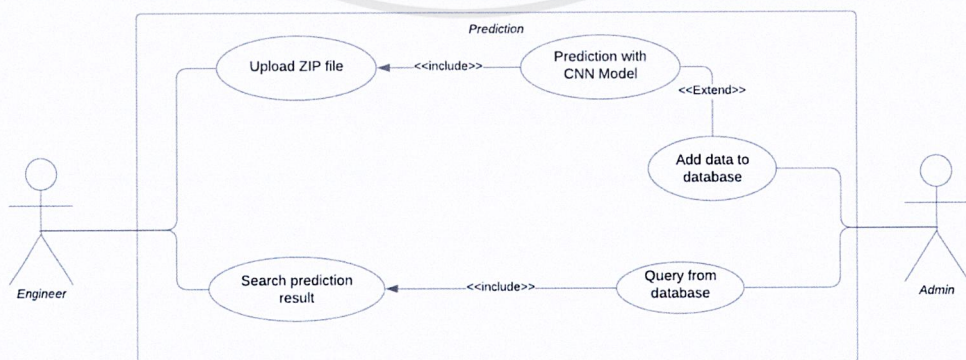
3.6.2 การทำนายผลโดยใช้แบบจำลองทำนายอาการผิดปกติ

หลังจากมีการอัปโหลดไฟล์ และใส่เลขระบุรหัสประจำตัวของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แล้ว จะทำการแตกไฟล์และเลือกรูปภาพที่ใช้ในการทำนายผลด้วยชื่อจากนั้นนำมารวมเป็นภาพเดียวจากนั้นจะใช้โครงข่ายประสาทคอนโวลูชันที่สร้างไว้ทำนายผล แล้วแสดงที่หน้าเว็บตามภาพที่ 3.13 และภาพที่ 3.14

3.7 แผนภาพอธิบายโครงสร้างและการทำงานของระบบ

3.4.1 Use Case Diagrams


โครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ แสดงอยู่ในรูปของแผนภาพยูสเคส (Use case Diagram) ดังภาพที่ 3.16 เพื่อแสดงหน้าที่ที่ระบบจะต้องกระทำทั้งหมด แผนภาพยูสเคสนี้เกิดจากการเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ (Requirement) ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันจะประกอบด้วยยูสเคส ดังนี้



ภาพที่ 3.17 แผนภาพเว็บแอปพลิเคชัน


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 Use Case Upload and Predict

Use Case Title: Upload and Predict
Primary Actor : Engineer
Brief Description : สำหรับ Use Case Upload and Predict ทำหน้าที่ในการรับไฟล์ และรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์ (Serial Number) จากผู้ใช้งานเพื่อนำมาทำนายผล รวมถึงบันทึกไฟล์ที่อัปโหลด และผลการทำนายลงในฐานข้อมูลตามโดเมนทอรี่ที่ระบบทำการสร้างขึ้นตามรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Serial Number) โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกทั้งเลขรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ และเลือกไฟล์ที่จะอัปโหลด โดยไฟล์ดังกล่าวจะต้องเป็นไฟล์นามสกุล ZIP เท่านั้น
Related Use Case: -
Main Success Scenario: <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ใช้กรอกเลขรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 2. ผู้ใช้เลือกไฟล์ประเภท ZIP เพื่ออัปโหลด 3. ผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม  เพื่อดูผลการทำนายและบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในฐานข้อมูล
Extensions: <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ใช้ไม่สามารถอัปโหลดไฟล์อื่นนอกจากไฟล์ประเภท ZIP ได้ <ol style="list-style-type: none"> 1) ระบบจะแสดงจอภาพหลัก พร้อมแสดงข้อความให้อัปโหลดไฟล์ประเภท ZIP เท่านั้น 2. ผู้ใช้ไม่กรอกข้อมูลรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ <ol style="list-style-type: none"> 1) ระบบจะแสดงจอภาพหลัก พร้อมแสดงข้อความให้กรอกข้อมูลรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 3. ผู้ใช้ไม่เลือกไฟล์สำหรับอัปโหลด <ol style="list-style-type: none"> 1) ระบบจะแสดงจอภาพหลัก พร้อมแสดงข้อความให้เลือกไฟล์สำหรับการอัปโหลด และเป็นไฟล์ประเภท ZIP เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 Use Case Search

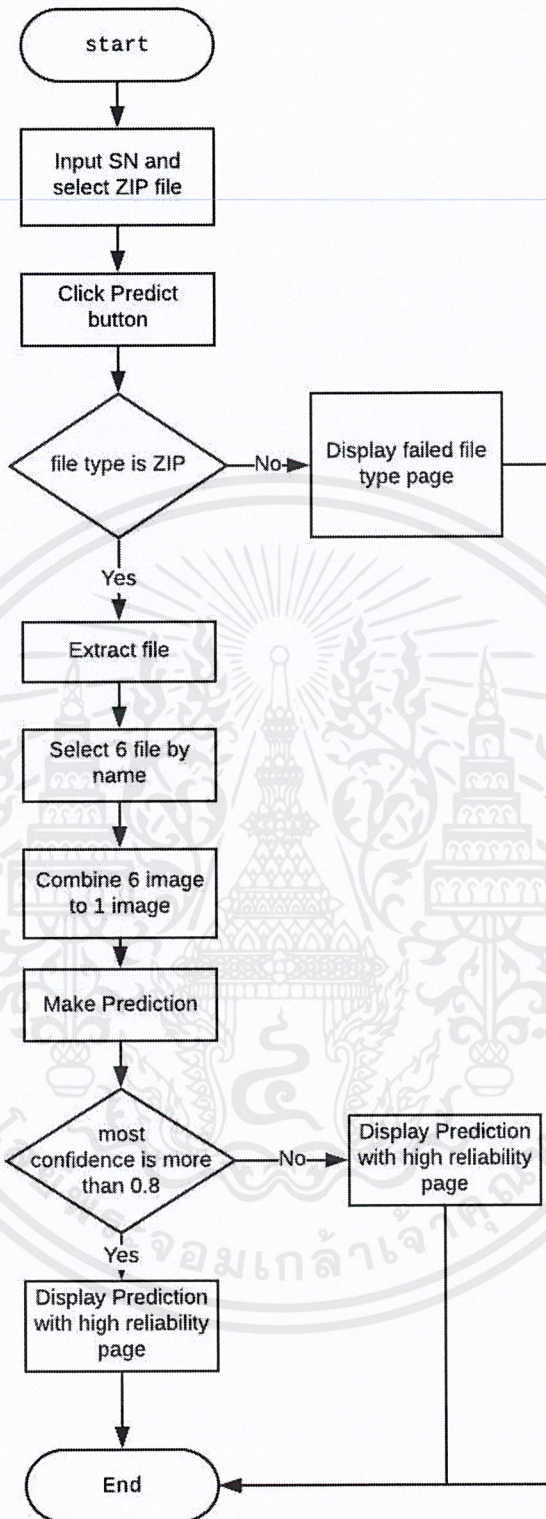
Use Case Title: Search
Primary Actor : Engineer
Brief Description : <p>สำหรับ Use Case Search ทำหน้าที่ในการค้นหาผลการทำนาย และภาพที่เคยอัปโหลดเข้ามายังฐานข้อมูล โดยจะให้ผู้ใช้กรอกรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูล จากนั้นแสดงข้อมูลที่ใช้ในการทำนาย รวมถึงผลของการทำนาย</p>
Related Use Case: -
Main Success Scenario: <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้ใช้กรอกเลขรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 2. ผู้ใช้เลือกคลิกที่ปุ่ม  เพื่อดูผลการทำนายและข้อมูลที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูล
Extensions: <ol style="list-style-type: none"> 1. รหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผู้ใช้ค้นหาไม่มีในฐานข้อมูล <ol style="list-style-type: none"> 1) ระบบจะแสดงจอภาพหลัก พร้อมแสดงข้อความไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล 2. ผู้ใช้ไม่กรอกข้อมูลรหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ <ol style="list-style-type: none"> 1) ระบบจะแสดงจอภาพหลัก

3.4.2 การวิเคราะห์ระบบและแผนผังกระบวนการทำงาน (Flowchart)

ระบบทั้งหมดสามารถวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ตามแผนภาพยูสเคส (Use case diagram) และตารางยูสเคสทั้งหมด ดังนี้

1. ฟังก์ชันการทำงาน Upload and Predict

ฟังก์ชันการทำงาน Upload and Predict มีแผนผังการทำงาน (Flowchart) ดังนี้

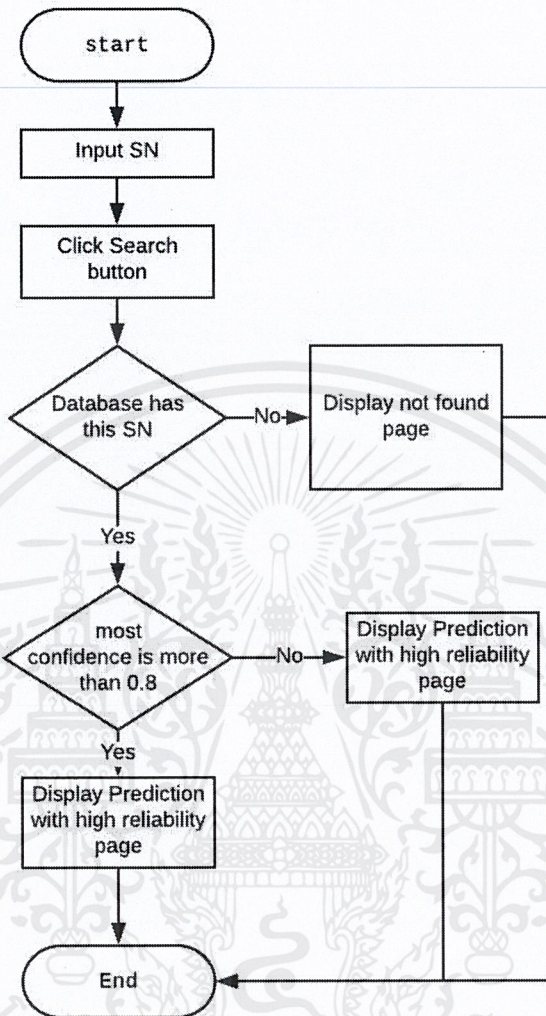


ภาพที่ 3.17 การทำงานของฟังก์ชัน Upload and Prediction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฟังก์ชันการทำงาน Search

ฟังก์ชันการทำงาน Search มีแผนผังการทำงาน (Flowchart) ดังนี้



ภาพที่ 3.18 การทำงานของฟังก์ชัน Search

3.4.3 โครงสร้างฐานข้อมูล

เว็บแอปพลิเคชัน Prediction Failure Mode มีการเก็บข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีการอัปเดตข้อมูล และทำนายผลเรียบร้อยแล้ว โดยมีการเก็บข้อมูลในตารางที่มีชื่อว่า Prediction เพียงตารางเดียว ดังนี้

ตารางที่ 3.20 รายละเอียดข้อมูลในตาราง Prediction

Field	Key	Datatype	Description
sn	PK	char	รหัสประจำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
address		char	ตำแหน่งที่เก็บข้อมูลที่ถูกอัปเดต
max_score		float	ค่า Confidence ที่มากที่สุดในการทำนาย
class_1		float	ค่า Confidence สำหรับผลการทำนายว่าเป็นอาการผิดปกติที่ 1
class_2		float	ค่า Confidence สำหรับผลการทำนายว่าเป็นอาการผิดปกติที่ 2
class_3		float	ค่า Confidence สำหรับผลการทำนายว่าเป็นอาการผิดปกติที่ 3
class_4		float	ค่า Confidence สำหรับผลการทำนายว่าเป็นอาการผิดปกติที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

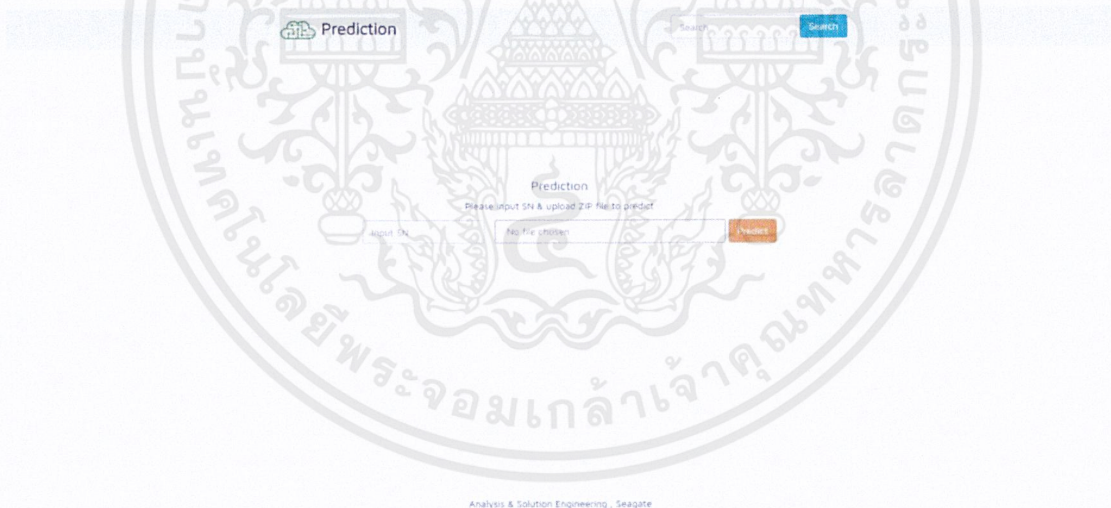
ผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน Predict Failure mode ประกอบด้วยการพัฒนา 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน และส่วนของแบบจำลองทำนายผลอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ ซึ่งในส่วนของแบบจำลองทำนายผลอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์นั้นได้มีการทดลองสร้างแบบจำลองด้วยโครงข่ายประสาทคอนโวลูชันหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำมากที่สุด

4.1 การออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Predict Failure mode

ในส่วนของการพัฒนาหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Predict Failure mode นั้น สามารถพัฒนาออกมาได้ตามการออกแบบ โดยคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน พัฒนาโดยใช้ภาษา Python และ HTML มีการใช้ ProgreSQL เป็นเครื่องมือในการสร้างฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังมีการใช้เครื่องมือ Flask และ Bootstrap ในการพัฒนา ซึ่งได้ผลลัพธ์ ดังนี้

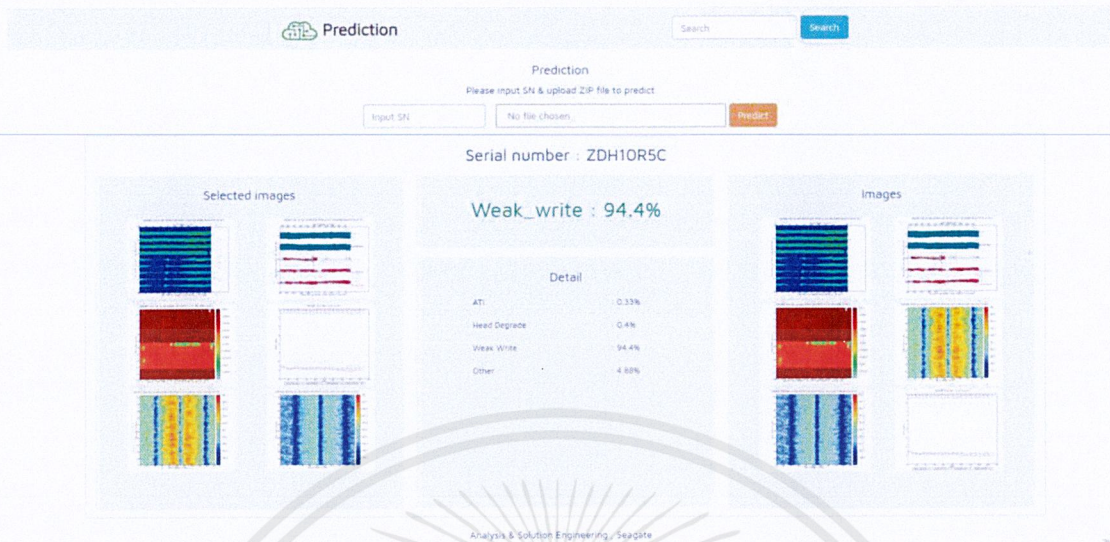
- จอภาพหลัก (Home)



ภาพที่ 4.1 จอภาพหลัก (Home)

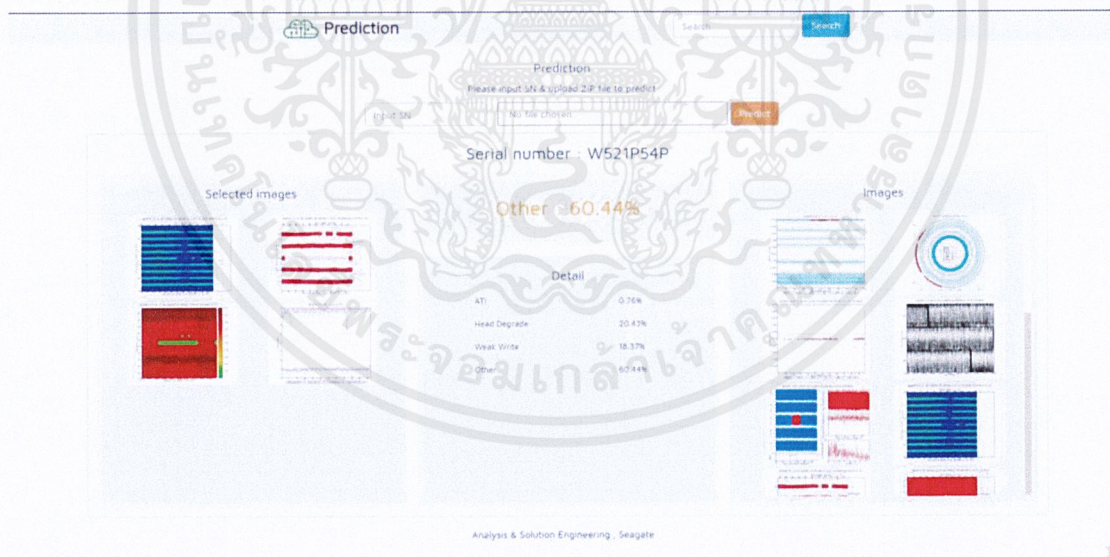
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จอภาพสำหรับแสดงผลการทำนายอาการผิดปกติและแสดงผลการค้นหาลการทำนายที่เคยทำนายไปแล้ว สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง



ภาพที่ 4.2 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือสูง

- จอภาพสำหรับแสดงผลการทำนายอาการผิดปกติและแสดงผลการค้นหาลการทำนายที่เคยทำนายไปแล้ว สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ



ภาพที่ 4.3 จอภาพส่วนของผลการทำนายและค้นหา สำหรับผลการทำนายที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จอภาพแสดงค่าเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด



ภาพที่ 4.4 จอภาพแสดงค่าเตือนเมื่อมีการอัปโหลดไฟล์ผิดพลาด

- จอภาพแสดงค่าเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา



ภาพที่ 4.5 จอภาพแสดงค่าเตือนไม่พบข้อมูล Serial number ที่ค้นหา

4.2 การพัฒนาแบบจำลองทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์

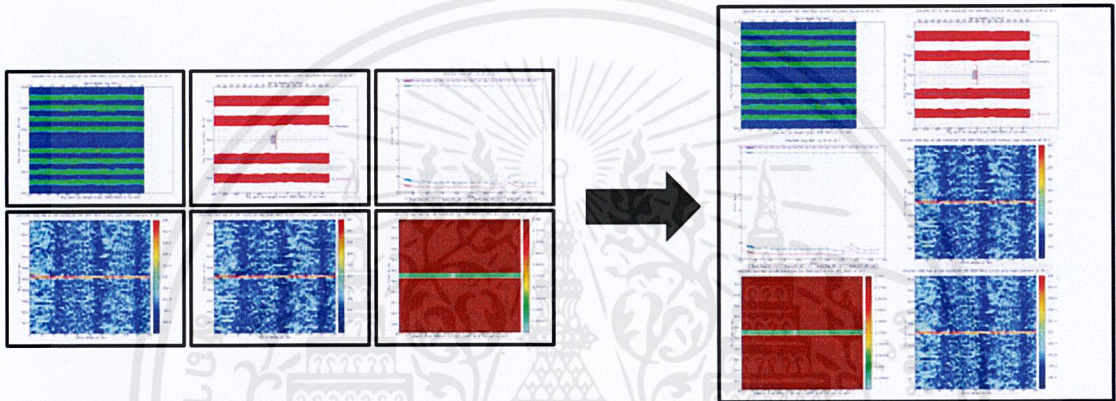
4.2.1 การเตรียมข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลองทำนายอาการผิดปกตินี้ พัฒนาด้วยข้อมูลชุดเดียวกัน มีจำนวนของข้อมูลทั้งหมด 9839 ชุด โดยมีการแบ่งชุดข้อมูลเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก 90 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับการสอนแบบจำลอง และส่วนที่สอง 10 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับการทดสอบแบบจำลอง นอกจากนี้ยังมีการเตรียมข้อมูลเพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองอีกครั้งจำนวน 1272 ภาพ ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนที่แบบจำลองจะไม่เคยถูกสอนหรือทดสอบมาก่อน เพื่อให้วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบนี้ เป็นชุดข้อมูลที่ได้มาจากเครื่องจักรทดสอบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ โดยข้อมูลแต่ละชุดมีจำนวนภาพที่ใช้ในการสอนและทดสอบแบบจำลองไม่เท่ากัน เนื่องจากฮาร์ดดิสก์แต่ละประเภทมีการทดสอบการทำงานต่างกัน จึงต้องให้แบบจำลองมีการเรียนรู้ทั้งชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยภาพที่จำเป็นทั้งหมด และชุดข้อมูลที่มีภาพที่จำเป็นแค่บางส่วน

ในการจำแนกอาการผิดปกติทั้ง 3 ชนิดนั้น ในการทำงานของวิศวกร จะวิเคราะห์จากภาพที่ได้จากการเครื่องจักรทดสอบการทำงานของฮาร์ดดิสก์ 6 ภาพร่วมกัน ข้อมูลที่นำมาสอนและทดสอบแบบจำลอง จึงเป็นภาพที่ได้จากการรวมภาพทั้ง 6 เป็นภาพเดียวกัน โดยมีการกำหนดตำแหน่งของภาพอย่างชัดเจนว่า ภาพที่ได้จากการทดสอบแต่ละประเภทอยู่ในตำแหน่งใด และเพิ่มพื้นที่ด้านข้างเพื่อให้ภาพที่ได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสำหรับใช้ในการสอนและทดสอบแบบจำลอง



ภาพที่ 4.6 การเตรียมข้อมูลโดยการรวมภาพจากการทดสอบทั้ง 6 ภาพเป็นภาพเดียว

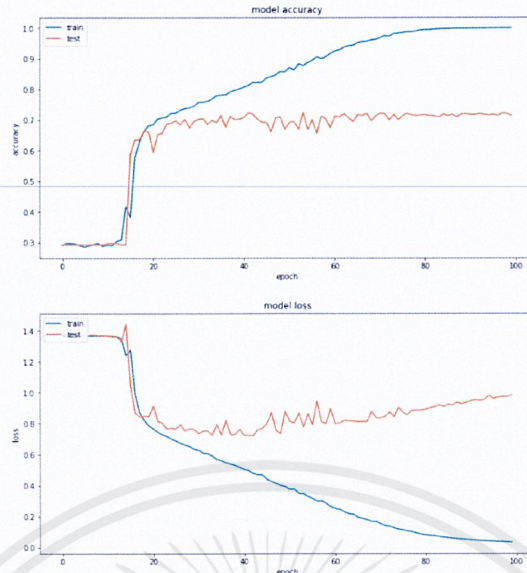
4.2.2 การสอนแบบจำลอง

ในการสอนแบบจำลองโดยใช้โครงข่ายคอนโวลูชันที่ออกแบบไว้ทั้ง 8 รูปแบบ จะใช้ข้อมูลชุดเดิมชุดเดียวกัน เพื่อตัดปัจจัยของข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองต่างกันออกไป หลังจากทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น ชุดข้อมูลสำหรับสอน และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบแล้ว ก็จะมีการสร้างโครงข่ายคอนโวลูชันทั้ง 8 รูปแบบขึ้น แล้วให้แต่ละโครงข่ายเรียนรู้จากชุดข้อมูลสำหรับสอน โดยโครงข่ายทั้งหมดจะใช้ขนาดกลุ่มข้อมูล (Batch Size) เป็น 128 ภาพ และกำหนดจำนวนรอบก่อนให้มีการเรียนรู้หรือการสอน (Epoch) เท่ากับ 100

4.2.3 การทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองนี้เป็นการนำเอาชุดข้อมูลที่แบ่งออกมาจากข้อมูลชุดแรก 10% เพื่อทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ซึ่งผลการทดสอบจะสังเกตได้จากค่าความแม่นยำ ค่าความถูกต้อง รวมถึงสังเกตจากเมตริกแห่งความสับสน ดังนี้

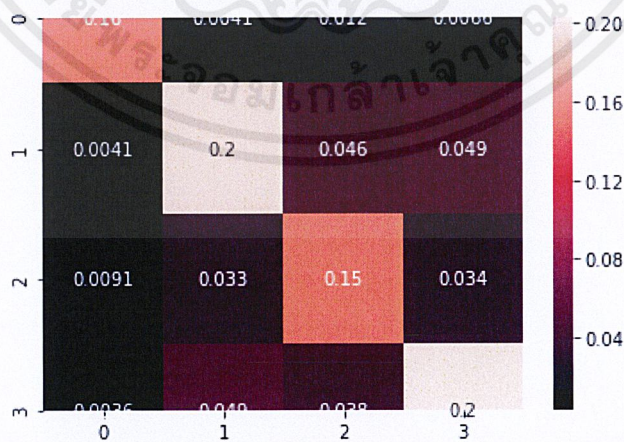
1. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 4.7 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.87	0.89	355
1	0.70	0.67	0.68	585
2	0.62	0.67	0.64	452
3	0.70	0.69	0.69	576
accuracy			0.71	1968
macro avg	0.73	0.73	0.73	1968
weighted avg	0.72	0.71	0.71	1968

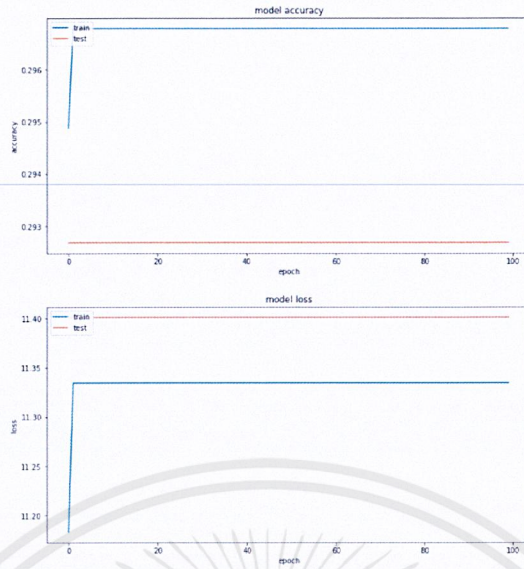
ภาพที่ 4.8 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1



ภาพที่ 4.9 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

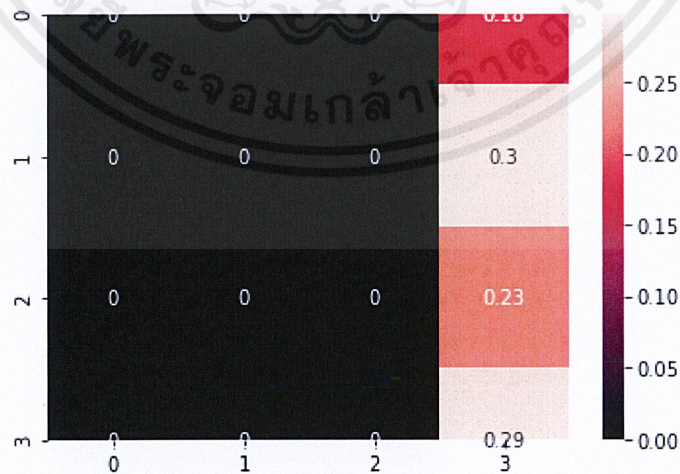
2. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 4.10 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลอง ที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2

	precision	recall	f1-score	support
0	0.00	0.00	0.00	355
1	0.00	0.00	0.00	585
2	0.00	0.00	0.00	452
3	0.29	1.00	0.45	576
accuracy			0.29	1968
macro avg	0.07	0.25	0.11	1968
weighted avg	0.09	0.29	0.13	1968

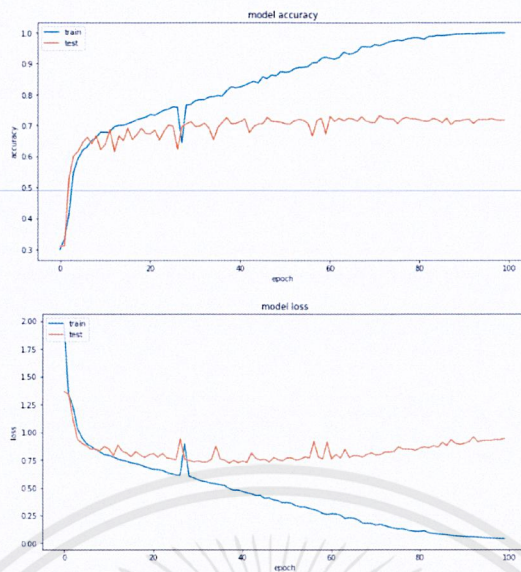
ภาพที่ 4.11 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2



ภาพที่ 4.12 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

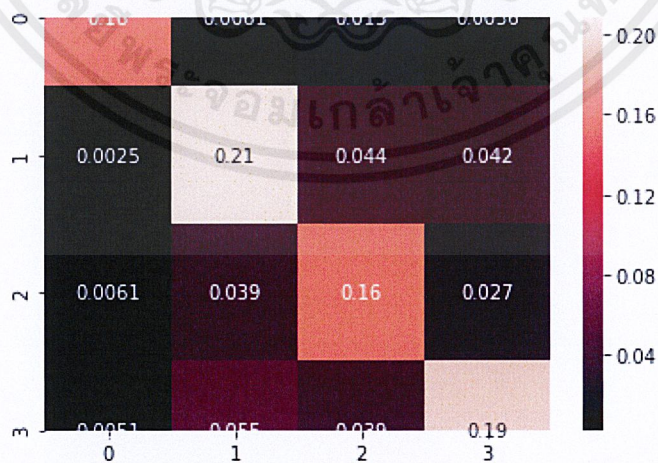
3. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3



ภาพที่ 4.13 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3

	precision	recall	f1-score	support
0	0.92	0.87	0.90	355
1	0.68	0.70	0.69	585
2	0.62	0.69	0.65	452
3	0.73	0.66	0.69	576
accuracy			0.72	1968
macro avg	0.74	0.73	0.73	1968
weighted avg	0.72	0.72	0.72	1968

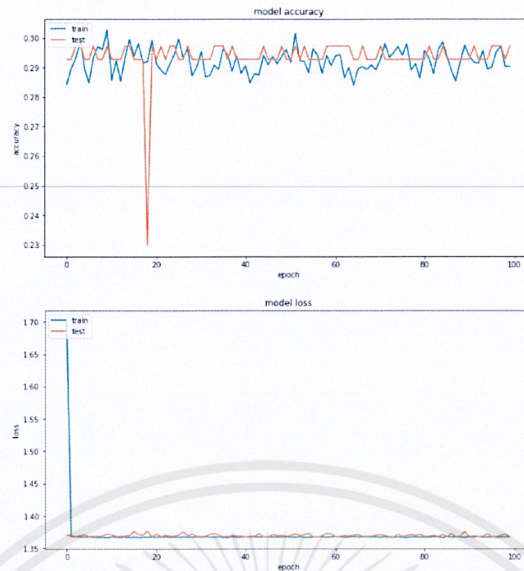
ภาพที่ 4.14 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3



ภาพที่ 4.15 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

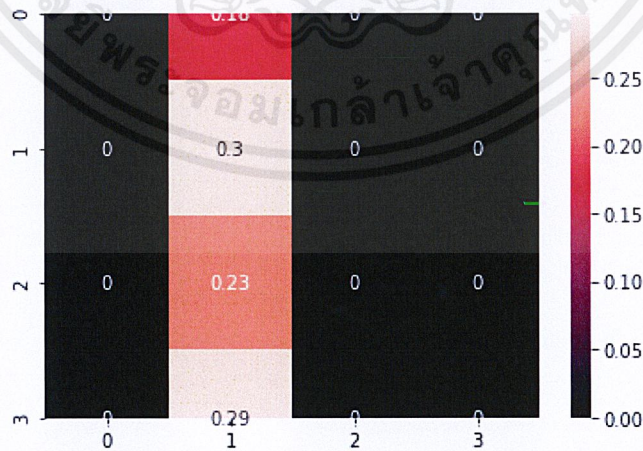
4. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4



ภาพที่ 4.16 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลอง ที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4

	precision	recall	f1-score	support
0	0.00	0.00	0.00	355
1	0.30	1.00	0.46	585
2	0.00	0.00	0.00	452
3	0.00	0.00	0.00	576
accuracy			0.30	1968
macro avg	0.07	0.25	0.11	1968
weighted avg	0.09	0.30	0.14	1968

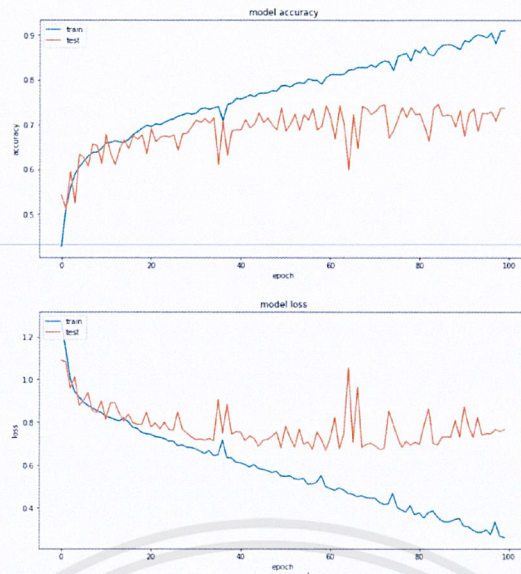
ภาพที่ 4.17 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4



ภาพที่ 4.18 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 4

5. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลอง
ที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.91	0.90	355
1	0.66	0.80	0.73	585
2	0.74	0.53	0.62	452
3	0.72	0.73	0.72	576
accuracy			0.74	1968
macro avg	0.76	0.74	0.74	1968
weighted avg	0.74	0.74	0.73	1968

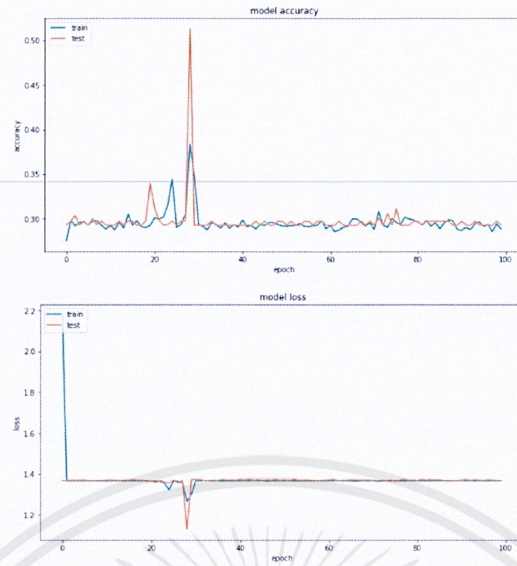
ภาพที่ 4.20 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5



ภาพที่ 4.21 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

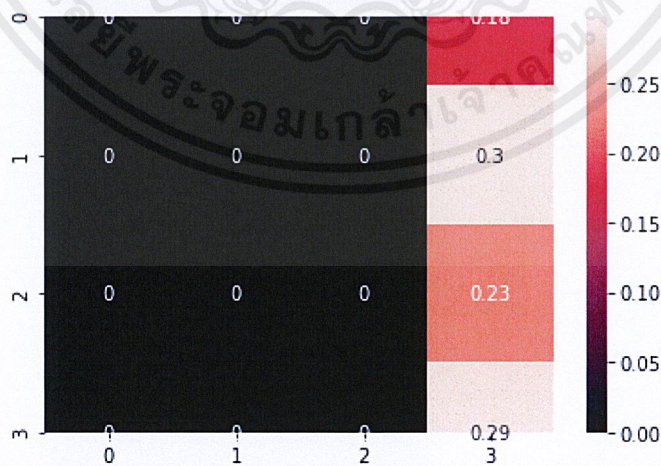
6. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6



ภาพที่ 4.22 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6

	precision	recall	f1-score	support
0	0.00	0.00	0.00	355
1	0.00	0.00	0.00	585
2	0.00	0.00	0.00	452
3	0.29	1.00	0.45	576
accuracy			0.29	1968
macro avg	0.07	0.25	0.11	1968
weighted avg	0.09	0.29	0.13	1968

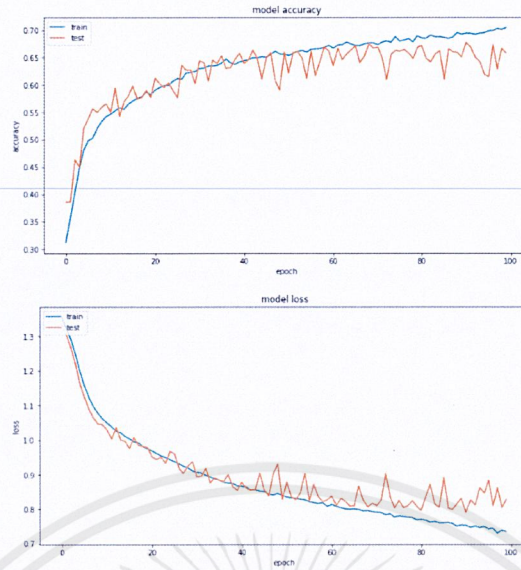
ภาพที่ 4.23 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6



ภาพที่ 4.24 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

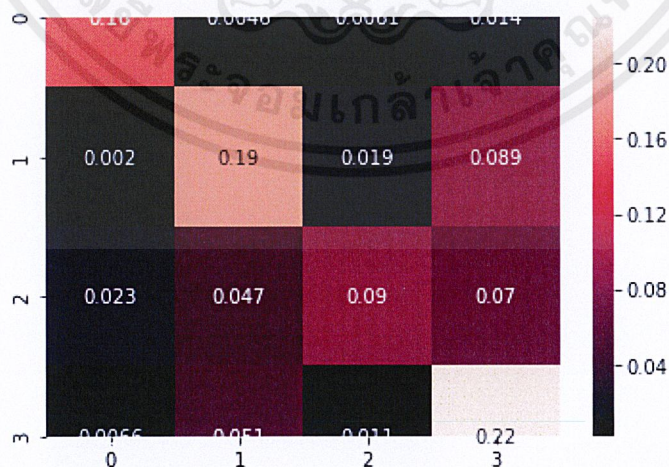
7. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7



ภาพที่ 4.25 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7

	precision	recall	f1-score	support
0	0.83	0.86	0.85	355
1	0.65	0.63	0.64	585
2	0.72	0.39	0.51	452
3	0.57	0.77	0.65	576
accuracy			0.66	1968
macro avg	0.69	0.66	0.66	1968
weighted avg	0.67	0.66	0.65	1968

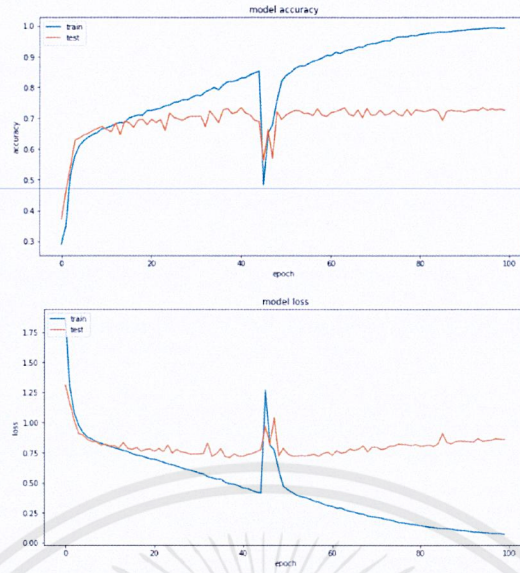
ภาพที่ 4.26 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7



ภาพที่ 4.27 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

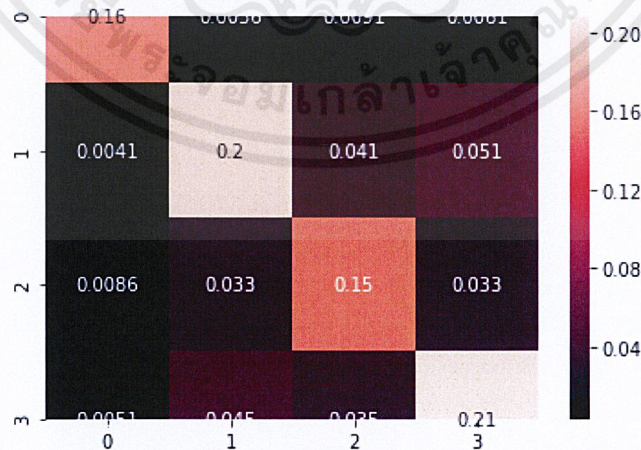
8. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8



ภาพที่ 4.28 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลอง ที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.90	0.90	355
1	0.71	0.68	0.69	585
2	0.65	0.67	0.66	452
3	0.70	0.71	0.70	576
accuracy			0.73	1968
macro avg	0.74	0.74	0.74	1968
weighted avg	0.73	0.73	0.73	1968

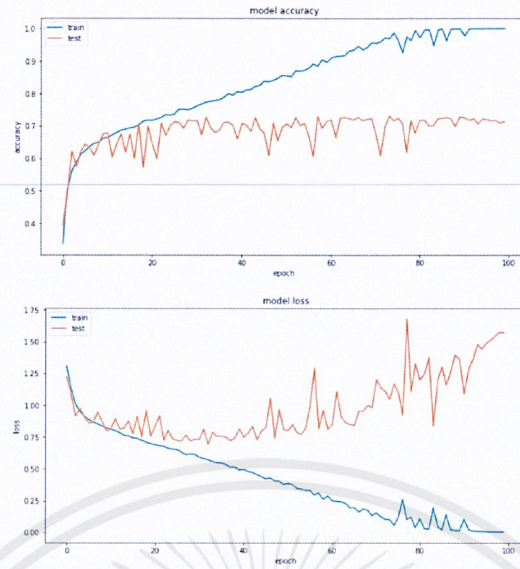
ภาพที่ 4.29 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8



ภาพที่ 4.30 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

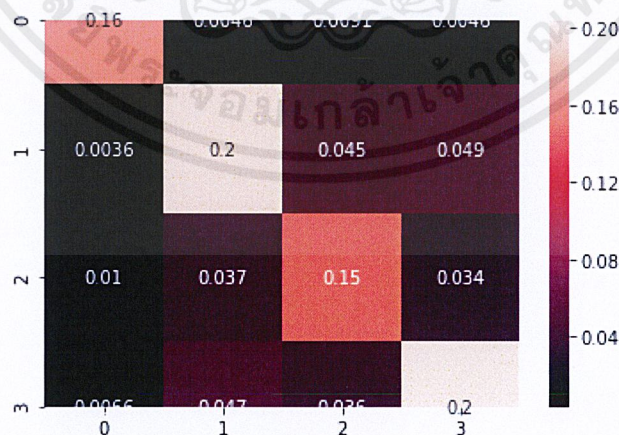
9. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9



ภาพที่ 4.31 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9

	precision	recall	f1-score	support
0	0.89	0.90	0.89	355
1	0.69	0.67	0.68	585
2	0.62	0.65	0.64	452
3	0.70	0.70	0.70	576
accuracy			0.71	1968
macro avg	0.73	0.73	0.73	1968
weighted avg	0.71	0.71	0.71	1968

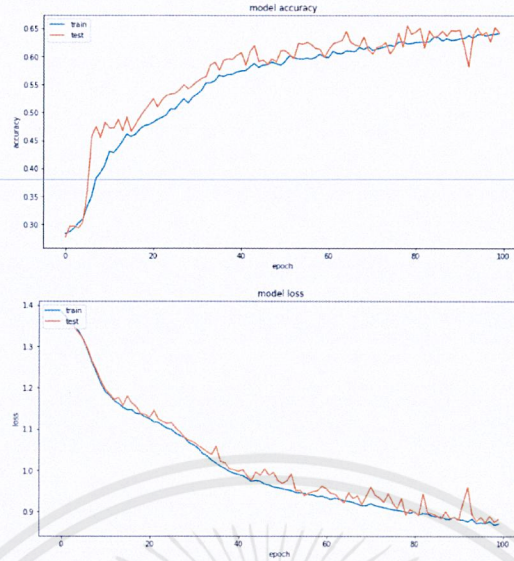
ภาพที่ 4.32 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9



ภาพที่ 4.33 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

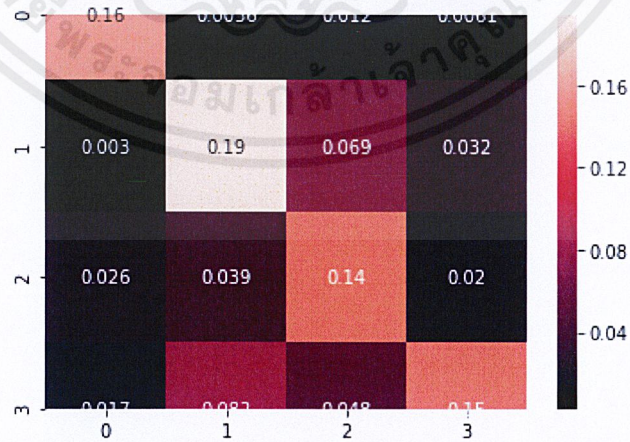
10. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10



ภาพที่ 4.34 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10

	precision	recall	f1-score	support
0	0.77	0.88	0.82	355
1	0.61	0.65	0.63	585
2	0.53	0.63	0.57	452
3	0.71	0.50	0.59	576
accuracy			0.64	1968
macro avg	0.66	0.66	0.65	1968
weighted avg	0.65	0.64	0.64	1968

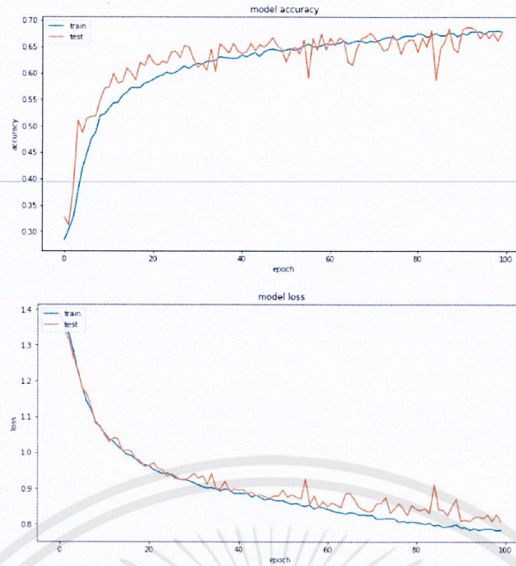
ภาพที่ 4.35 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10



ภาพที่ 4.36 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

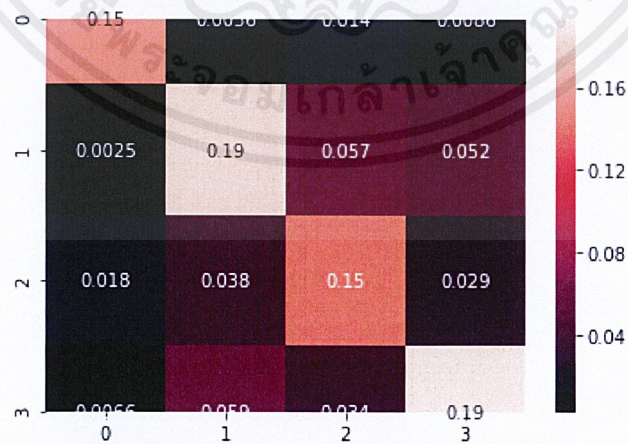
11. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11



ภาพที่ 4.37 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11

	precision	recall	f1-score	support
0	0.85	0.85	0.85	355
1	0.65	0.62	0.64	585
2	0.58	0.63	0.60	452
3	0.68	0.66	0.67	576
accuracy			0.68	1968
macro avg	0.69	0.69	0.69	1968
weighted avg	0.68	0.68	0.68	1968

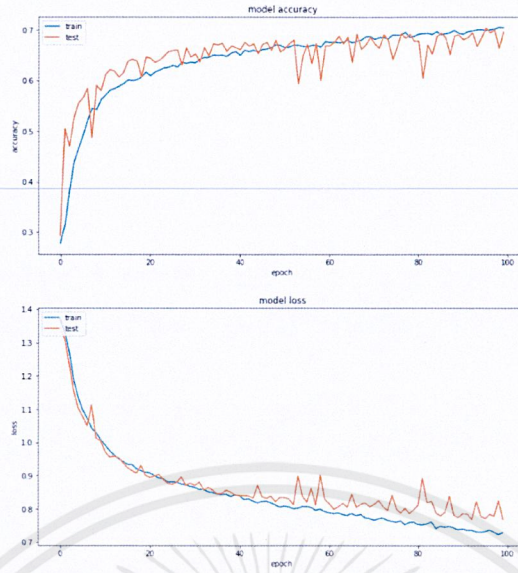
ภาพที่ 4.38 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11



ภาพที่ 4.39 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

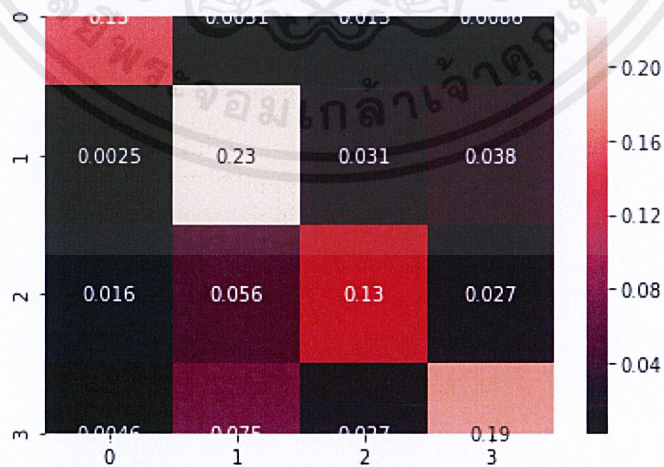
12. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12



ภาพที่ 4.40 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12

	precision	recall	f1-score	support
0	0.87	0.85	0.86	355
1	0.62	0.76	0.69	585
2	0.65	0.57	0.61	452
3	0.72	0.64	0.67	576
accuracy			0.70	1968
macro avg	0.72	0.70	0.71	1968
weighted avg	0.70	0.70	0.70	1968

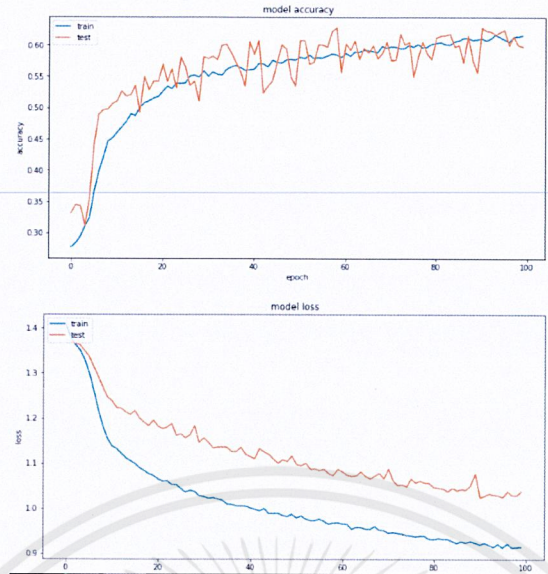
ภาพที่ 4.41 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12



ภาพที่ 4.42 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

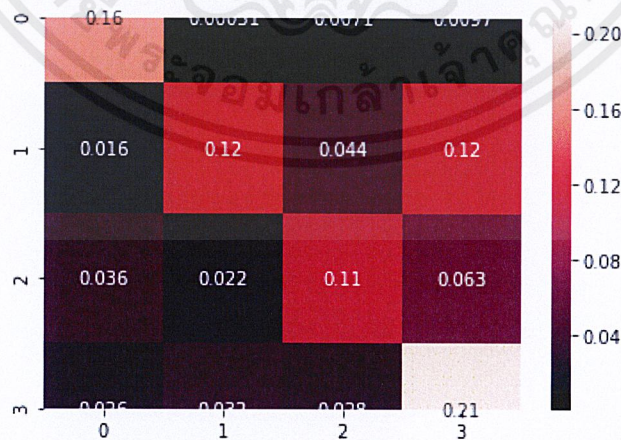
13. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13



ภาพที่ 4.43 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13

	precision	recall	f1-score	support
0	0.68	0.90	0.77	355
1	0.69	0.40	0.51	585
2	0.58	0.47	0.52	452
3	0.52	0.71	0.60	576
accuracy			0.60	1968
macro avg	0.62	0.62	0.60	1968
weighted avg	0.61	0.60	0.59	1968

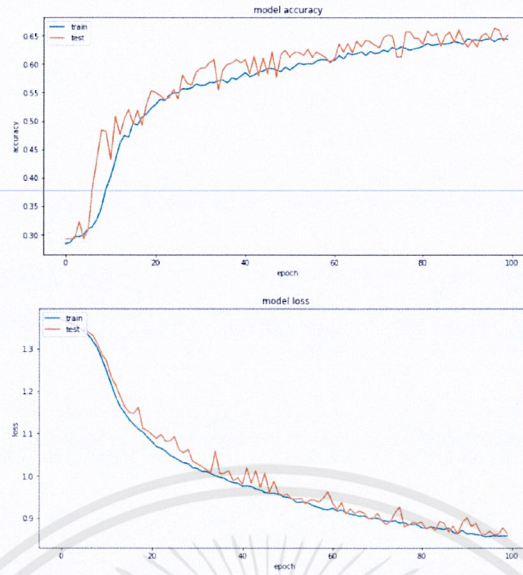
ภาพที่ 4.44 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13



ภาพที่ 4.45 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

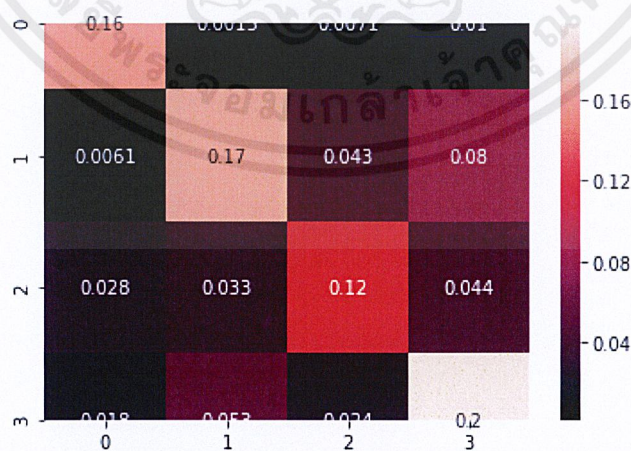
14. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14



ภาพที่ 4.46 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14

	precision	recall	f1-score	support
0	0.76	0.90	0.82	355
1	0.66	0.57	0.61	585
2	0.63	0.54	0.58	452
3	0.60	0.68	0.63	576
accuracy			0.65	1968
macro avg	0.66	0.67	0.66	1968
weighted avg	0.65	0.65	0.65	1968

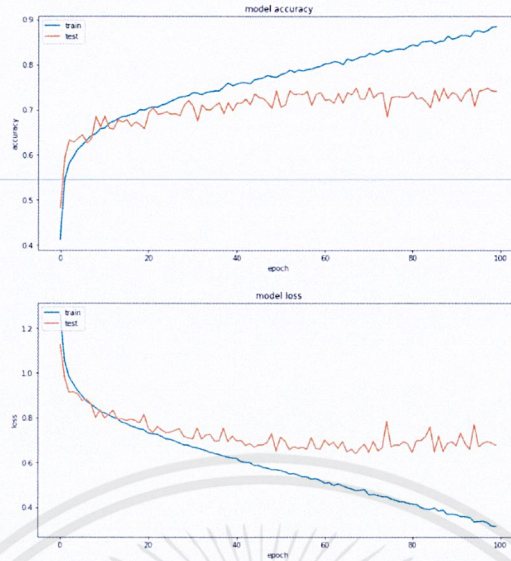
ภาพที่ 4.47 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14



ภาพที่ 4.48 เมทริกซ์แห่งความสัมพันธ์ของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

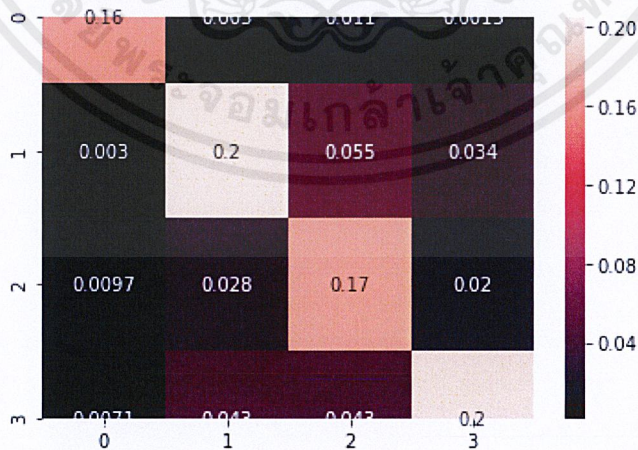
15. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15



ภาพที่ 4.49 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

	precision	recall	f1-score	support
0	0.89	0.91	0.90	355
1	0.73	0.69	0.71	585
2	0.61	0.75	0.67	452
3	0.78	0.68	0.73	576
accuracy			0.74	1968
macro avg	0.76	0.76	0.75	1968
weighted avg	0.75	0.74	0.74	1968

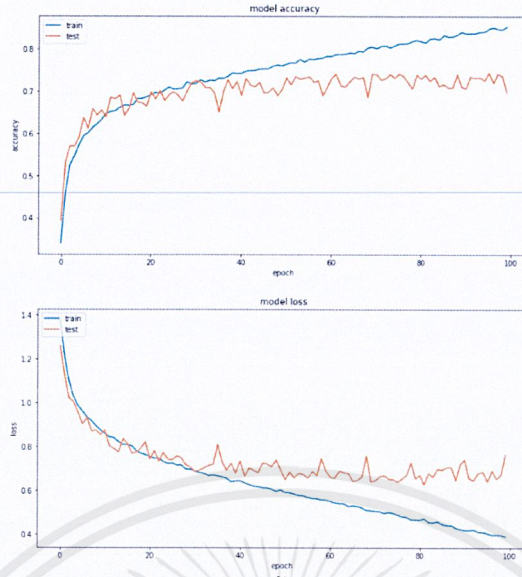
ภาพที่ 4.50 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15



ภาพที่ 4.51 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

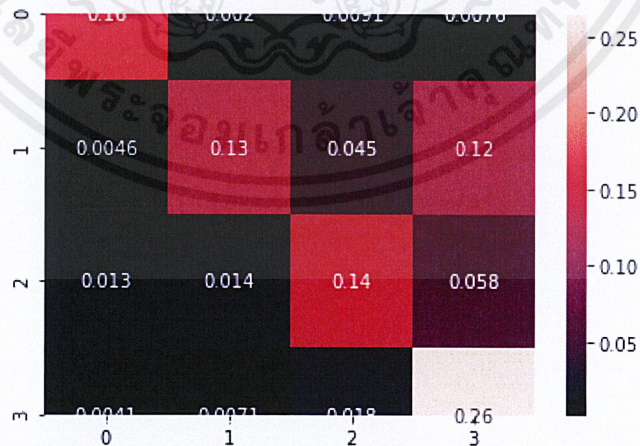
16. ผลการทดสอบแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16



ภาพที่ 4.52 แผนภาพของความแม่นยำต่อจำนวนครั้งของการปรับปรุงแบบจำลองในการสอนแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16

	precision	recall	f1-score	support
0	0.88	0.90	0.89	355
1	0.85	0.43	0.57	585
2	0.67	0.63	0.65	452
3	0.59	0.90	0.71	576
accuracy			0.70	1968
macro avg	0.75	0.71	0.70	1968
weighted avg	0.74	0.70	0.69	1968

ภาพที่ 4.53 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16



ภาพที่ 4.54 เมทริกซ์แห่งความสับสนของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบแบบจำลองทั้งหมด จึงได้เลือกแบบจำลองที่มีผลการทดสอบที่ดีที่สุดออกมา เพื่อทำการวัดประสิทธิภาพด้วยข้อมูลชุดใหม่เพื่อพิจารณาการนำไปใช้ต่อไป

4.2.4 การพิจารณาความแม่นยำที่เชื่อถือได้

เพื่อความถูกต้องของผลการทำนาย จึงจะต้องมีการหาค่าความมั่นใจที่ทำให้เชื่อถือได้ จึงมีการทดสอบค่าความมั่นใจจากการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยข้อมูลชุดใหม่ เพื่อหาค่าความมั่นใจที่มีผลการทำนายถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

- ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อเชื่อถือค่าความมั่นใจที่ 65 เปอร์เซ็นต์

```
#####
-> Summary Report
#####

>> CONFIDENCE      : 0.65

>> Model Coverage  : 57.0% (725/1272)
>> Model Accuracy  : 81.5%

#####
-> Confusion Matrix : for 725 SN
#####
      precision    recall  f1-score   support

   ATI             0.87     0.85     0.86         46
  Head_Degraded    0.88     0.86     0.87        249
   Other            0.32     0.86     0.46         35
  Weak_write       0.90     0.78     0.84        395

 accuracy          0.82         725
 macro avg         0.74         725
 weighted avg      0.86         725
```

ภาพที่ 4.55 ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

	ATI	39	2	3	2
----- ACTUAL -----	Head_Degraded	2	214	4	29
	Other	1	2	30	2
	Weak_write	3	26	58	308
		ATI	Head_Degraded	Other	Weak_write
		--- PREDICTION ---			

ภาพที่ 4.56 เมทริกซ์แห่งความสับสนเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อเชื่อถือค่าความมั่นใจที่ 80 เปอร์เซนต์

```
#####
-> Summary Report
#####

>> CONFIDENCE      : 0.8

>> Model Coverage  : 32.9% (418/1272)
>> Model Accuracy  : 91.9%

#####
-> Confusion Matrix : for 418 SN
#####
                precision    recall  f1-score   support

   ATI                0.97      0.94      0.96         36
  Head_Degraded       0.96      0.95      0.96        136
   Other               0.44      0.89      0.59         19
  Weak_write           0.97      0.90      0.93        227

 accuracy              0.92         418
 macro avg             0.84         418
 weighted avg          0.94         418
```

ภาพที่ 4.57 ค่าความถูกต้องและแม่นยำเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 80 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 4.58 เมทริกซ์แห่งความสับสนเมื่อนับผลที่ค่าความมั่นใจมากกว่า 80 เปอร์เซนต์

จากการพิจารณาค่าความถูกต้องและแม่นยำข้างต้น ทำให้วิศวกรที่ใช้แบบจำลองสามารถตัดสินใจที่จะเชื่อถือแบบจำลองได้ที่ค่าความมั่นใจร้อยละ 80 เปอร์เซนต์ เพื่อให้ผลการทำนายมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองที่สร้างจากโครงข่ายคอนโวลูชันทั้งหมด ทำให้ได้แบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำ และความถูกต้องเพียงพอต่อการใช้งานจริง จึงได้เลือกแบบจำลองที่ 15 ซึ่งสร้างมาจากโครงข่ายคอนโวลูชันที่มีการออกแบบ และผลการทดสอบของแบบจำลอง ดังนี้

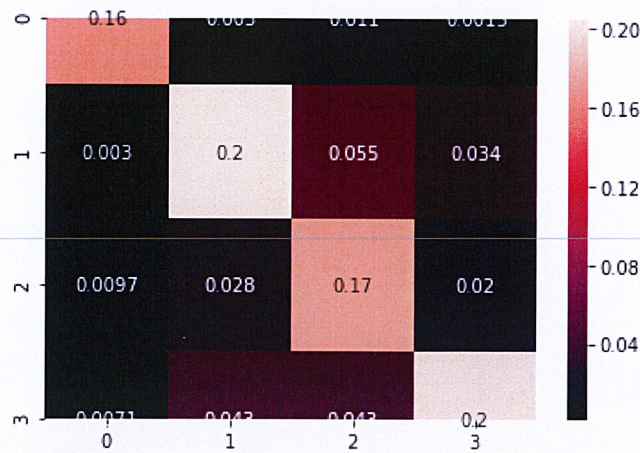
ตารางที่ 5.1 ตารางโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

Layer	Type	Activation	No. of filters	Kernel Size	Size
Input	Image	-	-	-	128x128
1	Convolution	Linear	32	5x5	128x128
2	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	128x128
3	Max Pooling	Linear	32	2x2	64x64
4	Dropout (0.2)	-	-	-	64x64
5	Convolution	Linear	196	5x5	58x58
6	LeakyReLU	LeakyReLU	-	-	58x58
7	Max Pooling	Linear	196	2x2	29x29
8	Dropout (0.2)	-	-	-	29x29
9	Flatten	-	-	-	164836
10	Fully Connection	LeakyReLU	-	-	1024
11	Dropout (0.5)	-	-	-	1024
Output	Fully Connection	Softmax	-	-	4

	precision	recall	f1-score	support
0	0.89	0.91	0.90	355
1	0.73	0.69	0.71	585
2	0.61	0.75	0.67	452
3	0.78	0.68	0.73	576
accuracy			0.74	1968
macro avg	0.76	0.76	0.75	1968
weighted avg	0.75	0.74	0.74	1968

ภาพที่ 5.1 ค่าความแม่นยำและถูกต้องของแบบจำลองจากโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.2 เมทริกซ์แห่งความสัมพันธ์ของผลการทดสอบแบบจำลองโครงข่ายคอนโวลูชัน รูปแบบที่ 15

เมื่อได้แบบจำลองทำนายอาการผิดปกติของฮาร์ดดิสก์ที่เชื่อถือได้แล้ว จึงนำมาใช้กับเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบไว้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการของแผนก

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับทำนายผลนั้น เป็นการใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการพัฒนา ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนและพัฒนาได้อย่างหลากหลาย ทำให้แบบจำลองที่ได้มานี้ เป็นเพียงแบบจำลองที่ดีที่สุดที่ได้ในระหว่างการพัฒนา แต่ยังไม่ใช่แบบจำลองที่ดีที่สุดที่จะพัฒนาได้ หากมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำหรับการสอนแบบจำลอง มีการเพิ่มขึ้นของโครงข่ายคอนโวลู หรือมีการใช้เทคนิคอื่น ๆ เพิ่มเติม แบบจำลองที่ได้จากการพัฒนาก็อาจจะมีค่าความแม่นยำที่มากขึ้น

ในส่วนของเตรียมชุดข้อมูล เนื่องจากการพิจารณาข้อมูลหลายๆส่วนรวมกัน ทำให้ต้องรวมภาพเป็นภาพเดียวนั้น อาจใช้เทคนิคในการสร้างแบบจำลองที่พิจารณารูปภาพครึ่งละรูป แล้วจึงนำผลการพิจารณาทำนายร่วมกัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำต่อไปได้

นอกจากนี้ หากมีการพัฒนาโครงการนี้ต่อไป เพื่อความแม่นยำที่มากขึ้นของแบบจำลอง อาจมีการใช้ผลการทดสอบที่อยู่ในรูปของข้อความเข้ามาร่วมในการสอนแบบจำลองเพื่อให้มีการเรียนรู้ที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1]อะไรคือ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)? (ฉบับมือใหม่) - ราชเทวี, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย | Thai Programmer Association", *Thai Programmer Association*, 2019. [Online]. Available: <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/อะไรคือ-การเรียนรู้ของเครื่อง/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[2]"การเรียนรู้ของเครื่อง(Machine Learning)และการเรียนรู้เชิงลึก(Deep Learning):ความแตกต่างระหว่างสองสิ่งนี้? - ราชเทวี, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย | Thai Programmer Association", *Thai Programmer Association*, 2019. [Online]. Available: <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/การเรียนรู้ของเครื่องmachine-le/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[3]"What is Machine Learning? A definition - Expert System", *Expert System*, 2019. [Online]. Available: <https://expertsystem.com/machine-learning-definition/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[4]"Machine Learning คืออะไร?", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://blog.finnomena.com/machine-learning-คืออะไร-fa8bf6663c07>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[5]"Deep Learning แบบฉบับคนสามัญชน EP 1 : Neural Network History", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/mmp-li/deep-learning-แบบฉบับคนสามัญชน-ep-1-neural-network-history-f7789236a9a3?>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[6]"Deep Learning แบบฉบับสามัญชน EP 2 Optimization & Activation Function เรียนกันสบายๆ สไตล์ซิลๆ", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/mmp-li/deep-learning-แบบฉบับสามัญชน-ep-2-optimization-activation-function-เรียนกันสบายๆ-สไตล์ซิลๆ-9feb5a87e3b2>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[7]"Deep Learning แบบสามัญชน EP 3 Keras with Image Classification : แยกภาพหมาแมวแบบง่ายๆ", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/mmp-li/deep-learning-แบบสามัญชน-ep-3-keras-with-image-classification-แยกภาพหมาแมวแบบง่ายๆ-2d5d95ee5613>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[8]"Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[9]"Convolutional Neural Network (CNN) คืออะไร", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://blog.datawow.io/มาลองดูวิธีการคิดของ-cnn-กัน-e3f5d73eebaa>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[10]"เริ่มต้น Deep Learning Application ไปกับภาพวาดสไตล์ Doodle กันเถอะ !!", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/bigdataeng/เริ่มต้น-deep-learning-application-ไปกับภาพวาดสไตล์-doodle-กันเถอะ-c48561f2661b>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[11]"มาสร้าง Image Recognition ด้วย Convolutional Neural Networks (CNN) กันเถอะ", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@patompatbookkamtar/มาสร้าง-image-recognition-ด้วย-convolutional-neural-networks-cnn-กันเถอะ-161f7a83b441>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[11]"Basic Overview of Convolutional Neural Network (CNN)", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/dataseries/basic-overview-of-convolutional-neural-network-cnn-4fcc7dbb4f17>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[12]"Applied Deep Learning - Part 4: Convolutional Neural Networks", *Medium*, 2019. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[13]J. Brownlee, "How to Develop a Deep CNN for Multi-Label Classification of Photos", *Machine Learning Mastery*, 2019. [Online]. Available: <https://machinelearningmastery.com/how-to-develop-a-convolutional-neural-network-to-classify-satellite-photos-of-the-amazon-rainforest/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[14]M. Rizwan, "LeNet-5 - A Classic CNN Architecture - engMRK", *engMRK*, 2019. [Online]. Available: <https://engmrk.com/lenet-5-a-classic-cnn-architecture/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15]"Home - Keras Documentation", *Keras.io*, 2019. [Online]. Available: <https://keras.io/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[16]"CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition", *Cs231n.github.io*, 2019. [Online]. Available: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

[17]"An overview of gradient descent optimization algorithms", *Sebastian Ruder*, 2019. [Online]. Available: <https://ruder.io/optimizing-gradient-descent/>. [Accessed: 15- Dec- 2019]

