

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสีย
ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน
โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO ANALYZE, INSPECT AND PREDICT
IN ADVANCE THE FAILURE OF CENTRALIZED VARIABLE REFRIGERANT
FLOW AIR CONDITIONERS USING MACHINE LEARNING

วริษฐ์ ศิริเจริญสุข

WARIT SIRICHAROENSUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีปทุม

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสีย
ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน
โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

วริษฐ์ ศิริเจริญสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีปทุม

THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO ANALYZE, INSPECT AND PREDICT
IN ADVANCE THE FAILURE OF CENTRALIZED VARIABLE REFRIGERANT
FLOW AIR CONDITIONERS USING MACHINE LEARNING

WARIT SIRICHAROENSUK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY
SCHOOL OF INFORMATION TECHNOLOGY
SRIPATUM UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2023
COPYRIGHT OF SRIPATUM UNIVERSITY

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้า
ต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท
ปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO ANALYZE,
INSPECT AND PREDICT IN ADVANCE THE FAILURE OF
CENTRALIZED VARIABLE REFRIGERANT FLOW AIR
CONDITIONERS USING MACHINE LEARNING

นักศึกษา

นายวิรัช ศรีเจริญสุข รหัสประจำตัว 66504589

หลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะ

เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

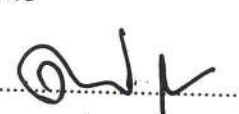
ศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง

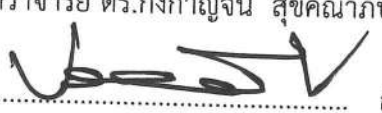
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

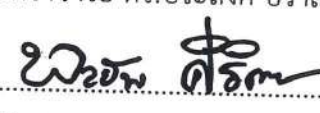

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี มณีรัตน์)
วันที่ 2 เดือน ๓ พ.ศ. ๖7

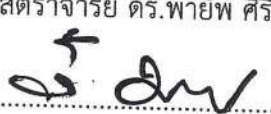


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก้องกาญจน์ สุขคณาภิบาล)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัยัพ ศิรินาม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์)

ชื่อหัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้า ต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท ปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
คำสำคัญ	ระบบปรับน้ำยาแปรผัน ตัวแบบทำนาย การเรียนรู้ของเครื่อง
นักศึกษา	นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข รหัสประจำตัว 66504589
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ประณีตพลกรัง
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะ	เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน 2. พัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 3. ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง และ 4. ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องปรับอากาศจำนวน 7 คน เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ส่วนที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง รวมทั้งการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ผลวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่

1. แรงดันสารทำความเย็น 2. อุณหภูมิน้ำยา 3. อุณหภูมิที่ส่วนต่าง ๆ ของระบบ 4. บุคลากร 5. มาตรฐานการติดตั้ง และ 6. เทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจสอบ เป็นต้น ในส่วนของระบบวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นมี 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1. การนำเข้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2. การประมวลผลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้อัลกอริทึม 4 ชนิด ประกอบด้วย Neural Networks, Decision Tree, Naïve Bayes และ Support Vector Machine และ 3. การทำนายชุดข้อมูลด้วยการใช้ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking เมื่อผู้วิจัยทำ Stacking ด้วยอัลกอริทึม ทั้ง 3 ชนิด อาทิ Neural Networks, Decision Tree และ Naïve Bayes พบว่าได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.08% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 96.60% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 99.60% ค่าความระลึกลับเท่ากับ 99.94% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 99.24%

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 คน พบว่าระบบมีความเหมาะสมและยอมรับอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.57$) นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังได้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ Google Sheets เป็นตัวบันทึกข้อมูลและใช้ Google AppSheet ในการสร้างแอปพลิเคชัน จากการประเมินแอปพลิเคชันในเชิงประสิทธิภาพ การใช้งานง่าย และความมั่นคงปลอดภัย จากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน พบว่ามีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.28$)

THESIS TITLE	THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO ANALYZE, INSPECT AND PREDICT IN ADVANCE THE FAILURE OF CENTRALIZED VARIABLE REFRIGERANT FLOW AIR CONDITIONERS USING MACHINE LEARNING
KEYWORDS	VARIABLE REFRIGERANT FLOW, PREDICTIVE MODEL, DEEP LEARNING
STUDENT	MR. WARIT SIRICHAROENSUK
ADVISOR	ASSIST. PROF. DR. SURASAK MUNGSING
CO-ADVISOR	PROF. DR. PRASONG PRANEETPOLGRANG
LEVEL OF STUDY	MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY	SCHOOL OF INFORMATION TECHNOLOGY
ACADEMIC YEAR	2023

ABSTRACT

The objectives of this research were 1. To study the factors affecting the efficiency of analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with variable refrigerant flow (VRF) 2.To develop a system for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF using machine learning. 3. To evaluate the efficiency of the system for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF using machine learning. 4. To develop an application for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF.

This research is divided into two parts. The first part is qualitative research. The researcher conducted in-depth interviews with seven air conditioning experts to analyze and synthesize the factors affecting the efficiency of analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF. The second part is quantitative research and the development of a system for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF using machine learning, as well as the development of an application for this purpose.

The research found that the factors affecting the efficiency of analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF include six aspects: 1. Refrigerant pressure 2. Refrigerant temperature 3. Temperature at various points of the system 4. Personnel 5. Installation standards and 6. The technology used for inspection. The developed analysis system comprises three main steps: 1. Data input related to the system. 2. Processing using four machine learning algorithms: Neural Networks, Decision Tree, Naïve Bayes, and Support Vector Machine. and 3. Prediction using a Hybrid Ensemble Method with Stacking. When the researcher performed Stacking with Neural Networks, Decision Tree, and Naïve Bayes algorithms, the accuracy was found to be 97.08%, precision was 96.60%, area under the curve (AUC) was 99.60%, recall was 99.94%, and balanced accuracy was 99.24%.

Moreover, the researcher developed a system for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF using machine learning. Based on the evaluation by six experts, the system was found to be very suitable and acceptable ($\bar{X} = 4.57$). Additionally, the researcher developed an application to evaluate the efficiency of the system for analyzing, inspecting, and predicting the failure of centralized air conditioning systems with VRF using machine learning. The researcher used Google Sheets for data recording and Google AppSheet for creating the application. The application was evaluated by 30 users in terms of efficiency, ease of use, and security, and it was found to have a high level of satisfaction ($\bar{X} = 4.28$)

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางท่านศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หากมิได้ให้ความกรุณา หรือให้คำปรึกษาอย่างเข้มข้น ด้วยเนื่องจากตัวผู้ทำวิจัยมิได้มีประสบการณ์ หรือการศึกษาในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ในทางศาสตร์ความรู้ในเรื่องการเรียนรู้ของเครื่องแล้วนั้น อาจจะไม่ปรากฏผลงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ หากแต่ท่านอาจารย์ได้ให้การสนับสนุน คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาด้วยความเต็มใจตลอดการทำงานวิจัยนี้ อีกทั้งให้ข้อคิดและแนวทางในการทำวิจัยรวมถึงการทำงาน ท่านอาจารย์ฯ คอยตรวจสอบ ชี้แนะข้อผิดพลาดที่ทางผู้วิจัยมิได้ทราบข้อผิดพลาดด้วยตนเองได้แล้ว จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ตามความคาดหวัง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรังเป็นอย่างยิ่ง

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ ขอขอบคุณเหล่าคณาจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้ให้ความรู้ในหลักวิชาการในชั้นพื้นฐานทางหลักวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ท่านประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิงกาญจน์ สุขคนาภิบาล ที่ได้กรุณาให้เกียรติเป็นประธานสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ตลอดจนการให้คำแนะนำที่มีคุณค่า ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พายุ ศิรินาม กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะในสิ่งที่ เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญในวิชาการด้านต่าง ๆ ที่ได้สละเวลาอันมีค่า ในการตอบข้อคำถาม อีกทั้งให้ความรู้ ในด้านต่าง ๆ ด้วยความเมตตา

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ (M.S.IT) รุ่นที่ 28 มหาวิทยาลัยศรีปทุม ให้การสนับสนุน ทั้งในด้านวิชาการ ด้านสันตนาการ และคอยให้กำลังใจในการเรียนรวมถึงการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งมิตรภาพที่เกิดขึ้นภายใน 1 ปีในการเรียนรู้ ข้าพเจ้าจะไม่มีวันลืม ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ในห้อง Room 1 - 2 ชั้น 12A Lounge อาคาร 11 มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้ให้คำชี้แนะ และคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดระยะเวลา 1 ปีที่ผ่านมาด้วยความเต็มใจยิ่ง

ด้วยผู้วิจัยหวังว่าในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการเรียนรู้ศึกษา หรือต่อยอดงานวิจัยเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ดีขึ้นต่อจากการวิจัยนี้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณครอบครัว และญาติ มิตรของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจ คอย
ซักถาม ให้คำปรึกษา และช่วยดูแลในขณะที่กำลังศึกษาตลอดปีการศึกษา

โดยรวมแล้วผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ทางด้านเทคโนโลยี แล้วนั้นยังได้รับความ
เมตตา ได้รับมิตรภาพที่ดีจากพี่ ๆ น้อง ๆ อีกทั้งท่านคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยทั้งสิ้น
ขอขอบคุณทุก ๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้

นายวิรัช ศรีเจริญสุข

14 กรกฎาคม 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	X
สารบัญภาพ	XI
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามของการวิจัย.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
1.6 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	5
1.9 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	5
1.10 สรุป	6
2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	8
2.2 สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ	8
2.3 วงจรสารทำความเย็น	11
2.4 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	12
2.5 หลักการความเย็นยิ่งยวด	13
2.6 หลักการขับเคลื่อน	14
2.7 แนวคิดปัญญาประดิษฐ์	15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.8 แนวคิดการเรียนรู้เชิงลึก	17
2.9 แนวคิดการสร้างแบบจำลองเชิงทำนาย	18
2.10 การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ	21
2.11 วงจรการพัฒนาระบบ	23
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
2.13 สรุป	32
3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	35
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	35
3.3 เครื่องมือการวิจัย	37
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	39
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	41
3.6 การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ	45
3.7 การประเมินความเหมาะสมและการยอมรับของระบบ	49
3.8 ข้อจำกัดของงานวิจัย	51
3.9 สรุป	51
4 ผลการวิจัย	53
4.1 ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1	53
4.2 ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 2	70
4.3 ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 3	84
4.4 ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 4	89
4.5 สรุป	101
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	102
5.1 สรุปผลการวิจัย	102
5.2 อภิปรายผล	106

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	109
5.4 ข้อเสนอแนะ	109
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก ก คำถามสัมภาษณ์เชิงลึก ในประเด็น การตรวจสอบอาการเสีย ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ...	116
ภาคผนวก ข คำถามสัมภาษณ์เชิงลึก ในประเด็น การตรวจสอบอาการเสีย ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน	119
ภาคผนวก ค แบบประเมินระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสีย ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน	126
ภาคผนวก ง ข้อมูลประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ	132
ภาคผนวก จ หนังสือที่ออกจากทางมหาวิทยาลัย	136
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน	143
ภาคผนวก ช หนังสือตอบรับการตีพิมพ์	156
ภาคผนวก ซ หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์	175
ภาคผนวก ฌ เปิดบ้านสานฝัน ปีที่ 8	180
ประวัติย่อผู้ทำวิจัย	182

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 5
2.1	แสดงคุณลักษณะของสารทำความเย็น 9
2.2	ข้อมูลความดัน-อุณหภูมิความอิ่มตัวของ R-410A 10
3.1	แสดงระดับและคะแนน 50
4.1	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน 53
4.2	ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 1 54
4.3	ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 2 57
4.4	ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 3 61
4.5	ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 4 64
4.6	รายละเอียดคุณลักษณะ 71
4.7	ชุดข้อมูลสถานการณ์ทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน 71
4.8	แสดงชนิดข้อมูลทำการปรับแต่ง 74
4.9	แสดงค่าประสิทธิภาพของตัวแบบ 79
4.10	ค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking 80
4.11	ข้อมูลทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิ 84
4.12	แสดงผลการประเมินตัวระบบ 85
4.13	ข้อมูลเพศ 94
4.14	ข้อมูลอายุ 94
4.15	ข้อมูลระดับการศึกษา 95
4.16	ข้อมูลประสบการณ์การทำงาน 95
4.17	ข้อมูลประเภทหน่วยงาน 95
4.18	ข้อมูลประเภทการบริการ 96
4.19	ข้อความถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน 97

สารบัญภาพ

ภาพประกอบที่.....	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
2.1 วงจรสารทำความเย็น	11
2.2 การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer	12
2.3 แสดงตำแหน่งเกิด Superheat ที่บริเวณ Evaporator	13
2.4 แสดงตำแหน่งเกิด Subcooling ที่บริเวณ Condenser	14
2.5 ประเภทของปัญหาประดิษฐ์	15
2.6 การตัดสินใจแบบ Support Vector Machine	19
2.7 การตัดสินใจแบบต้นไม้	20
2.8 การตัดสินใจแบบ Neural Networks	20
2.9 Confusion Matrix	22
2.10 วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์	24
2.11 โครงสร้างในการวิจัยในลักษณะ Deep Belief Network สำหรับ VRF...	27
2.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของ EWMA Model	28
2.13 Flow Chart แสดงวิธี CART ของข้อมูลข้อบกพร่องของประจุสารทำความเย็น.....	29
3.1 ตำแหน่ง ตัววัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดแรงดัน ภายในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF	36
3.2 ยูสเคสไดอะแกรม ของการทำงาน	38
3.3 ตัวอย่างการใช้งาน App Sheets	38
3.4 ตัวอย่าง Google Sheets	39
3.5 ชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF	40
3.6 เซ็นเซอร์วัดแรงดัน สูง-ต่ำ	41
3.7 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิท่อ	41
3.8 นำเข้าชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน	42
3.9 จัดการข้อมูลและตั้งค่า	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่.....	หน้า
3.10 จัดการข้อมูลทางทฤษฎีและแนวคิด	43
3.11 แบ่งกลุ่มสำหรับ Data Train และ Data Test	44
3.12 เริ่มกระบวนการจัดสร้างตัวแบบในการทำนาย	45
3.13 Confusion Matrix of Neural Networks Model	45
3.14 Confusion Matrix of Decision Tree Model	45
3.15 Confusion Matrix of Naïve Bayes Model	46
3.16 Confusion Matrix of Support Vector Machine Model	46
3.17 Area Under Curve of Neural Networks Model	46
3.18 Area Under Curve of Decision Tree Model	47
3.19 Area Under Curve of Naïve Bayes Model	47
3.20 Area Under Curve of Support Vector Machine Model	48
3.21 ระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของ เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ...	49
4.1 ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการทำนายอาการเสีย	72
4.2 การนำเข้าชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร ทำความเย็นแปรผัน	73
4.3 ปรับแต่งชนิดของคุณลักษณะของข้อมูล	73
4.4 ตั้งค่าคุณลักษณะ STATUS เป็นฉลาก	74
4.5 แบ่งชุดข้อมูลด้วยชุดคำสั่ง Split Data	75
4.6 ตั้งค่า Sampling Type	75
4.7 ตัวแบบอัลกอริทึม Decision Tree	76
4.8 ตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับอัลกอริทึม Neural Networks	76
4.9 ตัวแบบอัลกอริทึม Neural Networks	76
4.10 ตัวแบบอัลกอริทึม Naive Bayes	77
4.11 ตัวแบบอัลกอริทึม Support Vector Machine	77
4.12 อัลกอริทึม Support Vector Machine ในชุดคำสั่ง Classification by Regression	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.13	เลือกค่าที่ต้องการวัดประสิทธิภาพ 78
4.14	ขั้นตอนการพัฒนาตัวแบบด้วยวิธี Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking 80
4.15	ตัวแบบ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking 80
4.16	ข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ข้อมูลของเครื่อง จากชุดโปรแกรม RapidMiner Studio 81
4.17	นำเข้าชุดข้อมูลใน Google Sheets 82
4.18	สมการคำนวณค่า Prior Probability ใน Google Sheets 82
4.19	สมการคำนวณค่า Likelihood Probability 82
4.20	สมการคำนวณค่า Posterior Probability 83
4.21	สมการสำหรับเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็น 83
4.22	ค่าการคำนวณจาก Google Sheets 83
4.23	ภาพยูสเคสไดอะแกรม 89
4.24	เลือกข้อมูลนำมาสร้าง Application 90
4.25	ตั้งชื่อ Application..... 90
4.26	เลือกไฟล์ Google Sheets 91
4.27	รายละเอียดของ Table 91
4.28	ตั้งค่าตัวแปร 91
4.29	หน้าตั้งค่า View 92
4.30	หน้า Home 92
4.31	ตั้งค่าหน้า Predict Status 93
4.32	หน้า Predict Status 93
5.1	ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี 107
5.2	ระดับความพร้อมทางสังคม 108

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้งานเครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner) ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากในอาคารที่พักอาศัย สำนักงาน โรงงาน หรือสถานที่ต่าง ๆ ที่ต้องการการปรับอากาศ รวมถึงการออกแบบอาคารหรือบ้านพักอาศัยที่ใช้เครื่องปรับอากาศเป็นหลักในการลดอุณหภูมิและปรับอากาศภายในบริเวณที่ใช้งาน

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (กระทรวงมหาดไทย, 2023) ซึ่งมีหน้าที่วางผัง ออกแบบ ควบคุมการก่อสร้าง บำรุงเมือง หรืออาคารและสิ่งก่อสร้างให้กับทางภาครัฐ ได้มีแนวคิดในการจัดทำคู่มือการออกแบบอาคารภาครัฐที่จะก่อสร้างใหม่ให้เป็นอาคารเขียวภาครัฐ (Green Government Office Design Guidelines for New Construction: G-GOODs: NC) (พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์, 2562) ผู้ออกแบบมีแนวคิดในการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่มีค่าประสิทธิภาพสูง ทำให้มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow: VRF) เพิ่มขึ้นสำหรับอาคารสร้างใหม่ที่มีค่าการใช้งานพลังงานที่คุ้มค่าสูง เช่น การใช้งานเครื่องปรับอากาศมาตรฐานเบอร์ 5

เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) มีหลักการทำงานโดยมีเครื่องควบแน่น (Condenser) 1 ชุด และเครื่องระเหย (Evaporator) ตั้งแต่ 1 ชุดหรือมากกว่าขึ้นไปรวมกันเป็น 1 ระบบ

จากแนวโน้มที่มีการเลือกใช้งานระบบ VRF ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้งานซ่อมบำรุงระบบมีความสำคัญ เนื่องจากความพร้อมใช้งานของระบบปรับอากาศ งานซ่อมบำรุงจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในด้านงานเฉพาะด้านจากผู้เชี่ยวชาญระบบ เนื่องจากมีส่วนที่เกี่ยวข้องหลายองค์ประกอบ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นความสำคัญและที่มาของปัญหาในการพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ที่มีส่วนจากปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อการใช้งานในระบบล่วงหน้า

1.2 คำถามของการวิจัย

1. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow: VRF) มีอะไรบ้าง

2. ระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง เป็นอย่างไร

3. การประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง มีความแม่นยำอย่างไร

4. แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีความเหมาะสมและยอมรับ อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

2. เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

4. เพื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

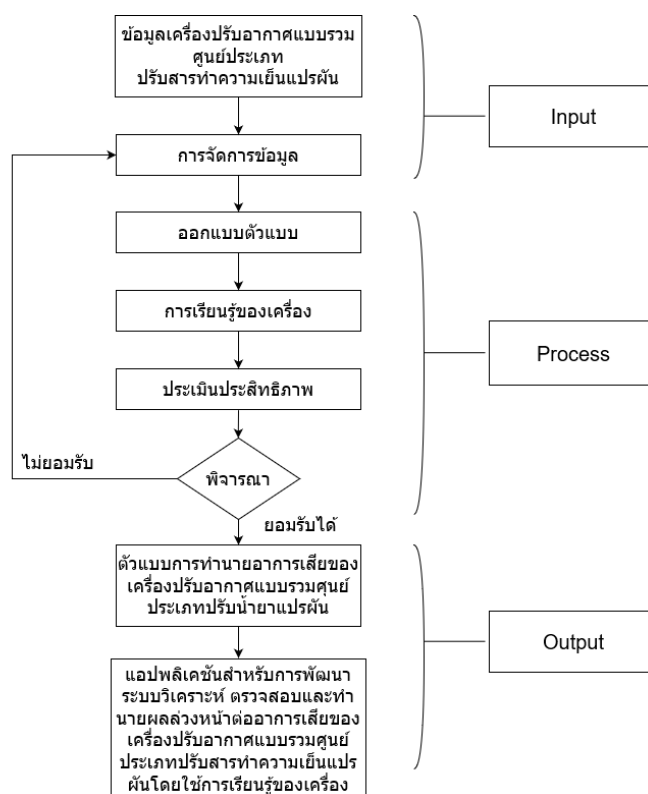
1. ชุดข้อมูลที่นำมาศึกษาเพื่อสร้างระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียจะใช้เฉพาะชุดข้อมูล (Dataset) ภายในช่วงเวลา ปีพ.ศ. 2565 ถึง 2566

2. เพื่อวิเคราะห์ อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในส่วนของปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

3. เพื่อป้องกันการหยุดทำงานแบบกระทันหัน ของตัวระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เนื่องจากปริมาณสารทำความเย็นไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบ

1.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ งานวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) เพื่อการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลอาการเสียที่เกิดจากสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ดังภาพประกอบที่ 1.1



ภาพประกอบที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 สมมุติฐานการวิจัย

จากการศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจนกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็นในระบบ เพื่อการพัฒนา

ระบบวิเคราะห์ตรวจสอบ และทำนายผลการโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง และจากวัตถุประสงค์การวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐานการวิจัยเพื่อทำนายผลคำตอบ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านคน กระบวนการ และเทคโนโลยี มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อยู่ในระดับมาก
2. ระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง มีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมาก
3. ระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง มีความเหมาะสมและยอมรับอยู่ในระดับมาก
4. แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับผลลัพธ์ที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ ในด้านวิชาการและประโยชน์ในด้านการนำผลลัพธ์จากการวิจัยสามารถไปใช้ได้ 4 ข้อดังนี้

1. เพื่อนำไปใช้เป็นโมเดลตั้งต้น เพื่อการพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายอาการเสียจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
2. ช่วยป้องกันการเกิดการหยุดการทำงานแบบกะทันหันของตัวระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF ที่มีสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณสารทำความเย็น
3. เพื่อใช้ในการวางแผนงานสำหรับซ่อมบำรุงระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF ได้ล่วงหน้า
4. ทำให้ช่วยลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากงานในการวิเคราะห์ตรวจสอบอาการเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF ที่มีสาเหตุจากปริมาณสารทำความเย็น

1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยใช้ระยะเวลารวม เริ่มดำเนินการวิจัยตั้งแต่กันยายน พ.ศ. 2566 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2567 แสดงรายละเอียดดัง ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ลำดับที่	ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย	2566				2567								
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	
1	ศึกษาปัญหา ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และเครื่องมือในการวิจัย													
2	นำเสนอหัวข้องานวิจัย บว.1-2													
3	รวบรวมข้อมูล Dataset, ออกแบบและพัฒนาตัวแบบ จัดทำเอกสาร บทที่ 1-3													
4	ประเมินผล และทดสอบตัวแบบ													
5	สอบหัวข้อวิทยานิพนธ์													
6	ส่งบทความวารสาร													
7	ทำเอกสารบทที่ 4-5, ภาคผนวก ยื่นขอสอบป้องกันวิทยานิพนธ์													
8	สอบวิทยานิพนธ์													
9	แก้ไขเอกสาร และจัดทำเล่มส่ง													

1.9 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาระบบวิเคราะห์ หมายถึง การพัฒนาระบบวิเคราะห์ชุดข้อมูล (Dataset) อากาศเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
2. การทำนายผลอากาศเสีย หมายถึง การทำนาย หรือคาดการณ์สารทำความเย็น ที่เพียงพอกับการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์
3. การเรียนรู้ของเครื่อง หมายถึง การใช้ชุดข้อมูลที่มีอยู่สร้างเป็น Model ใช้สอนให้เครื่อง คิดตาม และทำให้ตัวเครื่องสามารถทำนายผลจากชุดข้อมูลใหม่ได้เองซึ่งอาศัย ความรู้จาก Model เดิมได้ ทำให้ได้ผลลัพธ์จากการคิดของเครื่องเองได้
4. ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน หมายถึง เครื่องปรับอากาศชนิด VRF (Variable Refrigerant Flow) ระบบน้ำยาแปรผัน เป็นระบบปรับอากาศลักษณะ ที่ใช้การควบคุมปริมาณสารทำความเย็นในระบบ

1.10 สรุป

ในบทที่ 1 นี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญว่าในปัจจุบันนั้นมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันนั้นมีการใช้งานที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในภาคเอกชน รวมถึงทางภาครัฐเองได้มีแนวคิดที่จะออกระเบียบ แนวทางการในการสร้างอาคารสีเขียวเพื่อประหยัดการใช้พลังงานนั้น ผลที่ตามมาในการดูแลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF เนื่องจากตัวระบบเองมีความซับซ้อนในการดูแลรักษา จึงทำให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้น โดยผู้วิจัยได้มีการหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นทำการพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าเกี่ยวกับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เมื่อได้ทำการสร้างตัวระบบแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้ตัวระบบทำการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อตรวจสอบสำหรับผู้ปฏิบัติงานเพื่อช่วยลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ อาการเสียของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งคาดว่าผลที่จะได้รับการวิจัยนี้ สามารถนำตัวระบบไปใช้ในงานวิเคราะห์ ตรวจสอบ เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันได้ แอปพลิเคชันที่ทำการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ทราบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันที่เกิดจากสาเหตุที่มีสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณสารทำความเย็น รวมถึงลดระยะเวลาในการวิเคราะห์สาเหตุอาการเสียได้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวรรณกรรมและ การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้า ต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎี เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง จากชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศชนิดแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันเพื่อทำการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลถึงอาการเสียของปริมาณสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศ เพื่อทราบถึงการวิเคราะห์ล่วงหน้าก่อนเกิดการหยุดทำงาน หรือความเสียหายของระบบปรับอากาศแบบกะทันหัน

- 2.1 แนวคิดระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Centralized Air Conditioning System Concept)
- 2.2 สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ (Refrigerants for Air Conditioning Systems)
- 2.3 วงจรสารทำความเย็น (Refrigeration Circuit)
- 2.4 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Theory)
- 2.5 หลักการ ความร้อนยิ่งยวด ซุปเปอร์ฮีท (Superheat Principle)
- 2.6 หลักการ ซับคูลลิง (Subcooling Principle)
- 2.7 แนวคิดปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Concepts)
- 2.8 แนวคิดการเรียนรู้เชิงลึก (Algorithm Selection for Classification Concepts)
- 2.9 แนวคิดการสร้างแบบจำลองเชิงทำนาย (Building Predictive Models)
- 2.10 การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ (Model Performance Evaluation)
- 2.11 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)
- 2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.13 สรุป

2.1 แนวคิดระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

แนวคิดระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air Conditioning Systems) ในประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน นั้นสรุปได้ดังนี้

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow : VRF) (Elnaggar, M., & Alnahhal, M., 2019). เป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประกอบด้วยหน่วย Indoor Unit หลายชุดใช้งานกับ Outdoor Unit หนึ่งชุด โดยใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับความเร็วรอบได้ด้วยเทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ ระบบนี้จะปรับปริมาณน้ำยาทำความเย็นตามความต้องการจริงของแต่ละพื้นที่ Outdoor Unit ทำหน้าที่ระบายความร้อนและกระจายสารทำความเย็นไปยัง Indoor Unit ผ่านวาล์วขยายตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Expansion Valve : EEV) ที่ปรับปริมาณน้ำยาอัตโนมัติเพื่อให้เหมาะสมกับภาระความร้อนในแต่ละห้อง VRF ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกจาก Toshiba ในปี 1982 เป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่เน้นการประหยัดพลังงานและความยืดหยุ่นในการติดตั้ง Indoor Unit แต่ละตัวสามารถปรับอุณหภูมิและทำงานได้อิสระ ช่วยให้การควบคุมอุณหภูมิแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ระบบ VRF ได้รับการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการในการปรับอากาศในเชิงพาณิชย์ บ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน โดยเฉพาะในอาคารที่มีพื้นที่จำกัดสำหรับติดตั้ง Outdoor Unit ตัวระบบเองมีการควบคุมชุด Indoor Unit แยกจากกันได้เป็นอิสระ มีระบบที่ทำการเชื่อมต่อทำงานร่วมกับอาคารได้ (Building Management System : BMS) จากระบบเครื่องปรับอากาศที่ออกแบบในลักษณะนี้นั้น มีข้อดีในการใช้งานระบบ เช่น ประหยัดพลังงาน เนื่องจากการจ่ายปริมาณสารทำความเย็นที่พอเหมาะ กับความต้องการในการใช้งานของผู้ใช้ จากเทคโนโลยี Compressor Inverter ความง่ายยืดหยุ่นในงานติดตั้งระบบ ตัวระบบนี้มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายในงานติดตั้งตัวระบบมีราคาสูง การบำรุงรักษามีความซับซ้อนจากจำนวนชุดอุปกรณ์ภายใน Indoor Unit, Outdoor Unit การออกแบบติดตั้งระบบสำหรับพื้นที่ต้องถูกต้องแม่นยำตามวิธีการคำนวณเพื่อประสิทธิภาพในการปรับอากาศและลดค่าพลังงาน

2.2 สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ

คุณสมบัติพื้นฐานของสารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศในอุดมคติ จะต้องมีความสมบัติ (AVP-R, & D, 2013) เช่น

- 1) จุดเดือดต่ำและจุดเยือกแข็งต่ำ (Low boiling point and Low freezing point)
- 2) ความร้อนจำเพาะต่ำ และความร้อนแฝงสูง
- 3) ความดันและอุณหภูมิวิกฤติสูง
- 4) ปริมาณเฉพาะต่ำเพื่อลดขนาดของคอมเพรสเซอร์

- 5) การนำความร้อนสูงไปยังเครื่องระเหยและคอนเดนเซอร์
- 6) ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด ไม่เป็นพิษ และไม่กัดกร่อน
- 7) ไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับน้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์
- 8) COP สูงในช่วงอุณหภูมิในการทำงาน
- 9) เข้ากันได้กับข้อกำหนดทางกฎหมาย
- 10) ความพร้อมใช้งานและต้นทุน

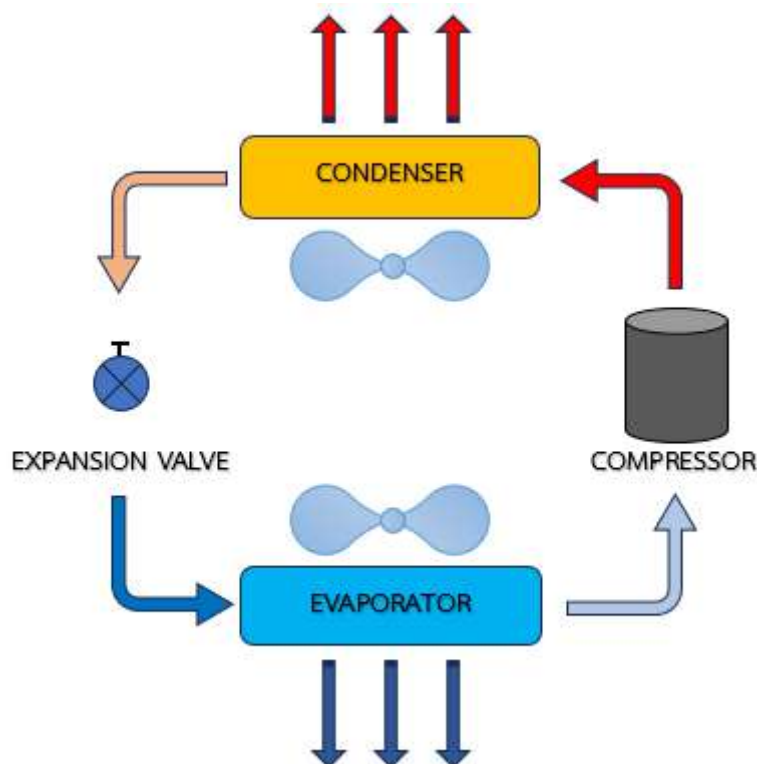
สารทำความเย็น R-410A นี้ได้รับการจดสิทธิบัตร ในปี 1990 ทางบริษัท Honeywell International คุณสมบัติเฉพาะของสารทำความเย็น (Characteristics of Refrigerant) ในระบบปรับอากาศที่ใช้กัน (Daikin, 2566) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของสารทำความเย็น

สารทำความเย็น		R32	R410A	HCFC-22
ผลิตภัณฑ์		HFC-32	HCFC-32/ HFC-125	HCFC-22
สมการทางเคมี		CH ₂ F ₂	CH ₂ F ₂ CHF ₂ CF ₃	CHClF
องค์ประกอบ	Mass%	100	50/50	100
มวลโมเลกุล		52	72.6	86.5
จุดเดือด		-51.7	-51.4	-40.8
จุดเยือกแข็ง		-136	-	160
อุณหภูมิวิกฤต		78.1	72	96.2
แรงดันวิกฤต	MPa	5.78	4.95	4.99
ความหนาแน่นวิกฤต	kg/m ³	424	486	515
ความหนาแน่น ของเหลวอิ่มตัว	kg/m ³	961	1059	1191
ความหนาแน่น ของไอระเหย	kg/m ³	47.34	64.87	44.23
ความหนืดของของเหลว	mPa-s	0.116	0.121	0.178
ความหนืดในแรงดันปกติ	mPa-s	0.0126	0.0129	0.0128
ความหนืดในอุณหภูมิจำเพาะ ของของเหลวอิ่มตัว	KJ/kg-K	1.937	1.711	1.256
ความร้อนจำเพาะไอโซบาริก ในแรงดันปกติ	KJ/kg-K	0.848	0.818	0.662
ความร้อนแฝงในการระเหย (จุดเดือด)	KJ/kg	382	275	233
การนำความร้อนในของเหลวอิ่มตัว	mW/m-K	125	87	87

2.3 วงจรสารทำความเย็น

วงจรสารทำความเย็นจะประกอบด้วย Compressor ในวงจรอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration Unit) เริ่มต้นทำหน้าที่อัดไอ แรงดันต่ำ ให้เป็นแรงดันสูง และ ระบาย อุณหภูมิ ด้วยการผ่าน Condenser ผ่านเข้า Evaporator วนกลับไปสู่ Compressor (Yun, & Chang, 2021) ดังภาพประกอบที่ 2.1



ภาพประกอบที่ 2.1 วงจรสารทำความเย็น

อุปกรณ์ส่วนประกอบในวงจรสารทำความเย็น

1) เครื่องอัดไอ (Compressor) คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบทำความเย็นเพื่อเพิ่มความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็น มีความสำคัญในกระบวนการทำความเย็นด้วยการบีบอัดก๊าซทำความเย็นให้ไหลผ่านไปยัง Condenser เพื่อลดอุณหภูมิความร้อน (Wan et al., 2021) (กฤษฎา, 2565)

2) เครื่องควบแน่น (Condenser) คอนเดนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อน สำหรับสารทำความเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดลง นั่นมีหน้าที่ควบแน่นสารทำความเย็น ให้เปลี่ยนจากสถานะไอควบแน่นเป็นสถานะของเหลว (Hermes, 2013) (สมศักดิ์, 2559)

3) วาล์วลดแรงดัน (Expansion Valve) ตัวอุปกรณ์มีหน้าที่ควบคุมแรงดันระหว่าง เครื่องควบแน่น กับ Evaporator ให้มีแรงดันที่เหมาะสม และปริมาณสารทำความเย็นรวมถึงช่วยลดอุณหภูมิเพื่อเข้าสู่การรับภาระโหลดความร้อนจาก Evaporator (ดิลก, 2548)

4) เครื่องระเหย (Evaporator) ทำหน้าที่เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เป็นจุดที่แลกเปลี่ยนความร้อนผ่านสารทำความเย็น ซึ่งจะเกิดกระบวนการ Superheat ขึ้นในอุปกรณ์นี้ (Ding et al., 2009)

2.4 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

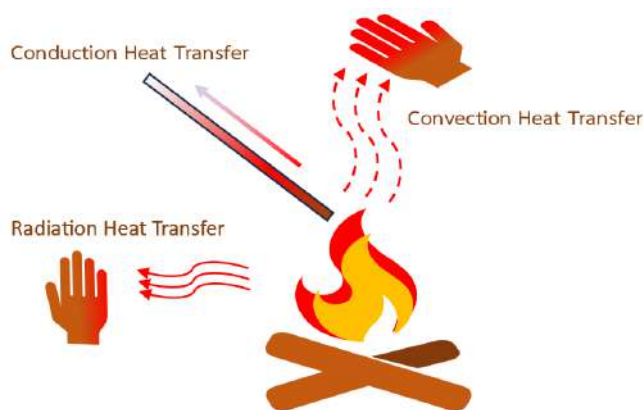
ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Cengel, 1998), (Holman, 1986), (Rabah, 2023) เป็นกระบวนการสำคัญในการวิศวกรรมและการประยุกต์ใช้ในระบบต่าง ๆ โดยเฉพาะในระบบปรับอากาศ และกระบวนการถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) Conduction Heat Transfer เป็นลักษณะในการนำความร้อนแบบผ่านตัวกลาง ด้วยการส่งผ่านความร้อนจากวัสดุที่มีความร้อนสูงกว่า ผ่านตัวกลาง ไปยังวัสดุที่มีส่วนอุณหภูมิต่ำกว่า ทั้งนี้ ตัวกลางจะมีค่าความต้านทานเฉพาะตัวด้วย ทำให้การนำความร้อนทำได้ช้า หรือเร็ว

2) Convection Heat Transfer เป็นรูปแบบที่การนำพาความร้อนที่ผ่านตัวกลางเช่น ของเหลว หรือแก๊สเท่านั้น จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไหลเวียนเคลื่อนที่ไปยังจุดอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ทำให้เกิดการไหลของอุณหภูมิ

3) Radiation Heat Transfer ลักษณะของการถ่ายเทความร้อนจากรังสี กลไกผ่านรังสีแม่เหล็ก ทำให้การถ่ายเทความร้อนผ่านสุญญากาศได้เช่นกัน ซึ่งไม่ต้องอาศัยตัวนำ

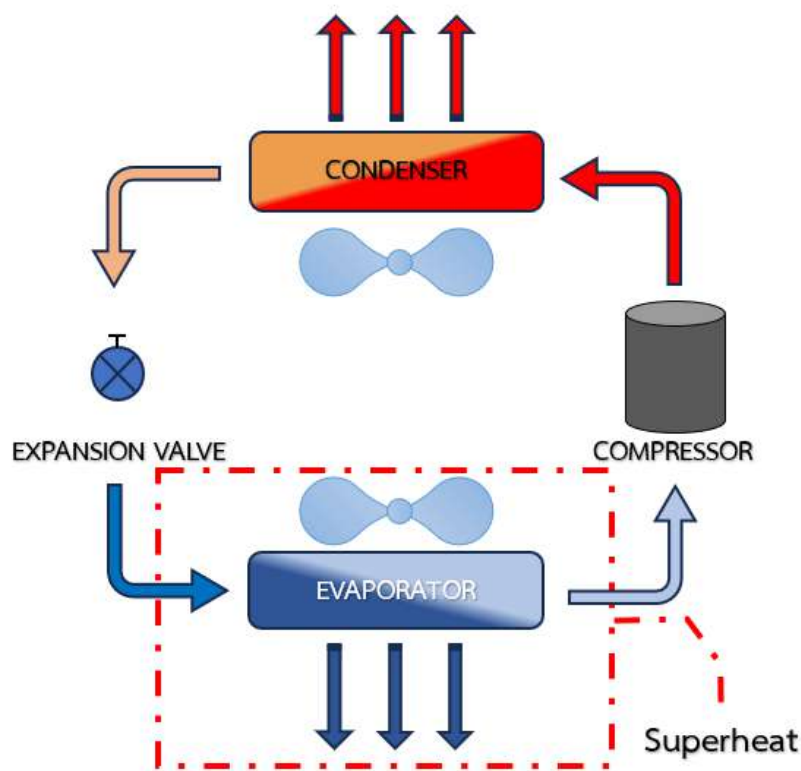
จากทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับการกำเนิดความร้อนในบริเวณที่ทำการปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศจะใช้หัวข้อในลักษณะ Heat Conduction และ Convection Heat ในการนำความร้อนออกจากบริเวณที่ทำการปรับอากาศ ด้วยกระบวนการผ่านทางเครื่องระเหย เป็นตัวกลางดังภาพประกอบที่ 2.2



ภาพประกอบที่ 2.2 การถ่ายเทความร้อน

2.5 หลักการความร้อนยิ่งยวด (Superheat: SH)

หลักการความร้อนยิ่งยวด หรือ ซุปเปอร์ฮีทเป็นกระบวนการที่สารทำความเย็นในสถานะไอร้อนขึ้นสูงมากกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวในความดันที่ปกติ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นภายในวงจรสารทำความเย็นที่เครื่องระเหย ของวงจรทำความเย็น ในระหว่างการระเหย สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ และดูดซับความร้อนจากพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น ความร้อนที่ดูดซับโดยสารทำความเย็นนี้ทำให้อุณหภูมิของเครื่องระเหยสูงขึ้น ไอที่ออกจากเครื่องระเหยจึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวที่ความดันปกติ (Sencan et al., 2006)



ภาพประกอบที่ 2.3 แสดงตำแหน่งเกิด Superheat ที่บริเวณ Evaporator

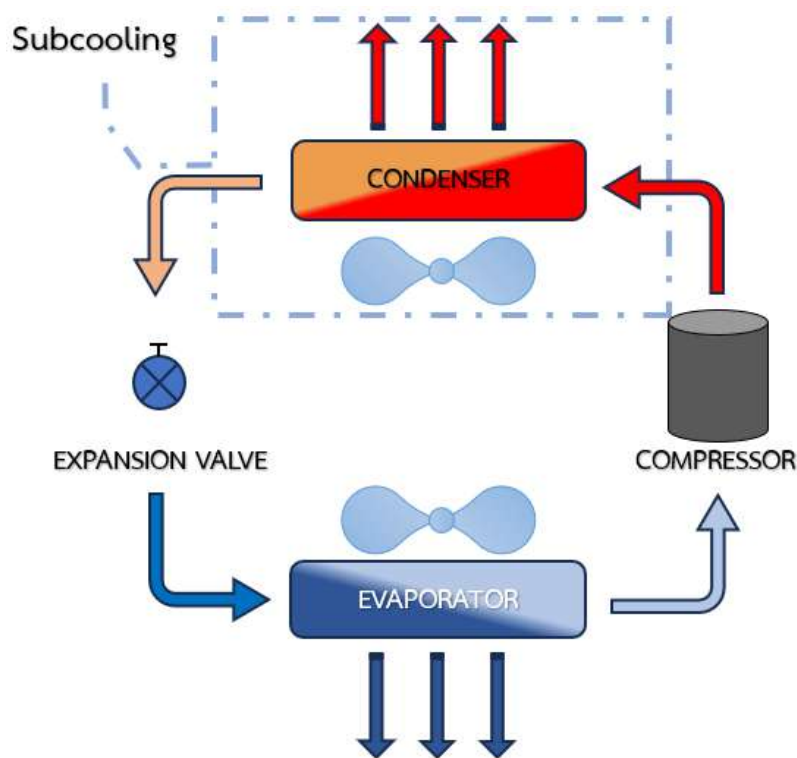
ความร้อนยิ่งยวด เป็นกระบวนการรับความร้อน จากลักษณะการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนแบบมีตัวกลาง และผ่านไปถึงขั้นการนำพาความร้อนแบบผ่านสารทำความเย็น ดังภาพประกอบที่ 2.3

ขั้นตอนในการเกิดคือ อุณหภูมิผ่านเข้าสู่ชุดเครื่องระเหย ในอุณหภูมิต่ำแรงดันต่ำ สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลว (Liquid) และในขณะที่ผ่านชุดเครื่องระเหยสารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นไอจน เมื่อผ่านออกจากชุดเครื่องระเหยสารทำความเย็นจะมีลักษณะเป็นไอ (Vapor) ที่มีแรงดันต่ำ (Low Pressure) ทั้งหมดเพื่อวนกลับไปยังเครื่องอัดไอถัดไป

2.6 หลักการซับคูลิ่ง (Subcooling: SC)

หลักการซับคูลิ่ง หมายถึงกระบวนการที่สารทำความเย็นในสถานะของเหลวเย็นลงต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวที่ความดันที่กำหนด จะเกิดขึ้นที่คอนเดนเซอร์ของวงจรทำความเย็น ในระหว่างการควบแน่น สารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว โดยปล่อยความร้อนให้กับสื่อระบายความร้อน เช่น น้ำหรืออากาศ ความร้อนที่ปล่อยออกมาทำให้อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์สูงขึ้น ของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวที่ความดันที่กำหนด (Şencan et al, 2006)

ซับคูลิ่ง นั้นเริ่มเกิดขึ้นจากกระบวนการที่มีการอัดไอเข้าที่เครื่องควบแน่น สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไอ แรงดันสูง (High Pressure) เมื่อผ่านถึงกลางคอยล์สารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นของเหลวแรงดันสูง ดังภาพประกอบที่ 2.4



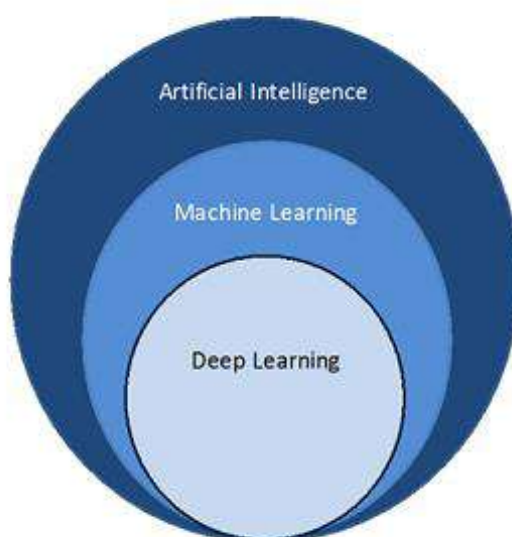
ภาพประกอบที่ 2.4 แสดงตำแหน่งเกิด Subcooling ที่บริเวณ Condenser

2.7 แนวคิดปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Concepts)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) (Elliot, Kizzy, 2019) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มุ่งเน้นไปที่การสร้างเครื่องจักรให้มีความสามารถเหมือนมนุษย์ แนวคิดทฤษฎีปัญญาประดิษฐ์ ที่สำคัญได้มีบทบาทสำคัญต่อความเข้าใจและพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และมุ่งเน้นไปที่การอธิบายแนวคิดทฤษฎีปัญญาประดิษฐ์ เป็นโปรแกรมที่ดำเนินการตามงานที่ต้องการใช้ความฉลาดของมนุษย์ เช่น การเรียนรู้ การวิเคราะห์ และการตัดสินใจของปัญญาประดิษฐ์ ได้รับความสำคัญอย่างยิ่งในยุคดิจิทัล เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานต่าง ๆ

ปัญญาประดิษฐ์เริ่มต้นขึ้นตั้งแต่ปี 1950 เมื่อ Alan Turing ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างเครื่องจักรที่คิดและทำงานเหมือนมนุษย์ได้ การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ได้ผ่านการพัฒนาในหลายช่วงเวลา ตั้งแต่การสร้างโปรแกรมที่เล่นหมากรุกได้ และ Alan Turing ได้เสนอคำถามสำคัญว่า “เครื่องจักรสามารถคิดได้หรือไม่” ในบทความของเขาชื่อ “Computing Machinery and Intelligence” (Turing, 1950) ซึ่งได้เสนอการทดสอบ Turing Test เพื่อวัดความฉลาดของเครื่องจักร ต่อมาในปี 1956 John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, และ Claude Shannon ได้จัดการประชุม Dartmouth Conference ที่ถือเป็นจุดเริ่มต้นของปัญญาประดิษฐ์ในฐานะสาขาวิชา

ประเภทของปัญญาประดิษฐ์นั้นแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ 1) การเรียนรู้เชิงลึก 2) การเรียนรู้ของเครื่อง 3) ปัญญาประดิษฐ์ ดังภาพประกอบที่ 2.5



ภาพประกอบที่ 2.5 ประเภทของปัญญาประดิษฐ์

ที่มา: <https://aws.amazon.com/th/what-is/artificial-intelligence/>

1) การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) (Polson & Sokolov, 2018) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในวงการวิทยาศาสตร์ข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบัน เป็นส่วนสำคัญของปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นในการเรียนรู้และประมวลผลข้อมูลที่มีความซับซ้อน ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในหลายด้านของการประยุกต์ใช้งานจริง การเรียนรู้เชิงลึกเป็นรูปแบบของการเรียนรู้ของเครื่อง ที่ใช้การให้เหตุผลแบบไม่เชิงเส้นโดยอาศัยโครงข่ายประสาทเทียม สามารถวิเคราะห์ปัจจัยหลายอย่างพร้อมกัน เช่น การตรวจจับการทุจริต โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกมีความเป็นอิสระ มีรายละเอียด และสามารถขยายขนาดได้มากกว่าโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องทั่วไป

อัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกสร้างบริบทให้กับข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับ คำนวณข้อมูล และทำการคาดการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ทำให้เครื่องวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเพื่อใช้ประยุกต์ในงานต่าง ๆ เช่น การประมวลผลภาพ การรู้จำเสียง และการแปลภาษาอัตโนมัติ

2) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) หนึ่งในประเภทของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาธุรกิจในโลกปัจจุบัน การเรียนรู้ของเครื่องนั้นช่วยประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากในเวลาอันสั้น และยังสามารถระบุรูปแบบและความผิดปกติได้ อัลกอริทึมปัญญาประดิษฐ์ประเภทนี้เรียนรู้ได้เมื่อเวลาผ่านไป เมื่อได้รับข้อมูลมากขึ้น การจำลองแบบของอัลกอริทึมเหล่านี้จะดีขึ้น ทำให้ไม่ต้องเขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงานนั้นตรง ๆ แบ่งออกเป็นหลายประเภทได้แก่

2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นการสอนระบบให้รู้จักกับข้อมูลที่มีป้ายกำกับ (Label) ซึ่งผู้ใช้รู้คำตอบล่วงหน้า เช่น การจำแนกภาพสัตว์เป็นหมวดหมู่

2.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นการสอนระบบให้ค้นหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ในข้อมูลที่ไม่มีป้ายกำกับ เช่น การจัดกลุ่มลูกค้าตามพฤติกรรม การซื้อ

2.3 การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) เป็นการสอนระบบให้เรียนรู้ผ่านการลองผิดลองถูก โดยจะได้รับรางวัล (Reward) หรือการลงโทษ (Punishment) ตามผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เช่น การพัฒนาหุ่นยนต์ให้เดินได้

3) ปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้งานทั่วไป (General AI) ปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้งานทั่วไป เป็นหนึ่งในแนวทางของการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ที่มุ่งเน้นให้เครื่องจักรหรือระบบคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาเช่นมนุษย์ได้ ปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้งานทั่วไปมุ่งเน้นการสร้างระบบที่มีความสามารถทั่วไปที่สุดในการประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจในรูปแบบที่หลากหลายและซับซ้อน แนวคิดเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ทั่วไปเกิดขึ้นมาจากความต้องการในการสร้างระบบที่มีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวเองในสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน มีการวิจัยและพัฒนาต่อยอดมาจากการทำงานในสาขาต่าง ๆ ของปัญญาประดิษฐ์ เช่น การเรียนรู้เชิงลึก การประมวลผล

ภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) และการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision)

ปัญญาประดิษฐ์มีหลายประเภทที่มีความสามารถและการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย ตั้งแต่การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก ไปจนถึงการประมวลผลภาษาธรรมชาติและการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทต่าง ๆ ของ ปัญญาประดิษฐ์จะช่วยให้เรานำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2.8 แนวคิดการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Concepts)

เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Adedokun, 2019), (Neapolitan & Jiang, 2018) ได้กลายเป็นหัวข้อที่สำคัญในวงการการเรียนรู้ของเครื่องจักร ซึ่งมีการวิจัยและค้นพบมากมายในสาขานี้ ในช่วงเวลาไม่นานที่ผ่านมา การเรียนรู้เชิงลึกแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่เหนือกว่ารูปแบบอื่น ๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเรียนรู้จากข้อมูลที่ไม่มีป้ายชื่อ และได้รับการประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา ความสำเร็จล่าสุดในการเรียนรู้เชิงลึกมีส่วนสำคัญในการพัฒนาสาขาปัญญาประดิษฐ์

การเรียนรู้เชิงลึก เป็นสาขาย่อยของการเรียนรู้เครื่องซึ่งใช้อัลกอริทึมในการประมวลผลข้อมูลและจำลองกระบวนการคิดเพื่อพัฒนา ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการเรียนรู้การแสดงผลข้อมูล Deep Learning ใช้ชั้นอัลกอริทึมในการประมวลผลข้อมูลในการเข้าใจการพูดของมนุษย์และการรู้จักรูปภาพ มันเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องจักรที่ถูกประกอบด้วยถามตอบของเครื่องจักร การเรียนรู้เชิงลึกเป็นเทคนิคที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในวงการปัญญาประดิษฐ์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ เนื่องจากความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนและการทำนายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการเรียนรู้เชิงลึกนั้นแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท

1) เครือข่ายประสาทคำนวณวนช่วง (Convolutional Neural Networks: CNNs)

เครือข่ายประสาทคำนวณวนช่วง ส่วนมากมีการใช้สำหรับการประมวลผลภาพและวิดีโอ โดยมีชั้นที่เรียกว่า Convolutional Layers ที่ช่วยในการดึงเอาลักษณะเด่นของภาพออกมา ซึ่งเหมาะสำหรับงานเช่น การจดจำภาพ การตรวจจบบัตุ และการปรับปรุงภาพ (Wüthrich & Merz, 2023), (Osval et al., 2022)

2) นิเวศเน็ตเวิร์กแบบวนกลับ (Recurrent Neural Networks: RNNs)

นิเวศเน็ตเวิร์กแบบวนกลับ มีโครงสร้างที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลที่มีลำดับหรือการเชื่อมต่อ มีเซลล์ที่ใช้ซ้ำ และจดจำข้อมูลที่มีลำดับได้ เหมาะสำหรับงานที่เชื่อมโยงกันเช่น การประมวลผลภาษาธรรมชาติ และการทำนายต่อเนื่อง (Wüthrich & Merz, 2023)

3) Long Short-Term Memory Networks (LSTMs)

LSTMs เป็นประเภทของ RNNs ที่พัฒนามาเพื่อแก้ปัญหการลืมข้อมูลในการทำนายที่มีความยาวของลำดับที่ยาว มีความสามารถในการเรียนรู้และจดจำข้อมูลที่มีความซับซ้อนและยาวนาน (Staudemeyer & Morris, 2019)

4) Generative Adversarial Networks (GANs)

GANs มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยโมเดลที่แข่งขันกัน ซึ่งประกอบด้วยโมเดลที่สร้างข้อมูลใหม่ (Generator) และโมเดลที่รับค่าตรวจสอบ (Discriminator) มีการใช้งานในการสร้างภาพและข้อมูลเสมือนจริงที่มีคุณภาพสูง (Goodfellow et al., 2020)

5) Transformers

Transformers เป็นโมเดลที่มีการสร้างมาเพื่อการประมวลผลภาษาธรรมชาติและงานที่มีความซับซ้อน มีความสามารถในการทำนายข้อมูลด้วยการใช้ Self-Attention Mechanisms ที่ช่วยให้มีประสิทธิภาพในการประมวลผลและการเรียนรู้ (Kamath, Graham, & Emara, 2022)

6) Autoencoders

Autoencoders เป็นโมเดลที่ใช้ในการลดมิติของข้อมูลและเรียนรู้ลักษณะเด่นของข้อมูล มักถูกนำมาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการลดมิติของข้อมูล และการสร้างข้อมูลใหม่ที่มีคุณภาพสูง (Baldi, 2012)

2.9 แนวคิดการสร้างแบบจำลองเชิงทำนาย (Building Predictive Models)

การทำนายและแบบจำลองทางสถิติ (Velli et al., 2020) เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ทำนายผลการเกิดเหตุการณ์หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูง นั้นจะมุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองทางสถิติที่สามารถนำไปใช้ทำนายผลของกระบวนการหรือสภาวะที่ต้องการตรวจสอบในหลากหลายงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งโมเดลการทำนายแบบทำนายเป็นสาขาใหม่ที่กำลังเติบโตขึ้นที่ผสมผสานเทคโนโลยีที่มีอยู่และเทคโนโลยีใหม่เพื่อเข้าใจกลไกทางกายภาพอย่างรวดเร็วและพัฒนาตัวแบบ ด้วยการสร้างแบบจำลองเชิงทำนายเป็นกระบวนการที่หลากหลายและมีรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเลือกใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการทำนายที่ต้องการ มีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองดังนี้

1) เตรียมข้อมูล การเตรียมข้อมูลที่เหมาะสมและการทำความสะอาดข้อมูล

2) เลือกแบบจำลองที่เหมาะสม ตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับปัญหาและข้อมูลที่มี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกยกมา 4 แบบจำลองได้แก่

2.1 Naïve Bayes (Viet et al., 2021) เป็นลักษณะของอัลกอริทึมที่ใช้วิธีการคิดแบบลักษณะของความน่าจะเป็นการอาศัยค่าต่อเนื่องจากเหตุการณ์ก่อนหน้าส่วนใหญ่ในการจัดกลุ่มและแยกประเภทด้วยการใช้สมการ (2.1) (สุรยุทธ์ ไชยจันทร์ และคณะ, 2564) ในการคำนวณ ดังนี้

$$P(c|x) = \frac{P(x|c) P(c)}{P(x)} \quad (2.1)$$

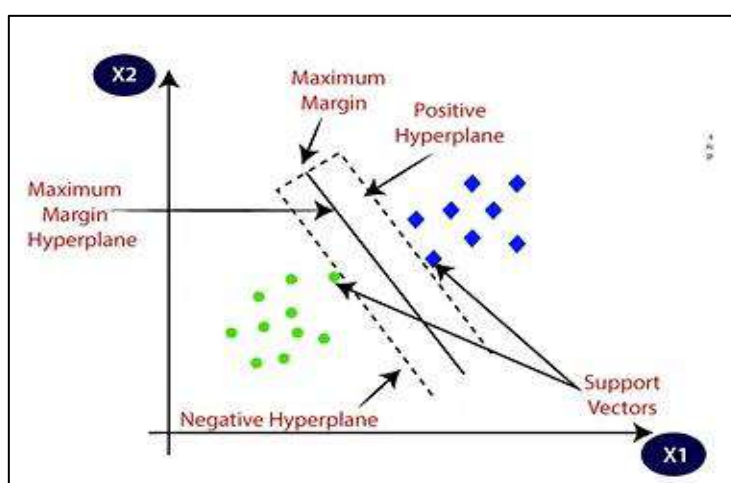
โดยที่ $P(c|x)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นของ c เมื่อทราบค่าข้อมูล x ที่ใช้ทำนาย

$P(x|c)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นของ x เมื่อทราบค่าข้อมูล c ที่ใช้ทำนาย

$P(c)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นก่อนหน้าของสมมติฐาน c

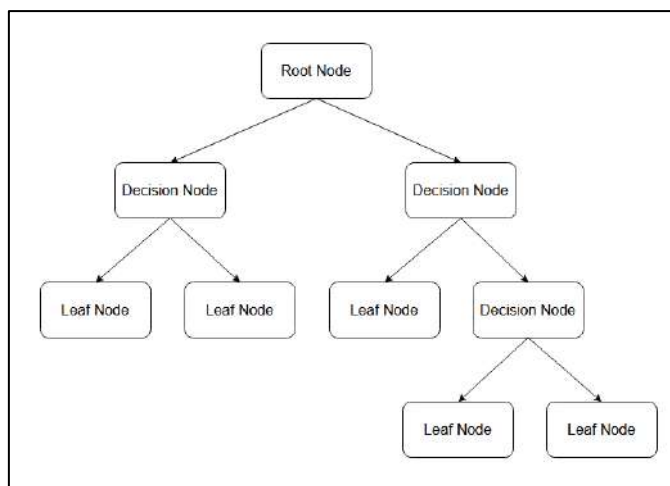
$P(x)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นก่อนหน้าของสมมติฐาน x

2.2 Support Vector Machine (Akbari et al., 2004) ลักษณะในการจำแนกชุดข้อมูลด้วยวิธีการหา Hyperplane ใช้สำหรับแบ่งข้อมูลที่แตกต่างกัน เพื่อหาจุดต่างกันระหว่างแต่ละจุดเป็น Margin ที่มีความกว้างมากที่สุด และมีข้อดีของการจำแนกลักษณะนี้คือ มีความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่มีมิติสูง มีลักษณะในการจำแนกดังภาพประกอบที่ 2.6



ภาพประกอบที่ 2.6. การตัดสินใจแบบ Support Vector Machine

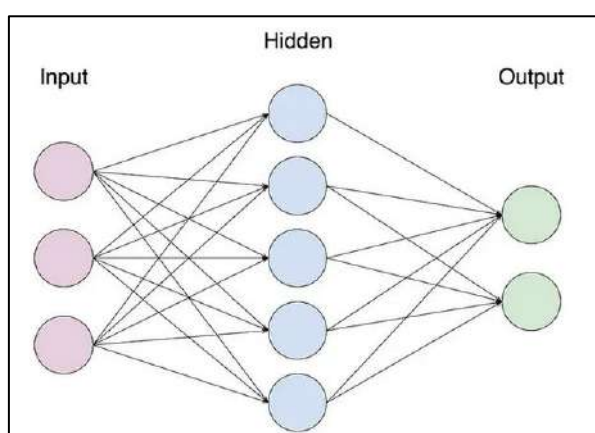
2.3 Decision Tree (Charbuty & Abdulazeez, 2021) แบบจำลองนี้สร้างโครงสร้างต้นไม้ที่ใช้ในการตัดสินใจ ด้วยวิธีการแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกัน ในแต่ละโหนดเพื่อใช้ในการทำนายผล การตัดสินใจนี้ มีการตัดสินใจที่เลียนแบบมนุษย์ และเข้าใจง่าย มีลักษณะในการเรียก ได้ แก่ 1) Root ประเภทNode 2) Decision Node 3) Leaf Node มีลักษณะการจำแนกดังภาพประกอบที่ 2.7



ภาพประกอบที่ 2.7 การตัดสินใจแบบต้นไม้

การทำนายลักษณะนี้เข้าใจได้ง่าย มักใช้ในการจำแนกประเภทของลูกค้าหรือการตัดสินใจเช่น การอนุมัติสินเชื่อ

2.4 Neural Networks (Müller & Guido, 2016) แบบจำลองเชิงลึกที่ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อการทำนายข้อมูลที่ซับซ้อน มีศักยภาพในการเรียนรู้และวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนมาก Neural Networks เป็นอัลกอริทึมที่เลียนแบบการคิดวิเคราะห์แบบมนุษย์ จากลักษณะในการคิดนี้โมเดลของ อัลกอริทึมนี้จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนประกอบด้วย 1) Input Layer เป็นส่วนที่รับชุดข้อมูลและส่งยัง ส่วนประกอบที่ 2) Hidden Layer มีหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่รับมาจากชั้น Input Layer เช่น การจัดการ การเรียงข้อมูล เป็นต้น ทำให้ช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น 3) Output Layer เป็นส่วนแสดงผลในการจำแนกประเภทในการตัดสินใจของข้อมูลที่ได้รับต่อมาจากชั้น Hidden Layer นั้นมีรูปแบบในการคิดดังภาพประกอบที่ 2.8



ภาพประกอบที่ 2.8 การตัดสินใจแบบ Neural Networks

ที่มา : (Krishna, 2020)

ตัวแบบจำลองในแต่ละแบบมีคุณสมบัติที่เฉพาะเจาะจงและเหมาะสมกับการทำนาย และปัญหาที่แตกต่างกัน การเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่และวัตถุประสงค์ของการทำนายที่ต้องการความแม่นยำและประสิทธิภาพที่สูงสุด

3) ฝึกและประเมิน ฝึกแบบจำลองด้วยข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ด้วยข้อมูลทดสอบ

1) การใช้ข้อมูลทดสอบ เพื่อทดสอบความสามารถในการทำนายของแบบจำลอง ที่ได้ฝึก เราจะใช้ข้อมูลทดสอบที่ไม่ได้ใช้ในการฝึก แบบจำลองจะทำนายผลลัพธ์ตามข้อมูลทดสอบ เพื่อวัดประสิทธิภาพ.

2) การวิเคราะห์ผลลัพธ์ การประเมินนี้มีการวิเคราะห์ค่าเชิงคุณภาพและค่าเชิงปริมาณ เช่น การใช้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และ ค่าถ่วงดุล (F-Measure) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการทำนาย

การฝึกและประเมินแบบจำลองเชิงทำนายเป็นกระบวนการที่ต้องทำอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงและน่าเชื่อถือในการทำนายผลลัพธ์

2.10 การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ (Model Performance Evaluation)

ในการประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ (Model Evaluation) (hitexts, 2023) จากการเรียนรู้ของเครื่องสามารถแบ่งการประเมินได้เป็น 2 รูปแบบ Classification และ Regression

ในรูปแบบ Classification จำแนกเรียกว่า Confusion Matrix มีค่าที่สำคัญที่ควรต้องรู้ ดังภาพประกอบที่ 2.9

1) True Positive (TP) เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องสามารถตัดสินใจได้ถูกต้องตามที่คาดหวัง

2) True Negative (TN) เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องสามารถตัดสินใจตรงกับค่าที่ไม่ได้คาดหวัง

3) False Positive (FP) เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องตัดสินใจผิดพลาด แต่ตรงกับค่าที่คาดหวัง

4) False Negative (FN) เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องตัดสินใจผิดพลาด และตรงกับค่าที่ไม่ได้คาดหวัง

		Actual Values	
		Positive (1)	Negative (0)
Predicted Values	Positive (1)	TP True Positive	FP False Positive
	Negative (0)	FN False Negative	TN True Negative

ภาพประกอบที่ 2.9 Confusion Matrix

เมื่อได้ค่า TP, TN, FP, FN แล้วนั้นการประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธี Confusion Matrix ค่าที่ใช้ในการประเมิน Accuracy, Precision, Recall, F-Measure และ ROC curve

ค่า Accuracy ใช้สำหรับวัดว่าตัวแบบนั้นสามารถที่จะตัดสินใจได้ถูกต้องแค่ไหน แต่ไม่สามารถที่จะใช้วัดได้หากคำตอบมีเกิน 2 แบบขึ้นไปไม่สามารถใช้งานได้ วิธีการคำนวณค่า ใช้สมการ (2.2) ได้ดังนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (2.2)$$

ค่า Precision ใช้ตรวจสอบถึงความเที่ยงตรงกับค่าที่สนใจ คำนี้นี้วิธีการคำนวณค่า Precision ใช้สมการ (2.3) ได้ดังนี้

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.3)$$

ค่า Recall ใช้สำหรับตรวจดูว่าตัวแบบสามารถทำนายได้ถูกต้องแค่ไหน ใช้วิธีการคำนวณ ค่า Recall ใช้สมการ (2.4) ได้ดังนี้

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.4)$$

ค่า F-Measure เป็นค่าที่ใช้ในการตัดสินใจในการเลือกโมเดลว่าได้ค่าที่ดีที่สุด คำนวณค่าได้จากสมการ (2.5) ได้ดังนี้

$$F - Measure = \frac{(2 \times PRECISION \times RECALL)}{(PRECISION + RECALL)} \quad (2.5)$$

ค่า ROC Curve เป็นกราฟที่กำหนดค่าระหว่างอัตราส่วนที่ทำนายถูกต้อง และอัตราส่วนที่ทำนายผิด ดังสมการ (2.6), (2.7) ที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.6)$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} \quad (2.7)$$

ค่า AUC Curve เป็นการวัดประสิทธิภาพของโมเดลการทำนาย ด้วยการดูจากพื้นที่ใต้เส้น ROC (Receiver Operating Characteristic) โมเดลที่มี AUC สูงมีประสิทธิภาพการทำนายที่ดี ค่า AUC อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โมเดลที่มี AUC เข้าใกล้ 1 มีประสิทธิภาพดี ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.5 มีแนวโน้มในการเดาสุ่ม

2.11 วงจรการพัฒนากระบวน (System Development Life Cycle: SDLC)

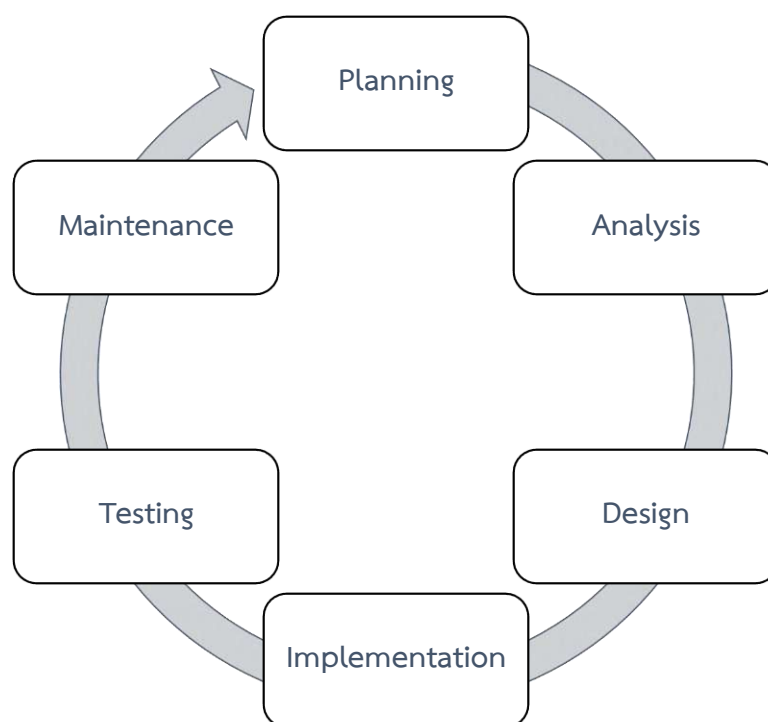
กระบวนการวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ มีบทบาทสำคัญเป็นกระบวนการที่มีโครงสร้างที่ช่วยในการสร้างผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์คุณภาพสูง ทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างดีตั้งแต่การวางแผนจนถึงวิธีการที่ผ่านการทดสอบต่าง ๆ กระบวนการ SDLC ประกอบด้วยโมเดลต่าง ๆ เช่น โมเดล Waterfall, Model Prototype, Model Spiral, Agile, Incremental และ Rapid Application Development (RAD) ซึ่งแต่ละรุ่นออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการและข้อกำหนดของโครงการที่แตกต่างกันการเลือกโมเดล วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดเฉพาะของโครงการเนื่องจากแต่ละรุ่นมีข้อดีและข้อเสียของตัวเองทำให้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักพัฒนาที่จะเลือกรุ่นที่เหมาะสมที่สุด

อย่างไรก็ตาม ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพสูงและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์จะช่วยให้การแบ่งการพัฒนาออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ อย่างชัดเจน เช่น การวางแผน การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การนำไปใช้งาน และการบำรุงรักษา การมี

ขั้นตอนเหล่านี้ช่วยให้ทีมงานสามารถติดตามความก้าวหน้าและตรวจสอบความถูกต้องของงานได้ในแต่ละขั้นตอน ทำให้สามารถระบุและแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

การมีแนวทางที่มีโครงสร้างยังช่วยให้การสื่อสารภายในทีมพัฒนาและระหว่างทีมพัฒนากับผู้มีส่วนได้เสียอื่น ๆ มีความชัดเจนและเข้าใจตรงกัน ทำให้การจัดการโครงการเป็นไปอย่างราบรื่น ลดความเสี่ยงของการเกิดข้อผิดพลาดและความไม่เข้าใจ นอกจากนี้ยังช่วยให้การบริหารจัดการเวลาและทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กระบวนการใช้วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์เป็นแนวทางที่มีโครงสร้างในการพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วนและทันเวลา หลักการข้อสำคัญของวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์มีกระบวนการที่กล่าวถึงข้างต้นมีรายละเอียด ดังภาพประกอบที่ 2.10



ภาพประกอบที่ 2.10 วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์

จากภาพประกอบที่ 2.10 กระบวนการวงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์เป็นโครงสร้างที่กำหนดไว้เพื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูง มีการแบ่งขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจนเพื่อให้ทีมพัฒนาได้ทำงานอย่างเป็นระบบและเป็นระเบียบ ซึ่งมีขั้นตอนหลัก ๆ จำนวน 6 ขั้นตอนดังนี้

- 1) การวางแผน (Planning) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตของโครงการ วัตถุประสงค์ และทรัพยากรที่จำเป็น รวมถึงการวิเคราะห์ความเป็นไปได้และการจัดทำแผนโครงการ
- 2) การวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นตอนนี้รวมถึงการรวบรวมและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้และผู้มีส่วนได้เสียอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับสิ่งที่ซอฟต์แวร์ต้องทำ
- 3) การออกแบบ (Design) ในขั้นตอนนี้จะมีการสร้างแบบจำลองและโครงสร้างของซอฟต์แวร์ รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ ฐานข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้
- 4) การพัฒนา (Implementation) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการเขียนโค้ดและการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของซอฟต์แวร์ตามการออกแบบที่ได้วางไว้
- 5) การทดสอบ (Testing) ในขั้นตอนนี้จะมีการตรวจสอบและทดสอบซอฟต์แวร์เพื่อหาข้อบกพร่องและตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน
- 6) การบำรุงรักษา (Maintenance) ขั้นตอนที่สุดท้ายนี้เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาและอัปเดตซอฟต์แวร์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงและการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบในภายหลัง

วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์ เป็นกรอบการทำงานที่กำหนดขั้นตอนและกระบวนการในการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยหลายขั้นตอนหลัก เช่น การวางแผน การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การนำไปใช้งาน และการบำรุงรักษา วงจรชีวิตการพัฒนาซอฟต์แวร์ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ที่มีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากช่วยในการจัดระเบียบการทำงาน ลดข้อผิดพลาด และเพิ่มความชัดเจนในการสื่อสารระหว่างทีมพัฒนาและผู้มีส่วนได้เสีย อีกทั้งยังช่วยให้การบริหารจัดการเวลาและทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วนและทันเวลา

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัช กองสี และคณะ (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของระดับแรงดันสารทำความเย็นและความเสียหายทางกลต่อสัญญาณการสั่นในเครื่องปรับอากาศ ในการทดลองมีการใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน (Split Type) ใช้การให้สารทำความเย็น R-22 ในระดับแรงดันที่มีแรงแตกต่างกัน ใน 3 ระดับ ในแรงดันที่ 40, 60, และ 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และอีก 3 เงื่อนไขคือ 1) ทดลองนำน้ำที่ฐานคอมเพรสเซอร์ออก 1 ตัว 2) น้ำที่ฐานครบถ้วนและขันแน่นทุกตัว 3) แผ่นกรองอากาศในชุดคอยล์เย็นสกปรก และทำการวัดผลแรงสั่นสะเทือน วัดค่าการกินไฟของคอมเพรสเซอร์

จากการทดลองวิจัยนี้ ได้ผลสรุป เมื่อสารทำความเย็นที่มีปริมาณสูงขึ้นและเพียงพอ เทียบกับสารทำความเย็นที่มีปริมาณน้อย ทำให้มีการทำงานของระบบมีการทำความเย็นใช้เวลาน้อยลงและ

มีอัตราการใช้ไฟฟ้าสูง และมีอัตราการสิ้นเปลืองที่มากกว่า เมื่อเทียบกับสารทำความเย็นปริมาณน้อย ทำให้ระบบการทำงานใช้เวลานานขึ้น มีอัตราการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่า และการอัตราการสิ้นเปลืองที่มากกว่า ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในงานวิเคราะห์ระบบเครื่องปรับอากาศ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเพิ่มขึ้น

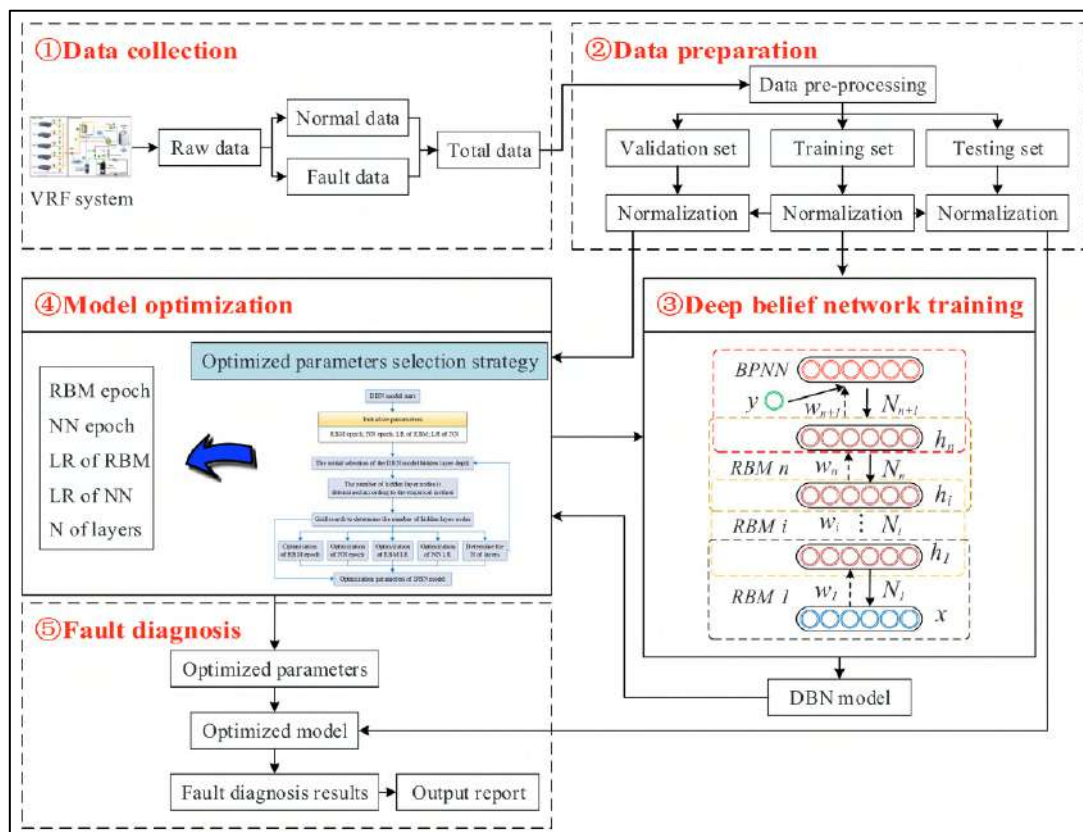
วีระชาติ ขวดแก้ว และคณะ (2561) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงด้วยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ในงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยได้กล่าว ว่าอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในเครื่องปรับอากาศคือคอมเพรสเซอร์ มีการควบคุมการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ด้วยอุปกรณ์ เทอโมสตัทที่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิ ทำงานตัดต่อแบบ On-Off Control ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ และควบคุมอุณหภูมิได้ไม่คงที่ ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะมีการใช้งานพลังงานจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในการเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนการทำงานของคอมเพรสเซอร์กระแสตรงสำหรับสารทำความเย็นชนิด R-22 แบบมอเตอร์ BLDC ใช้ในการทดลอง นำมอเตอร์สำหรับคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ที่สามารถปรับความเร็วของรอบมอเตอร์ได้ โดยในการวิจัยมีการทดลองปรับค่าต่าง ๆ เช่น ค่าความต้านทาน (Ω) โดยได้ผลเพื่อนำมาคำนวณหาค่าพลังงาน ทำให้ได้ผลการทดลองในค่าต่าง ๆ Speed ความเร็วรอบมอเตอร์ R_h ความชื้นสัมพัทธ์ T อุณหภูมิลมเข้า m/s ความเร็วลมเข้า เมตรต่อวินาที T อุณหภูมิลมกลับ m/s ความเร็วลมกลับ เมตรต่อวินาที

ผลสรุปงานวิจัยทางผู้วิจัยสามารถวัดค่าประสิทธิภาพในการใช้งานพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยได้ผลสรุป ในค่าความต้านทานที่ 500Ω ทำให้ได้ค่า EER เท่ากับ 23.59 (btu/h)/Watt และที่ค่าต้านทานที่ 2Ω ได้ค่า EER เท่ากับ 14.08 (btu/h)/Watt เป็นค่าประสิทธิภาพที่ดีมาก ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์งานวิจัย

Guo, Y., Tan, Z., Chen, H., Li, G., Wang, J., Huang, R., Liu, J., & Ahmad, T. (2018) ได้ทำการวิจัยเรื่องเรื่อง Deep learning-based fault diagnosis of variable refrigerant flow air-conditioning system for building energy saving งานวิจัยนี้ใช้แบบ จำลองตามการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการวินิจฉัยความผิดพลาดของระบบสารทำความเย็นแบบไหลแบบแปรผัน มีการประยุกต์ใช้วิธี Deep Belief Network (DBN) สำหรับวินิจฉัยความผิดพลาดของระบบการไหลของสารทำความเย็นแบบแปรผัน (VRF) เพื่อใช้ในการบำรุงรักษาทันเวลาที่เหมาะสมลดการสูญเสียพลังงานและป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์เพิ่มเติม

วิธีในการวิจัยนี้ ดังภาพประกอบที่ 2.11 ทางผู้วิจัยได้มีลำดับดังนี้ 1. ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งชุดข้อมูลนี้มีทั้งข้อมูลอาการเสีย และข้อมูลที่มีการทำงานปกติ รวมเป็นชุดข้อมูล 2. ขั้นตอนในการเตรียมชุดข้อมูล มีการแบ่งข้อมูล เป็น 3 ชุด ชุดข้อมูลที่ 1 ไม่ได้ใช้สำหรับฝึกฝนหรือทดสอบเตรียมไว้สำหรับงานปรับแต่งตัวแบบ ชุดข้อมูลที่ 2 ใช้สำหรับฝึกฝนสำหรับการเรียนรู้

ของเครื่อง (Machine Learning) ชุดข้อมูลที่ 3 ใช้สำหรับการทดสอบการเรียนรู้ของเครื่อง ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนฝึกฝนการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีการ (DBN) Deep belief network training จึงได้ตัวแบบในการวิเคราะห์วินิจฉัย ขั้นตอนที่ 4 มีการปรับแต่งตัวแบบสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อให้ตัวแบบมีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยได้มีประสิทธิภาพสูงสุด ขั้นตอนที่ 5 มีการปรับแต่งพารามิเตอร์และกำหนดค่าโมเดล เช่น การกำหนดปรับแต่งจำนวนโหนด

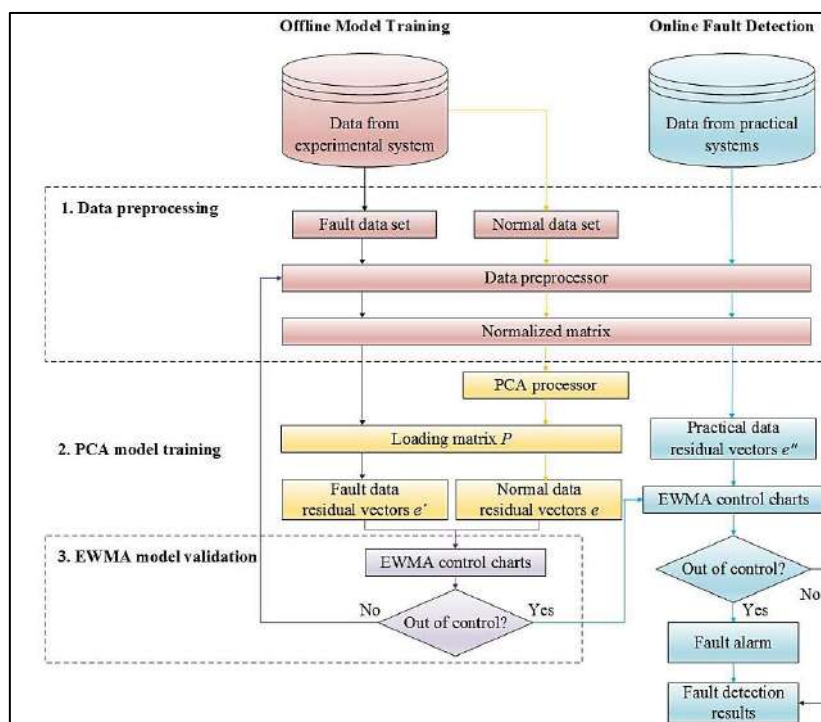


ภาพประกอบที่ 2.11 โครงสร้างในการวิจัยในลักษณะ Deep Belief Network สำหรับ VRF
ที่มา: (Guo et al., 2018)

ผู้ทำวิจัยได้เสนอกลยุทธ์การเลือกข้อมูลสำหรับแบบจำลองการวินิจฉัยความผิดพลาดด้วยการใช้วิธี DBN ซึ่งช่วยในการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกในข้อมูลการวินิจฉัยข้อผิดพลาดของระบบ HVAC

Jiangyan Liu, Yunpeng Hu, Huanxin Chen, Jiangyu Wang, Guannan Li, &WenjuHu (2016) ได้ทำการวิจัยเรื่อง A refrigerant charge fault detection method for variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning systems ได้ใช้วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการตรวจจับความผิดพลาดในระบบปรับอากาศ VRF อาศัยการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) และ

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักแบบทวีคูณ (Exponentially Weighted Moving Average Sign Control Chart: EWMA) ดังภาพประกอบที่ 2.12



ภาพประกอบที่ 2.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของ EWMA Model

ที่มา: A refrigerant charge fault detection method for variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning systems (Liu et al., 2016)

PCA เป็นเทคนิคทางสถิติที่ช่วยลดมิติของข้อมูลและระบุรูปแบบหรือความผิดปกติในชุดข้อมูลหลายตัวแปร ด้วยวิธีการ PCA จะแปลงชุดข้อมูลหลายตัวแปรให้เป็นชุดข้อมูลที่มีจำนวนตัวแปรน้อยกว่า และยังคงรักษาข้อมูลสำคัญไว้ในชุดข้อมูลใหม่

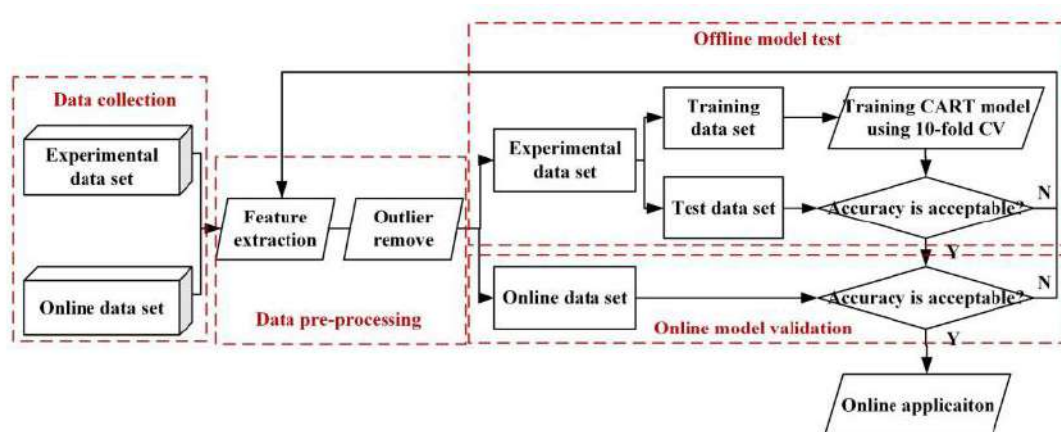
EWMA เป็นเทคนิคการวัดค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งใช้สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาผ่านไป ในกระบวนการ EWMA จะกำหนดน้ำหนักที่ลดลงตามลำดับแก่ข้อมูลเก่ากว่า ช่วยให้การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว

ในบทความฉบับนี้ ผู้วิจัย ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ทดลองกับข้อมูลการทดสอบความผิดปกติของประจุสารทำความเย็นในระบบ VRF ผลจากการทดลองพบว่าวิธีการที่เสนอนั้นทำให้ตรวจจับความผิดปกติของประจุสารทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ตรวจจับความผิดปกติได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น

งานวิจัยนี้แนะนำวิธีการทางสถิติใหม่ในการตรวจจับความผิดพลาดของประจุสารทำความเย็นในระบบ VRF วิธีการนี้รวมการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (PCA) กับการถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยแบบ

เอกซ์โพเนนเชียล (EWMA) เพื่อระบุและติดตามการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติในระดับประจุสารทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการนี้ได้รับการประเมินโดยใช้ข้อมูลทั้งแบบทดลองและแบบออนไลน์ และผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับความผิดพลาดได้อย่างมากในระดับความรุนแรงต่ำ นอกจากนี้ วิธีการนี้ยังมีประสิทธิภาพในการประมวลผลและช่วยให้จัดการกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ได้ งานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้นำไปประยุกต์ใช้กับระบบ VRF ได้

Jiangyan, Liu., Chen, Huanxin., Jiangyu, Wang., Guannan, Li., Haorong, Li., Wenju, Hu. (2016) ได้ทำการวิจัยเรื่อง Fault diagnosis of refrigerant charge based on PCA and decision tree for variable refrigerant flow systems. บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การวินิจฉัยข้อผิดพลาดในการประจุสารทำความเย็นในระบบ Variable Refrigerant Flow (VRF) ด้วยวิธีการแผนผังการตัดสินใจแบบ Decision Tree ตามอัลกอริทึม Classification and Regression Tree (CART) ดังภาพประกอบที่ 2.13 ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากระบบ VRF ทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีวิจัย ผู้วิจัยได้มีการจัดเตรียมข้อมูล (Dataset) ดังนี้



ภาพประกอบที่ 2.13 Flow Chart แสดงวิธี CART ของข้อมูลข้อบกพร่องของประจุสารทำความเย็น
ที่มา: Fault diagnosis of refrigerant charge based on PCA and decision tree for variable
refrigerant flow systems (Liu, Chen, et al., 2016)

ผลสรุปผู้วิจัยได้ใช้ วิธี CART แบบ Decision Tree ในการวิเคราะห์ห้มีความถูกต้องต่อข้อผิดพลาดในการชาร์จปริมาณสารทำความเย็นไม่เพียงพอ หรือ การชาร์จเกิน ในงานวิจัยมีการสร้างโมเดล CART สองแบบ เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องแบบแรก การชาร์จที่ไม่เพียงพอ และแบบที่สอง การชาร์จที่เกินปริมาณและไม่เพียงพอ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการชาร์จต่ำกว่า แต่มีความไวต่อความผิดพลาดในการชาร์จมากขึ้นไปน้อยเนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

Zhengfei Li, Shubiao Shi, Huanxin Chen, Wentian Wei, Yuzhou Wang, Qian Liu, Tao Liu (2020) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Machine learning based diagnosis strategy for refrigerant

charge amount malfunction of variable refrigerant flow system งานวิจัยนี้นำเสนอกลยุทธ์การวินิจฉัยตามการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุความผิดปกติของปริมาณการชาร์จสารทำความเย็นในระบบ Variable Refrigerant Flow (VRF)

ในงานวิจัยใช้วิธีการจัดคุณลักษณะซ้ำซ้อนด้วยวิธีป่าสุ่ม (RFE-RF) การศึกษาจึงทำให้ตัวแปรสำคัญและลบสำหรับการฝึกแบบจำลองได้สำเร็จ 5 แบบ จำลอง การวินิจฉัย ได้แก่ Decision tree, Weighted k-nearest Neighbor, Random Forest, Support Vector Machine (SVM) ที่มีเคอร์เนลฟังก์ชันพื้นฐานแบบเรเดียล ได้รับการพัฒนาและเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคการตรวจสอบข้ามและการค้นหาแบบกริด 10 เท่า สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพไฮเปอร์พารามิเตอร์ AdaBoost Model (ABM) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เหนือกว่า ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่า 98.7% และค่า AUC 0.9792 ในการวินิจฉัยความผิดพลาดในระดับความรุนแรงแก่ระดับการวิจัยยืนยันประสิทธิภาพของโมเดลแบบรวม เช่น ABM และ RF ในการวินิจฉัยความผิดพลาดและเน้นศักยภาพของกลยุทธ์การวินิจฉัยที่ครอบคลุมที่เสนอสำหรับการใช้งานในทางปฏิบัติในระบบ VRF

Velli, Tsibidis, Mimidis, Skoulas, Pantazis, & Stratakis (2020) ทำการวิจัยเรื่อง แนวทางการสร้างแบบจำลองเชิงทำนายในการประมวลผลวัสดุที่ใช้เลเซอร์ งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองเชิงพยากรณ์ในการประมวลผลวัสดุด้วยเลเซอร์ เพื่อพัฒนาและทำนายผลของกระบวนการประมวลผลต่อโครงสร้างของวัสดุ งานวิจัยใช้วิธีการทางสถิติและการเรียนรู้ของเครื่อง ในการสร้างแบบจำลองที่ทำนายผลลัพธ์ของกระบวนการเลเซอร์ได้อย่างแม่นยำ มีการฝึกแบบจำลองด้วยข้อมูลจากการทดลองและการจำลองแบบ

ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองเชิงพยากรณ์ช่วยให้จับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตของกระบวนการเลเซอร์กับคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ การผนวกข้อมูลการจำลองแบบเข้ากับข้อมูลการทดลองช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่มากขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยยังนำเสนอเมตริกในการระบุและวัดความไม่แน่นอนของการพยากรณ์ ผลพบว่าความไม่แน่นอนสูงมักเกิดขึ้นบริเวณขอบเขตการเปลี่ยนแปลงผลการวิจัยเหล่านี้ยังนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนในการออกแบบ ทดสอบ และผลิตวัสดุด้วยการใช้แบบจำลองเชิงพยากรณ์แทนการทดลองที่มีค่าใช้จ่ายสูง

Yang, M., Cheng, L., Cao, M., & Yan, X. (2022) ทำการวิจัยเรื่อง A Stacking Ensemble Learning Method to Classify the Patterns of Complex Road Junctions นำเสนอวิธีการใหม่ในการจำแนกรูปแบบทางแยกที่ซับซ้อนด้วยเทคนิค Stacking Ensemble Learning ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการที่ผสมผสานจุดแข็งของโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกหลายตัว เริ่มจากการแปลงทางแยกจากรูปแบบเวกเตอร์เป็นภาพราสเตอร์ด้วยขนาดพื้นที่ครอบคลุมที่หลากหลาย จากนั้นใช้ AlexNet และ GoogLeNet เป็น Base Classifiers เพื่อทำนายความน่าจะเป็นของแต่ละรูปแบบ

ทางแยก และสุดท้ายใช้ Random Forest เป็น Meta-Classifer เพื่อรวมผลลัพธ์และให้ผลการจำแนกสุดท้ายผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการจำแนกรูปแบบทางแยกที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย GoogLeNet-based SE Model มีความแม่นยำสูงถึง 92.4% ซึ่งสูงกว่า Base Classifiers 6-14% ในขณะที่ AlexNet-Based SE Model มีความแม่นยำ 78.9% ซึ่งสูงกว่า Base Classifiers 5-6% นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทดสอบวิธีการกับทางแยกในเมืองใหญ่ของจีน เช่น ปักกิ่ง ฉงตู กวางโจว และฉงชิ่ง เพื่อยืนยันผลลัพธ์จากการใช้งานจริง ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้มีประสิทธิภาพและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการจำแนกรูปแบบทางแยกที่ซับซ้อนในเมืองต่าง ๆ

Arsov, N., Pavlovski, M., & Kocarev, L. (2019) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Stacking and Stability" ได้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบซ้อน (Stacking) ซึ่งเป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบเมต้า (Meta-Learning) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความแม่นยำในการทำนายของโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง นักวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางทฤษฎีอย่างละเอียดเกี่ยวกับเสถียรภาพของอัลกอริทึมการซ้อนแบบต่าง ๆ รวมถึง Bag-Stacking และ Dag-Stacking พร้อมกับสำรวจผลกระทบของพวกมันต่อข้อผิดพลาดในการทำนาย ผลการศึกษาพบว่า การสุ่มตัวอย่างแบบย่อย (Subsampling) และการสุ่มตัวอย่างแบบ Bootstrap ช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของการซ้อน อีกทั้งการซ้อนยังช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของทั้ง Dagging (Subbagging) และ Bagging อีกด้วย

จากการวิจัยพบว่า เสถียรภาพของสมมติฐานของการซ้อนนั้นเป็นผลจากเสถียรภาพของสมมติฐานของโมเดลพื้นฐานแต่ละตัวและตัวรวม (Combiner) นอกจากนี้ ในการซ้อนแบบ Bag-Stacking และ Dag-Stacking เสถียรภาพของสมมติฐานจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์การสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างชุดข้อมูลการฝึกซ้อม งานวิจัยนี้เน้นถึงความสำคัญของการใช้การสุ่มตัวอย่างแบบย่อยและการสุ่มตัวอย่างแบบ Bootstrap เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพและลดข้อผิดพลาดในการทำนายของโมเดลการเรียนรู้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการเรียนรู้แบบซ้อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของโมเดลการเรียนรู้ได้อย่างมีนัยสำคัญ

Lowd, D., & Domingos, P. (2005) ได้ทำการวิจัยเรื่อง Naive Bayes Models for Probability Estimation ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล Naive Bayes ในการประมาณความน่าจะเป็นทั่วไป งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปที่การใช้งานโมเดล Naive Bayes ปกติจะถูกใช้ในการจัดกลุ่มและการจำแนกประเภท ในการประมาณและคำนวณการแจกแจงร่วมแบบมีเงื่อนไขและการแจกแจงขอบทั่วไป นักวิจัยได้ใช้วิธีการเรียนรู้ด้วยอัลกอริทึม Expectation-Maximization (EM) และพบว่าโมเดล Naive Bayes นั้นทำงานได้เทียบเท่ากับเครือข่าย Bayesian ในแง่ของความแม่นยำและเวลาในการเรียนรู้ แต่ที่สำคัญยิ่งกว่านั้นคือการอนุมานโดยใช้ Naive Bayes นั้นรวดเร็วกว่าเครือข่าย Bayesian อย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อใช้วิธีการอย่าง Gibbs Sampling

และ Belief Propagation ซึ่งทำให้โมเดล Naive Bayes กลายเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและนำไปใช้งานวิจัยและการประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ

ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าโมเดล Naive Bayes สามารถประมาณการการแจกแจงแบบโกล์เคียงได้อย่างแม่นยำใช้เวลาในการอนุมานที่สั้นกว่าเครือข่าย Bayesian อย่างมาก การอนุมานโดยใช้ Naive Bayes นั้นมีความเป็นเชิงเส้นในจำนวนของส่วนประกอบและตัวแปรที่ต้องการค้นหา ซึ่งทำให้การอนุมานมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โมเดล Naive Bayes จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการประมาณความน่าจะเป็นทั่วไป โดยเฉพาะในโดเมนที่มีขนาดใหญ่หรือแบบเรียลไทม์ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการที่นำไปใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพในหลากหลายด้านทำให้เกิดความก้าวหน้าในวงการวิทยาศาสตร์ข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่องอย่างชัดเจน

Taheri, S., & Mammadov, M. (2013) งานวิจัยนี้เสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวจำแนกประเภทแบบ Naive Bayes โดยใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) ผู้วิจัยได้เสนอแบบจำลองการหาค่าเหมาะสมที่สุด 3 รูปแบบสำหรับ Naive Bayes โดยพิจารณาความน่าจะเป็นของคลาสและความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า จากนั้นใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรเหล่านี้ (Taheri & Mammadov, 2013)

ผลการทดลองบนชุดข้อมูลจริง 14 ชุดแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ Naive Bayes ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยยังคงรักษาโครงสร้างที่เรียบง่ายไว้ได้ โดยเฉพาะแบบจำลองที่ 3 ซึ่งมีการพิจารณาตัวแปรมากที่สุด ทำให้เพิ่มความแม่นยำในการทำนายได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ แบบจำลองที่นำเสนอยังมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการจำแนกประเภทอื่นๆ ที่นิยมใช้ เช่น Tree Augmented Naive Bayes, Support Vector Machine, C4.5 และ Nearest Neighbor ในชุดข้อมูลส่วนใหญ่ (Taheri & Mammadov, 2013)

อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีการที่นำเสนอคือ ต้องใช้เวลาในการฝึกฝนมากกว่า Naive Bayes แบบดั้งเดิม เนื่องจากต้องใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด แต่ก็ยังคงรักษาโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนของ Naive Bayes ไว้ได้ โดยสรุปแล้ว งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดและปรับปรุงประสิทธิภาพของ Naive Bayes ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.13 สรุป

ในบทที่ 2 นี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยมีหัวข้อแนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำแนกเป็นหัวข้อหลัก ๆ จำนวน 12 ข้อ ดังนี้ 1) แนวคิดระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ 2) สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ 3) วงจรสารทำความเย็น 4) ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 5) หลักการความเย็นยิ่งยวด 6) หลักการขับเคลื่อน 7) แนวคิดปัญญาประดิษฐ์ 8) แนวคิดการเรียนรู้เชิงลึก 9) แนวคิดการสร้างแบบจำลอง

เชิงทำนาย 10) การประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ 11) วงจรการพัฒนาระบบ และ 12) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาในหัวข้อเหล่านี้เพื่อนำไปใช้สำหรับการพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เพื่อเข้าใจถึงแนวคิด หลักการ และทฤษฎีที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เพื่อดำเนินงานวิจัยต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการเรียนรู้ของเครื่อง ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 4 ข้อ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน 2) เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการเรียนรู้ของเครื่อง 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการเรียนรู้ของเครื่อง 4) เพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการเรียนรู้ของเครื่อง

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้ระเบียบวิธีวิจัยลักษณะงานวิจัยเชิงปริมาณ และคุณภาพทางผู้วิจัยทำการสำรวจความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง แบ่งขั้นตอนในงานวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
- 3.3 เครื่องมือการวิจัย
- 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.6 วัดค่าประสิทธิภาพของระบบ
- 3.7 การประเมินความเหมาะสมและการยอมรับของระบบ
- 3.8 ข้อจำกัดของงานวิจัย
- 3.9 สรุป

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) การศึกษาวิจัยนี้ ได้ใช้ข้อมูลจากเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน VRF โดยใช้ชุดข้อมูล อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศ แรงดันสาร์ทำความเย็น และจำนวนเปิด-ปิดของ Indoor Unit ข้อมูลที่บันทึกค่าได้ส่งผลให้การทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์มีการทำงานที่แตกต่างออกไปในแต่ละค่าจากการทำงานของระบบ ด้วยชุดข้อมูลนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลจากทางบริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด นั้นข้อมูลมีจำนวน 479 เรคคอร์ด ในชุดข้อมูลนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจากระบบปรับอากาศฯ ที่มีจำนวนคอยล์ร้อน 3 ชุด และ จำนวนแฟนคอยล์ 16 ชุด

2) กลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลอุณหภูมิห้องน้ำยา ข้อมูลอุณหภูมิห้องแรงดันในระบบเครื่องปรับอากาศ

3) ผู้เชี่ยวชาญในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน VRF

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนหลักตามลำดับวัตถุประสงค์ในงานวิจัย ดังมีรายละเอียดเนื้อหา ดังนี้

1) การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องจากการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หากระบวนการในการตรวจสอบและทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจำแนกตามลักษณะของการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ และซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันการเกิดอาการเสียจากการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศที่มีสาเหตุจากปริมาณสาร์ทำความเย็น ด้วยวิธีการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัย วรรณกรรม บทความ รวมถึงข้อมูลทางเว็บไซต์ ข้อมูลที่นำมาศึกษามีจำนวนข้อมูล 479 ตัวอย่าง ซึ่งได้ชุดข้อมูลที่ได้มาจาก บริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด ซึ่งภายในชุดข้อมูลนั้นประกอบด้วยข้อมูล เช่น ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลแรงดัน มีการกำหนดขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

1.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน

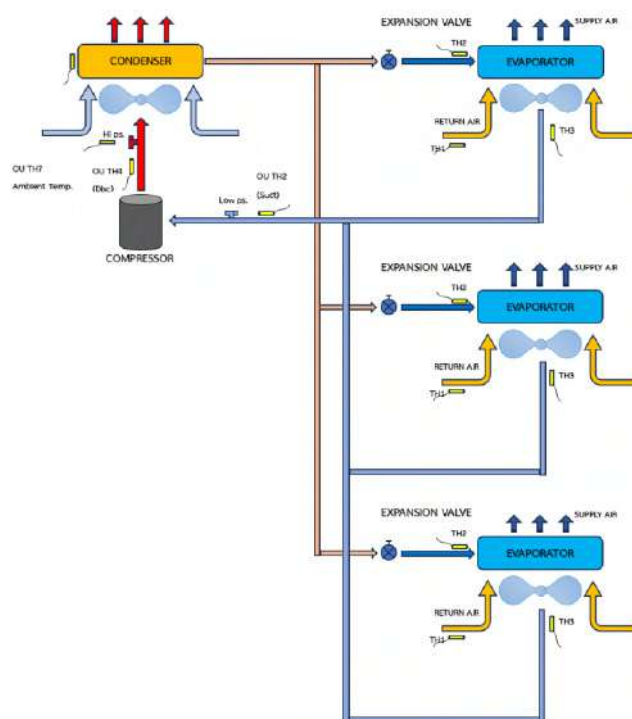
1.2 พัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

1.3 ประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

1.4 เพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้า
อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน โดยใช้
การเรียนรู้ของเครื่อง

1.5 ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ
และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็น
แปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

2) การรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
กับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความ
เย็นแปรผัน เช่น อุณหภูมิท่อน้ำยาเข้าคอยล์เย็น (Liquid Pipe Temp) อุณหภูมิท่อน้ำยาออกคอยล์
เย็น (Gas Pipe Temp) อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ (Room Temp) อุณหภูมิท่อเข้า
คอมเพรสเซอร์ (Suction Pipe Temp) อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ (Discharge Pipe Temp)
อุณหภูมิชุดควบแน่น (Condenser Temp) เซ็นเซอร์วัดแรงดันสูง (High Pressure Sensor) เซ็นเซอร์
วัดแรงดันต่ำ (Low Pressure Sensor) ชุดข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นจำแนกลักษณะของช่วงข้อมูลมีช่วง
ที่เก็บข้อมูลได้นั้น ตัวเครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ปกติ และช่วงเกิดอาการเสียของ
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน VRF ดังภาพประกอบที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.1 ตำแหน่ง ตัววัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดแรงดัน ภายในระบบเครื่องปรับอากาศ
แบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน VRF

3.3 เครื่องมือการวิจัย

ในหัวข้อเครื่องมือการวิจัยนี้ มีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย นั้นจะแบ่งเป็นหัวข้อหลัก 3 หัวข้อ ดังนี้

1) ตัวแบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF

2) ตัวแบบเพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพตัวแบบการทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF

3) แอปพลิเคชันจากตัวแบบที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน VRF ดังภาพประกอบที่ 3.2 ในการพัฒนาแอปพลิเคชันจากตัวแบบเพื่อการทำนายผลล่วงหน้านั้นมีขั้นตอนในการพัฒนาแอปพลิเคชันตามหัวข้อดังนี้

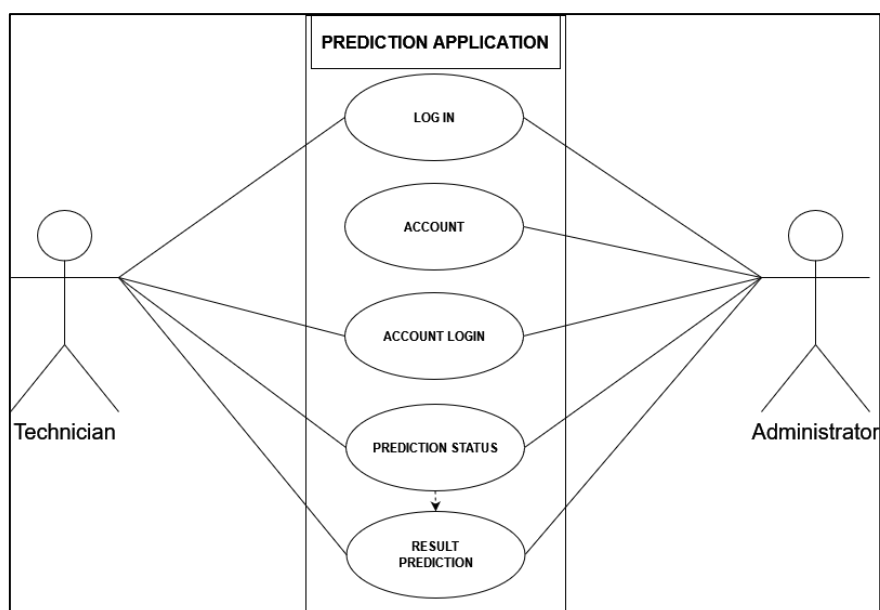
3.1 วิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลตัวแบบมาวิเคราะห์เพื่อสร้างแอปพลิเคชัน

3.2 การออกแบบพัฒนาระบบจากการใช้ยูสเคสไดอะแกรมเป็นมาตรฐานใช้เป็นภาพแสดงระบบ เพื่อให้เข้าใจหลักของระบบซอฟต์แวร์ โดยใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานระบบ ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถสื่อสารกับผู้ใช้และระบบ

ในการสร้างแอปพลิเคชัน มีการออกแบบยูสเคสไดอะแกรม ได้ดังภาพประกอบที่ 3.2 จากหน้าการใช้งาน จะมีเมนูหน้าใช้งานสำหรับผู้ใช้งานใน 2 ระดับ

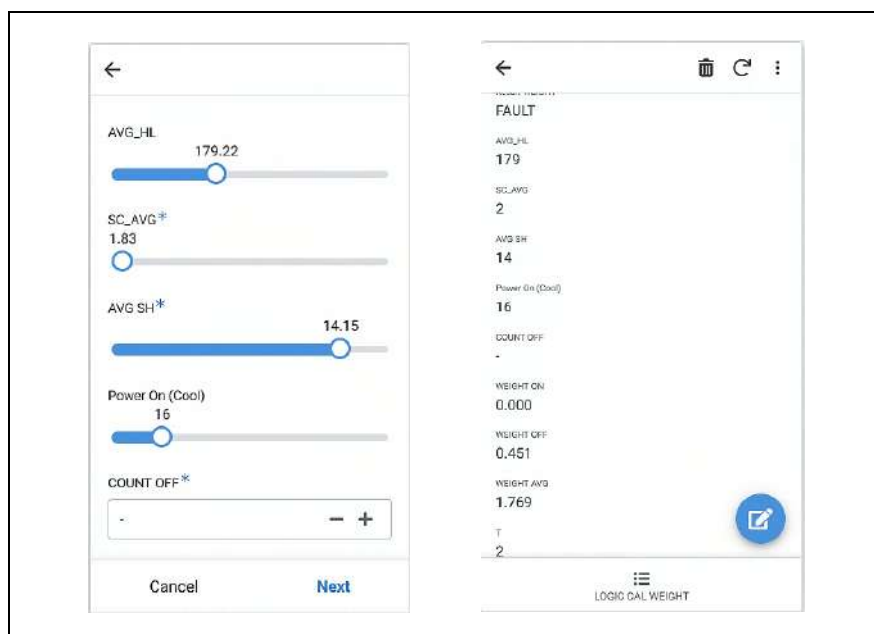
3.2.1 Administrator จะเข้าใช้งานหน้าในหน้าต่าง ๆ ดังนี้ LOG IN, ACCOUNT, ACCOUNT LOGIN, PREDICTION STATUS, RESULT PREDICTION

3.2.2 Technician จะเข้าใช้งานหน้าในหน้าต่าง ๆ ดังนี้ LOG IN, ACCOUNT LOGIN, PREDICTION STATUS, RESULT PREDICTION



ภาพประกอบที่ 3.2 ยูสเคสไดอะแกรม ของการทำนาย

การใช้แพลตฟอร์ม Google AppSheet ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการทำนายผล
เครื่องปรับอากาศ ดังภาพประกอบที่ 3.3



ภาพประกอบที่ 3.3 ตัวอย่างการใช้งาน AppSheet

ใช้แพลตฟอร์ม Google Sheets ในการทำงานเกี่ยวจัดเก็บข้อมูล Data Record สำหรับ
การเชื่อมกับ Google AppSheet ดังภาพประกอบที่ 3.4

The screenshot shows a Google Sheet titled "LOGIC CALWEIGHT". The sheet contains a large table with columns labeled A through Z. The data appears to be organized into several sections, with some columns containing numerical values and others containing text or logical indicators. The table is quite dense, with many rows of data.

ภาพประกอบที่ 3.4 ตัวอย่าง Google Sheets

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องทางผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการทำงานวิจัยมีการจำแนกได้ดังนี้

3.4.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ มีส่วนประกอบดังนี้

- 1) หน่วยประมวลผลกลาง: 11th Gen Intel(R) Core (TM) i5-1135G7
@2.40GHz, 64-Bit Operating System, x64-Based Processor
- 2) การ์ดแสดงผล: Intel(R) Iris(R) Xe Graphics
- 3) หน่วยความจำหลัก: 16.0 GB
- 4) หน่วยความจำสำรอง: NVMe UMIS RPJTJTJ512MEE1OWX 512 GB

3.4.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

- 1) ซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ: Windows 11 Home Single Language
- 2) ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาตัวแบบ: RapidMiner Studio 10.2.000 (rev:b1db29, platform: WIN64)
- 3) Microsoft Office Home and Student 2019
- 4) Google AppSheet
- 5) Google Sheets
- 6) Google Form

Th2	Qc2	Th3	Qc3	Th4	Qc4	Th5	Qc5	Th6	Qc6	Th7	Qc7	Th8	Qc8	Th9	Qc9	Th10	Qc10	Th11	Qc11	Th12	Qc12	Th13	Qc13	Th14	Qc14	Th15	Qc15	Th16	Qc16	Th17	Qc17	Th18	Qc18	Th19	Qc19	Th20	Qc20																	
26.5	36.3	41.4	36.2	38.4	43.3	3.3	4	113.8	116.6	33.9	35.7	35.4	35.9	37.8	50.3	3.6	3.3	115.2	113.8	5	37.7	28.6	23.2	36.1	69.5	48.3	36.3	41.4	36.2	37.1	42.1	2.9	3.6	112.4	115.2	33.7	35.4	35.7	35.3	37.2	51.2	3.3	2.9	113.8	112.4	5.5	36.8	77.3	23	36	68.9	48.3		
26.5	36.3	41.4	36.2	38	42.9	2.9	4	112.4	116.6	33.9	35.6	35.4	35.8	37.8	50.4	3.6	3.3	115.2	113.8	5	37.7	28.7	23	36	68.9	48.3	36.3	41.4	36.2	37.1	42.1	2.9	3.6	112.4	116.6	33.9	35.6	35.4	35.7	37.8	50.3	3.6	3.3	115.2	113.8	5.1	36.9	77	22.7	35.7	68.2	48.3		
26.5	36.2	41.4	36.2	37.3	42.5	3.5	3.6	112.4	115.2	33.8	35.6	35.7	35.6	37.2	50.8	3.3	3.3	113.8	112.4	5.5	36.8	77.3	23	35.6	67.8	48.3	26.5	36.2	41.4	36.2	37.1	42.5	3.5	3.6	112.4	115.2	33.8	35.6	35.4	35.7	37.2	51.2	3.3	2.9	113.8	112.4	5.5	36.8	77.3	23	35.6	67.8	48.3	
26.5	36.2	41.4	36.2	37.1	42.3	2.9	3.6	112.4	115.2	33.8	35.4	35.4	35.4	37.2	51.3	3.3	2.9	113.8	112.4	13.2	37	28	23.9	35.8	67.8	48.3	26.5	36.2	41.4	36.2	37.1	42.1	2.9	3.6	112.4	115.2	33.7	35.4	35.7	35.3	37.2	51.2	3.3	2.9	113.8	112.4	5.5	36.8	77.7	23.2	35.7	67.7	48.3	
26.4	36.1	41.4	36.2	37.1	41.8	2.9	4	112.4	116.6	33.6	35.4	35.4	35.3	36.9	51.6	3.3	3.3	113.8	113.8	9.8	36.7	77.4	23.5	35.6	67.2	48.3	26.4	36.1	41.4	36.2	37.1	41.8	2.9	4	112.4	116.6	33.6	35.3	35.4	35.2	36.9	51.7	3.6	3.3	115.2	115.2	5.5	36.6	77.3	22.9	35.7	67	48.3	
26.4	36	41.4	36.2	37.2	41.6	2.9	4	112.4	116.6	33.5	35.3	35.4	35.2	36.9	51.7	3.6	3.3	113.8	115.2	5.5	36.6	77.3	22.9	35.7	67	48.3	26.4	36	41.4	36.2	37.2	41.6	2.9	4	112.4	116.6	33.5	35.3	35.4	35.2	36.8	51.9	3.3	3.3	115.2	113.8	7.5	36.4	77	23.2	35.6	66.7	48.3	
26.5	36	41.4	36.3	37.3	44.1	2.9	4	112.4	116.6	33.5	35.3	35.4	35.2	36.8	51.9	3.3	3.3	115.2	113.8	7.5	36.4	77	23.2	35.6	66.7	48.3	26.5	36	41.4	36.2	37.3	44.7	3.3	4	112.4	116.6	33.4	35.3	35.4	35.1	26.8	32	3.6	3.6	115.2	115.2	5.5	36.7	77	22.8	35.8	66.7	49.3	
26.5	36.1	41.4	36.2	37.3	45.1	2.9	4	112.4	116.6	33.4	35.3	35.4	35.1	37	52.2	3.6	3.3	115.2	113.8	7.2	36.6	77.6	23.3	35.8	66.8	48.3	26.5	36.1	41.4	36.2	37.3	45.1	2.9	4	112.4	116.6	33.4	35.3	35.7	35.1	37	52.3	3.6	3.6	115.2	115.2	5.6	36.4	77.4	22.7	35.7	66.8	48.3	
26.5	36.1	41.4	36.3	37.2	45.6	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	35.7	35.1	37	52.3	3.6	3.6	115.2	115.2	5.6	36.4	77.4	22.7	35.7	66.8	48.3	26.5	36.1	41.4	36.3	37.2	45.6	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	35.7	35.1	37.1	52.5	4	4	115.6	116.6	6.9	36.6	77.8	23.1	35.8	66.4	48.3	
26.6	36.1	41.4	36.4	37.3	45.8	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	35.7	35.1	37.2	53	3.3	3.3	113.8	113.8	5.4	36	76	21.8	35.7	64.9	47.3	26.6	36.1	41.4	36.4	37.3	45.8	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	35.7	35.1	37.2	53	3.3	2.2	1.8	109.5	108.1	12.4	36	78	22.6	35.8	64.7	47.3
26.5	36.1	41.4	36.3	37.5	47.3	1.8	2.6	100.1	110.9	33.4	35.3	35.7	35.1	37.2	53	3.3	3.3	109.5	108.1	12.4	36	78	22.6	35.8	64.7	47.3	26.5	36.1	41.4	36.3	37.5	47.5	1.1	1.8	105.3	108.1	33.3	35.2	35.4	35.1	37.1	53	1.5	1.1	106.7	105.3	3.8	35.7	80	21.1	35.4	64.6	48.3	
26.5	36.1	41.4	36.4	37.5	48	1.1	2.2	105.3	108.1	33.1	35.2	35.4	35	37.4	53	1.5	1.5	106.7	106.7	3	35.6	81.7	20.7	35.3	64.6	48.3	26.5	36.1	41.7	36.3	37.5	48.5	1.5	2.2	106.7	105.3	32.9	35.2	35.4	35	37.2	53	1.8	1.8	108.1	108.1	3.4	36	81.5	20.8	35.6	64.6	48.3	
26.5	36.1	41.4	36.3	37.5	47.7	1.8	2.6	100.1	110.9	32.8	35.2	35.7	35	37.2	50.8	2.2	1.8	109.5	108.1	3.5	35.8	81	20.9	35.6	64.5	48.3	26.5	36.1	41.4	36.3	37.5	47.7	1.8	2.6	100.1	110.9	32.8	35.2	35.7	35	37.2	50.8	2.2	1.8	109.5	108.1	3.5	35.8	81	20.9	35.6	64.5	48.3	
26.5	36.1	41.7	36.3	37.7	47.8	1.8	2.6	100.1	110.9	32.8	35.2	35.7	35	37.5	49.9	2.2	2.2	109.5	109.5	3.6	36.2	80.5	21.2	35.8	64.7	49.3	26.5	36.1	41.7	36.3	37.7	47.8	1.8	2.6	100.1	110.9	32.8	35.1	35.7	35	37.5	49.2	1.8	1.5	108.1	106.7	3.3	36.2	80.7	21.1	35.8	64.9	49.3	
26.5	36	41.4	36.3	37.9	47.9	1.5	2.2	106.7	109.5	32.8	35.1	35.7	35	37.5	49.2	1.8	1.5	108.1	106.7	3.3	36.2	80.7	21.1	35.8	64.9	49.3	26.5	36	41.4	36.3	37.9	48	1.1	2.2	105.3	109.5	32.9	35.1	35.7	35	37.3	49.5	1.8	1.5	108.1	106.7	3.1	36.3	81.4	21.1	35.9	65.1	48.3	
26.5	36.1	41.7	36.3	38	48.1	1.1	2.2	105.3	109.5	32.9	35.1	35.7	35	37.5	48	1.8	1.5	108.1	106.7	3.3	36.4	80.7	21.2	36	65.2	48.3	26.5	36.1	41.7	36.3	38	48.1	1.1	2.2	105.3	109.5	32.9	35.1	35.7	35	37.6	47.5	1.5	1.5	106.7	106.7	3	36.4	81	21.1	35.9	65.2	48.3	
26.5	36.1	41.4	36.3	37.8	49.1	1.1	1.8	105.3	108.1	32.9	35.1	35.7	35	37.5	47.2	1.5	1.1	106.7	105.3	3	36.3	80.7	20.9	35.8	65.2	48.3	26.5	36.1	41.4	36.3	37.8	49.1	1.1	1.8	105.3	108.1	32.9	35.1	35.7	35	37.5	47.2	1.5	1.1	106.7	105.3	3	36.3	80.7	20.9	35.8	65.2	48.3	
26.5	36.2	41.4	36.4	37.7	49.4	0.7	1.8	103.8	108.1	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	46.7	1.1	1.1	105.3	105.3	3	36.2	81.7	20.8	35.9	65.3	48.3	26.5	36.2	41.4	36.4	37.7	49.4	0.7	1.8	103.8	108.1	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	46.7	1.1	1.1	105.3	105.3	3	36.2	81.7	20.8	35.9	65.3	48.3	
26.6	36.2	41.4	36.4	37.8	49.7	1.1	1.8	105.3	108.1	32.8	35.1	35.7	35	37.5	46.3	1.1	1.1	105.3	105.3	4.9	35.9	82.2	21.3	35.7	65.2	48.3	26.6	36.2	41.4	36.4	37.8	49.7	1.1	2.2	105.3	108.1	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	46.1	1.5	1.1	106.7	106.7	5.1	35.9	82.3	21.5	35.8	65.1	49.3	
26.6	36.4	41.7	36.6	37.7	50.5	1.8	2.9	108.1	110.9	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	45.9	2.2	2.2	109.5	109.5	14.5	36.3	83	23.4	35.9	86	51.5	26.6	36.4	41.7	36.6	37.7	50.5	1.8	2.9	108.1	110.9	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	45.9	2.2	2.2	109.5	109.5	14.5	36.3	83	23.4	35.9	86	51.5	
26.7	36.4	41.7	36.7	37.7	50.8	2.2	3.3	109.5	113.8	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	45.5	2.6	2.6	110.9	110.9	5.2	36.3	84.3	22.3	35.9	87	52.4	26.7	36.4	41.7	36.7	37.7	50.8	2.2	3.3	109.5	113.8	32.8	35.1	35.7	34.9	37.5	45.5	2.6	2.6	110.9	110.9	5.4	36.3	84.3	22.3	35.9	87	52.4	
26.8	36.4	41.7	36.7	37.6	51	2.2	2.9	109.5	112.4	33	35.1	35.7	34.9	37.1	45	2.6	2.6	110.9	109.5	4	36.3	85	21.6	35.8	67.6	53.1	26.8	36.4	41.7	36.7	37.6	51	2.2	2.9	109.5	112.4	33	35.1	35.7	34.9	37.1	44.8	4.3	4.3	113.1	113.1	5.7	36.4	83.2	22.6	35.9	68.8	51.5	

ภาพประกอบที่ 3.5 ชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

- 1). ชุดคอยล์ร้อน 1 ระบบ ประกอบด้วย CDU 3 ชุดประกอบด้วยชุดอุปกรณ์
ดังภาพประกอบที่ 3.6 ดังนี้

- 1.1 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดท่อ TH2 (Suction Pipe Temp)
- 1.2 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดท่อ TH4 (Discharge Pipe Temp)
- 1.3 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดอากาศ TH7 (Ambient Temp)
- 1.4 เซ็นเซอร์วัดแรงดันสูง High Pressure Sensor
- 1.5 เซ็นเซอร์วัดแรงดันต่ำ Low Pressure Sensor



ภาพประกอบที่ 3.6 เซ็นเซอร์วัดแรงดัน สูง-ต่ำ

2). ชุดคอยล์เย็น 16 ชุด ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ ดังภาพประกอบที่ 3.7 ดังนี้

- 1.1 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดท่อ TH2
- 1.2 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดท่อ TH3
- 1.3 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิวัดอากาศ TH1



ภาพประกอบที่ 3.7 เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิท่อ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สำหรับสร้างตัวแบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่อการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการแบ่งการวิเคราะห์ ดังนี้

3.5.1 รวบรวมข้อมูล และเตรียมข้อมูล (Data Collection and Preparation)

การจัดเตรียมข้อมูลในกระบวนการนี้สามารถแบ่งขั้นตอนในการรวบรวมดังนี้

3.5.2 คัดเลือกข้อมูล (Data Selection) ข้อมูลอุณหภูมิ และแรงดันสารทำความเย็นในระบบสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ จำนวน 110 Attributes ดังภาพประกอบที่ 3.8

3.5.3 ทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) ในกระบวนการนี้ทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ของชุดข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 3.9

3.5.4 การจัดการชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็น แปรผัน และหลักการทำความเย็น ความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีท และซับคูลลิ่ง เพื่อจัดการข้อมูลให้มีค่าตัวแปรที่สามารถวิเคราะห์ได้ ดังภาพประกอบที่ 3.10

3.5.5 กำหนดตั้งค่าป้ายกำกับ Label สำหรับใช้สอนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

3.5.6 แปลงรูปแบบข้อมูล (Data Transformation) มีการแปลงข้อมูลเป็นลักษณะสำหรับการนำเข้าข้อมูลสำหรับซอฟต์แวร์ RapidMiner Studio ซึ่งชุดข้อมูลที่นำเข้ามีชนิดไฟล์เป็น *.CSV (Comma Separated Value)

	TH2 OC...	TH3 OC...	TH4 OC...	TH6 OC...	TH7 OC...	THHS O...	Tc OC(0...	Te OC(0...	63HS1 O...	63LS OC...	TH2 OS(...	TH3 OS(...	TH4 OS(...
1													
2	26.5	36.3	41.4	36.2	38.4	43.3	3.3	4	113.8	116.6	33.9	35.7	36.1
3	26.5	36.3	41.4	36.2	38	42.9	2.9	4	112.4	116.6	33.9	35.6	36.1
4	26.5	36.3	41.4	36.2	37.7	42.7	2.9	4	112.4	116.6	33.9	35.6	36.1
5	26.5	36.2	41.4	36.2	37.3	42.5	2.9	3.6	112.4	115.2	33.8	35.6	36.1
6	26.5	36.2	41.4	36.2	37.1	42.3	2.9	3.6	112.4	115.2	33.8	35.4	36.1
7	26.4	36.1	41.4	36.2	37.1	42.1	2.9	3.6	112.4	115.2	33.7	35.4	36.1
8	26.4	36.1	41.4	36.2	37.1	41.8	2.9	4	112.4	116.6	33.6	35.4	36.1
9	26.4	36	41.4	36.2	37.2	41.6	2.9	4	112.4	116.6	33.5	35.3	36.1
10	26.4	36	41.4	36.1	37.3	44.1	2.9	4	112.4	116.6	33.5	35.3	36.1
11	26.5	36	41.4	36.2	37.3	44.7	3.3	4	112.4	116.6	33.4	35.3	36.1
12	26.5	36.1	41.4	36.2	37.3	45.1	2.9	4	112.4	116.6	33.4	35.3	36.1
13	26.5	36.1	41.4	36.3	37.2	45.6	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	36.1
14	26.5	36.1	41.4	36.3	37.3	46.1	3.6	4.7	115.2	119.5	33.4	35.3	36.1
15	26.6	36.1	41.4	36.4	37.3	46.8	3.3	4	113.8	116.6	33.4	35.3	36.1
16	26.5	36.1	41.4	36.3	37.7	47.3	1.8	2.6	108.1	110.9	33.4	35.3	36.1
17	26.5	36.1	41.4	36.3	37.5	47.5	1.1	1.8	105.3	108.1	33.3	35.2	36.1

ภาพประกอบที่ 3.8 นำเข้าชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็น แปรผัน

Import Data - Format your columns.

Format your columns.

Date format: MM/dd/yyyy 100% ☐ Replace errors with missing values ⓘ

	TH2 OC(051) real	TH3 OC(051) real	TH4 OC(051) real	TH6 OC(051) real	TH7 OC(051) real	THHS OC(0... real	Tc OC(051) real	Te OC(051) real
1	26.500	36.300	41.400	36.200	38.400	43.300	3.300	4.000
2	26.500	36.300	41.400	36.200	38.000	42.900	2.900	4.000
3	26.500	36.300	41.400	36.200	37.700	42.700	2.900	4.000
4	26.500	36.200	41.400	36.200	37.300	42.500	2.900	3.600
5	26.500	36.200	41.400	36.200	37.100	42.300	2.900	3.600
6	26.400	36.100	41.400	36.200	37.100	42.100	2.900	3.600
7	26.400	36.100	41.400	36.200	37.100	41.800	2.900	4.000
8	26.400	36.000	41.400	36.200	37.200	41.600	2.900	4.000
9	26.400	36.000	41.400	36.100	37.300	44.100	2.900	4.000
10	26.500	36.000	41.400	36.200	37.300	44.700	3.300	4.000
11	26.500	36.100	41.400	36.200	37.300	45.100	2.900	4.000
12	26.500	36.100	41.400	36.300	37.200	45.600	3.300	4.000
13	26.500	36.100	41.400	36.300	37.300	46.100	3.600	4.700
14	26.600	36.100	41.400	36.400	37.300	46.800	3.300	4.000
15	26.500	36.100	41.400	36.300	37.700	47.300	1.800	2.600
16	26.500	36.100	41.400	36.300	37.500	47.500	1.100	1.800
17	26.500	36.100	41.400	36.400	37.500	48.000	1.100	2.200

no problems.

Previous Next Cancel

ภาพประกอบที่ 3.9 จัดการข้อมูลและตั้งค่า

Import Data - Select the cells to import.

Select the cells to import.

Sheet: Cell range: A1:F480 ☒ Define header row: 1

	A	B	C	D	E	F
1	LABEL	AVG_HL	SC_AVG	AVG SH	COUNT ON	COUNT OFF
2	fault	179.217	1.833	14.150	16.000	0.000
3	fault	178.250	0.333	14.811	16.000	0.000
4	fault	148.867	-1.833	14.156	2.000	14.000
5	fault	121.617	-3.733	8.956	2.000	14.000
6	fault	122.067	-5.033	6.439	2.000	14.000
7	fault	121.117	-6.400	5.522	2.000	14.000
8	fault	124.683	-4.900	4.817	2.000	14.000
9	fault	127.300	-3.200	4.339	2.000	14.000
10	fault	128.483	-2.667	4.011	2.000	14.000
11	fault	119.017	1.467	7.756	0.000	16.000
12	fault	148.867	11.400	6.406	0.000	16.000
13	fault	156.233	12.900	4.156	0.000	16.000
14	fault	157.433	13.167	2.872	0.000	16.000
15	fault	159.533	13.500	2.061	0.000	16.000
16	fault	160.233	13.700	1.617	0.000	16.000
17	fault	161.417	14.000	1.333	0.000	16.000
18	fault	162.583	14.200	1.100	0.000	16.000
19	fault	162.833	14.300	0.933	0.000	16.000
20	fault	164.300	14.567	0.883	0.000	16.000

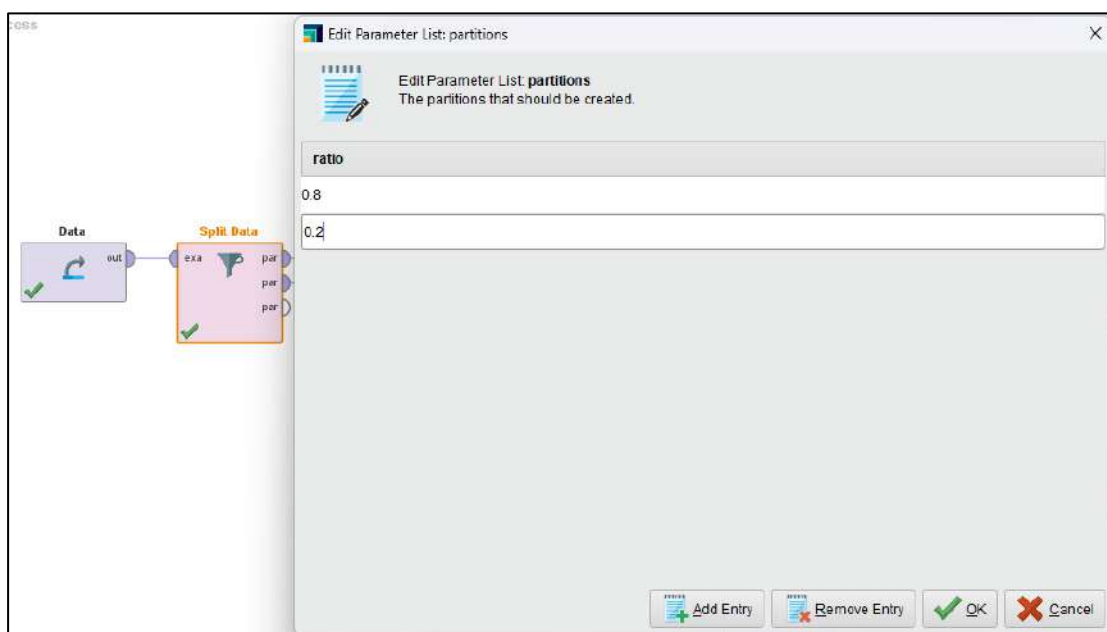
Previous Next Cancel

ภาพประกอบที่ 3.10 จัดการข้อมูลทางทฤษฎีและแนวคิด

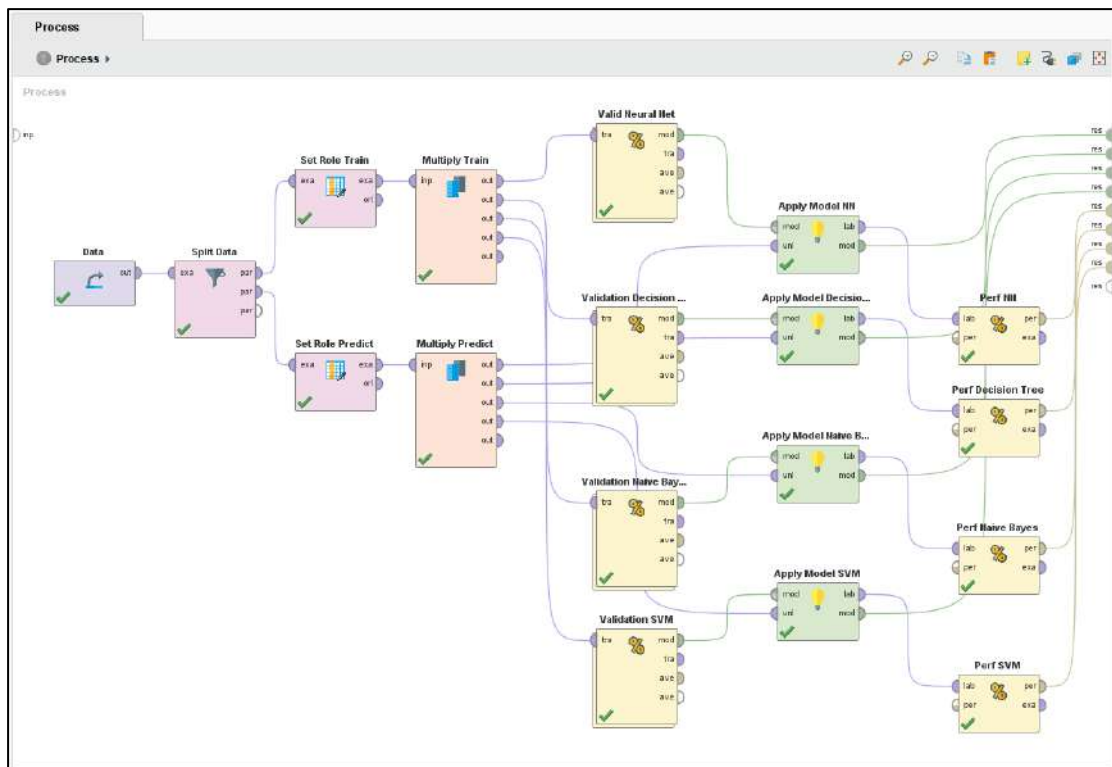
3.5.7 การสร้างตัวแบบ (Model)

ขั้นตอนกระบวนการนี้ทางผู้วิจัยหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและเตรียมข้อมูลแล้ว จึงทำการแบ่งชุดข้อมูลในอัตราส่วน ร้อยละ 80 จากจำนวนข้อมูลทั้งหมดไว้สำหรับการพัฒนาตัวแบบการทำนาย และสำหรับชุดข้อมูล ร้อยละ 20 เพื่อใช้ในการทดสอบแบบการทำนาย ดังภาพประกอบที่ 3.11

ในขั้นตอนถัดไปทางผู้วิจัยทำการสร้างตัวแบบประเภท Decision Tree (Charbuty & Abdulazeez, 2021), Naïve Bayes (Viet et al., 2021), Support Vector Machine (Akbari et al., 2004), และ Neural Networks เพื่อทดสอบหาตัวแบบที่มีผลค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) และค่าถ่วงดุล (F-Measure) จากอัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภทข้างต้น ดังภาพประกอบที่ 3.12



ภาพประกอบที่ 3.11 แบ่งกลุ่มสำหรับ Data Train และ Data Test



ภาพประกอบที่ 3.12 เริ่มกระบวนการจัดสร้างตัวแบบในการทำนาย

3.6 การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ

ทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบ (Model Evaluating) ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพตัวแบบนั้น ทางผู้วิจัยจึงใช้การวัดผลผ่านชุดโปรแกรมด้วยการใช้ Confusion Matrix และ Area Under Curves (AUC) ดังภาพประกอบที่ 3.13 ถึง 3.20

accuracy: 98.96%			
	true fault	true normal	class precision
pred. fault	74	0	100.00%
pred. normal	1	21	95.45%
class recall	98.67%	100.00%	

ภาพประกอบที่ 3.13 Confusion Matrix of Neural Networks Model

accuracy: 98.96%			
	true fault	true normal	class precision
pred. fault	74	0	100.00%
pred. normal	1	21	95.45%
class recall	98.67%	100.00%	

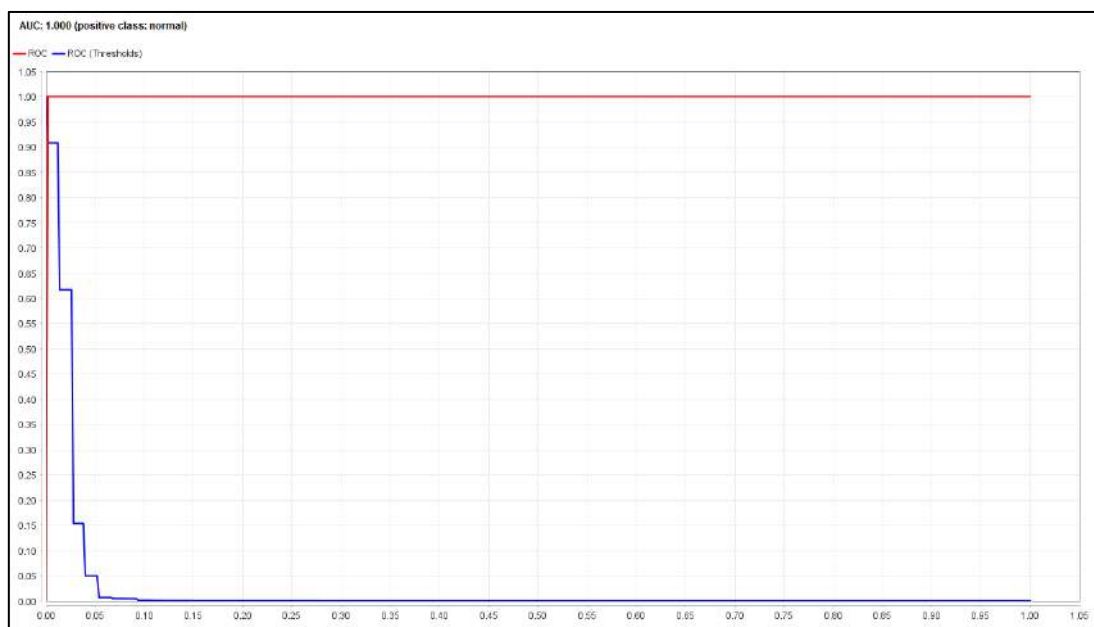
ภาพประกอบที่ 3.14 Confusion Matrix of Decision Tree Model

accuracy: 91.67%			
	true fault	true normal	class precision
pred. fault	87	0	100.00%
pred. normal	8	21	72.41%
class recall	80.33%	100.00%	

ภาพประกอบที่ 3.15 Confusion Matrix of Naïve Bayes Model

accuracy: 96.80%			
	true fault	true normal	class precision
pred. fault	72	0	100.00%
pred. normal	3	21	87.50%
class recall	96.00%	100.00%	

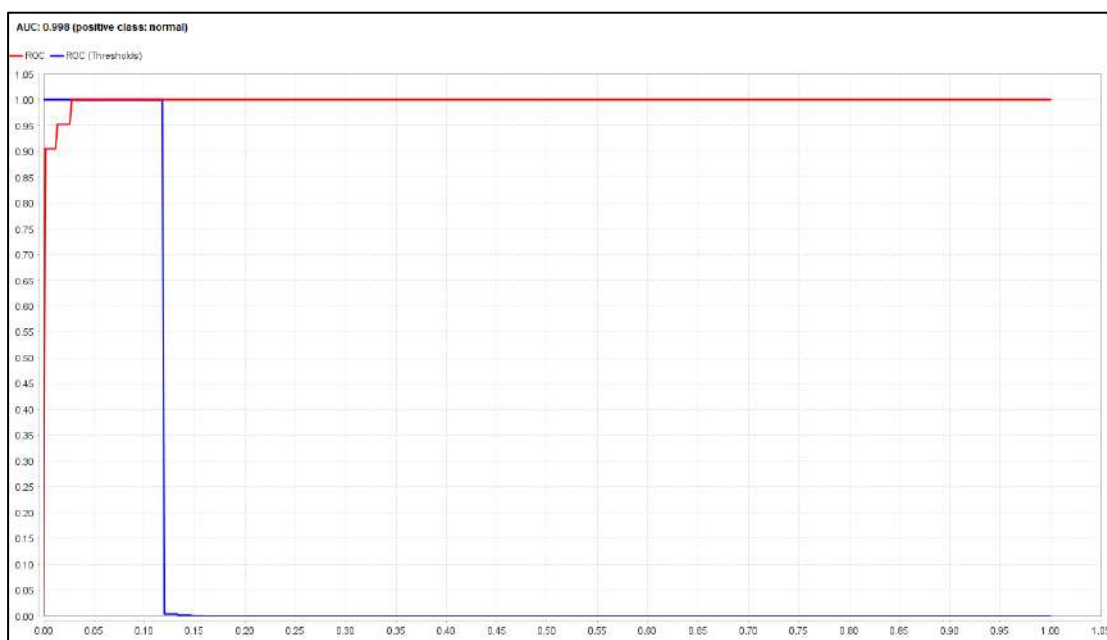
ภาพประกอบที่ 3.16 Confusion Matrix of Support Vector Machine Model



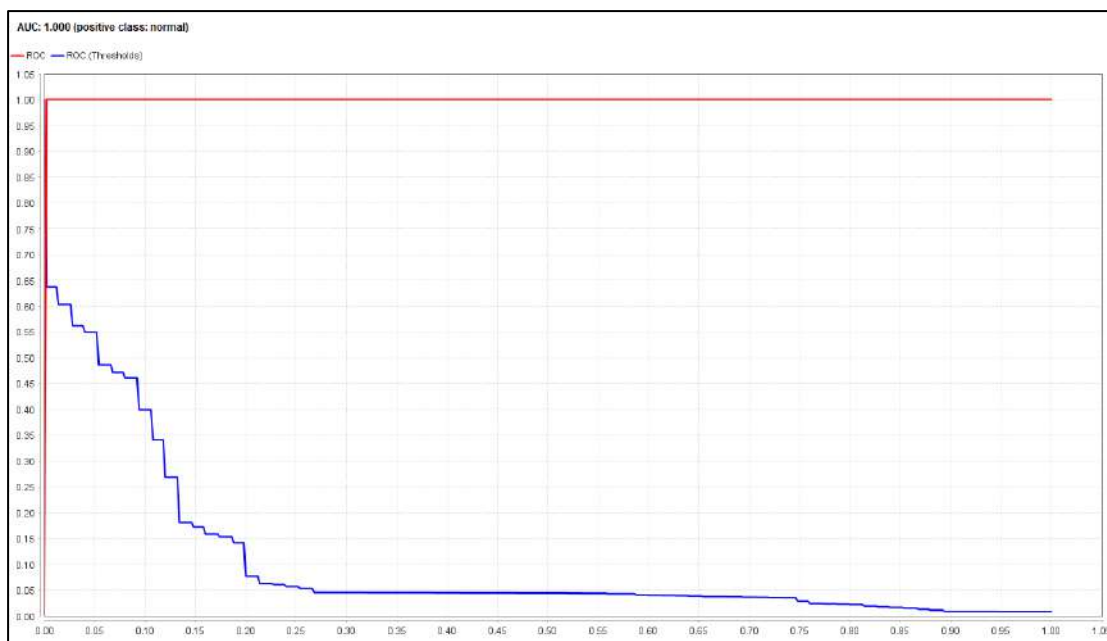
ภาพประกอบที่ 3.17 Area Under Curve of Neural Networks Model



ภาพประกอบที่ 3.18 Area Under Curve of Decision Tree Model



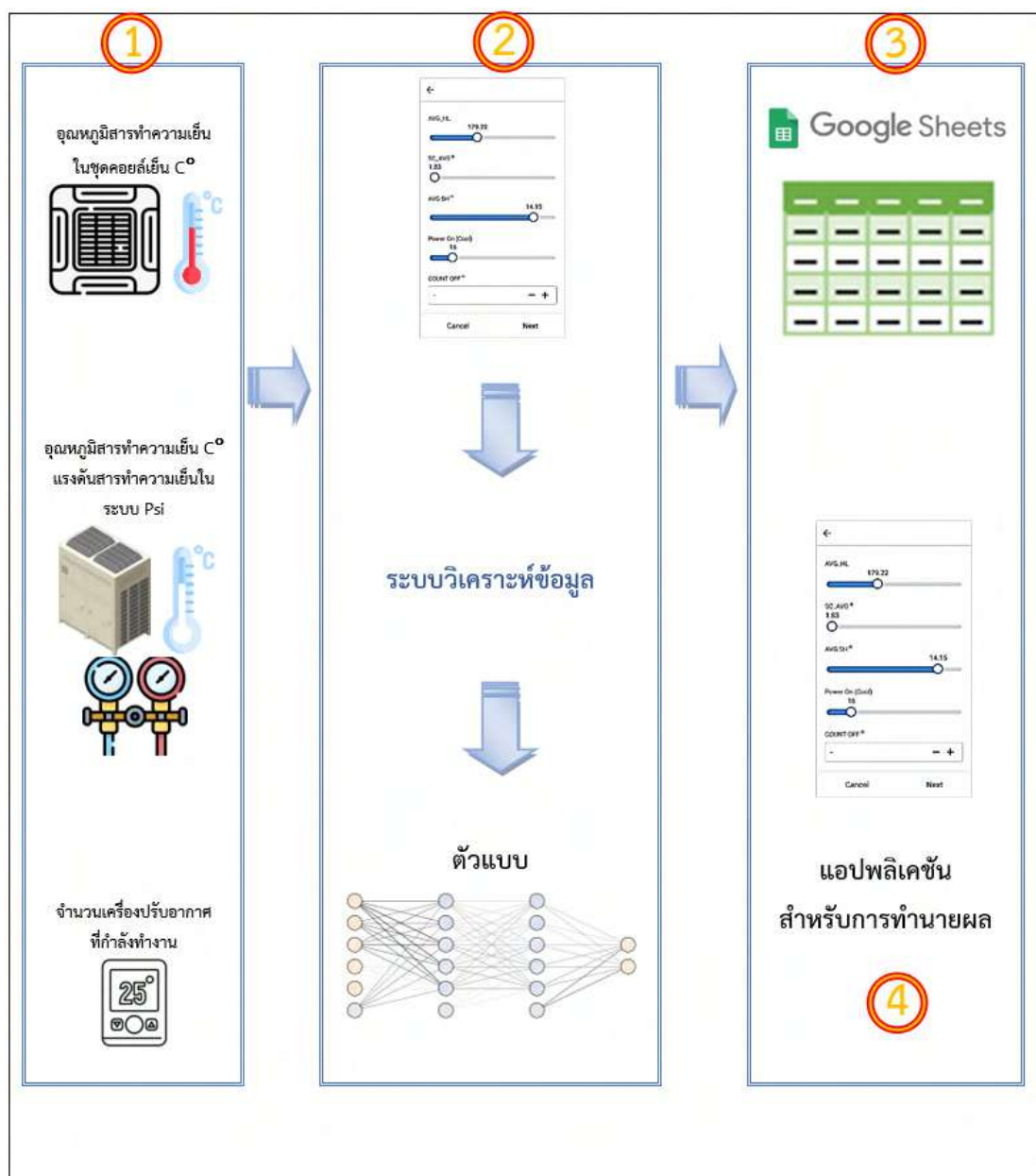
ภาพประกอบที่ 3.19 Area Under Curve of Naïve Bayes Model



ภาพประกอบที่ 3.20 Area Under Curve of Support Vector Machine Model

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบ วิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า ต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน โดยใช้ การเรียนรู้ของเครื่อง มีส่วนประกอบในการปฏิบัติดังนี้

- 1) เก็บข้อมูลภายในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน
- 2) นำเข้าชุดข้อมูลที่ได้จากตัวระบบปรับอากาศใส่ในแอปพลิเคชัน แพลตฟอร์ม Google AppSheet เพื่อนำข้อมูลเข้าบันทึกและนำไปวิเคราะห์ต่อในชุดโปรแกรม Google Sheets
- 3) Google Sheets ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแบบที่ได้ทำการวิจัยและทำนายผล จากชุดข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจาก ขั้นตอนที่ 1.
- 4) แอปพลิเคชันแสดงผลการทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบปรับอากาศความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง



ภาพประกอบที่ 3.21 ระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

3.7 การประเมินความเหมาะสมและการยอมรับของระบบ

การประเมินความเหมาะสมและการยอมรับของระบบนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้การวัดผลด้วยแบบสอบถาม จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 6 ท่าน ถึงความเหมาะสมและการยอมรับของระบบ การตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow : VRF) โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ทำการวัดผลโดยใช้สถิติดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยอันตรภาคชั้น นั้นกำหนดให้มี คะแนนในการประเมิน ตั้งแต่ 1-5 คะแนน แสดงระดับ และคะแนนดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงระดับและคะแนน

ระดับ	คะแนน
มากที่สุด	5
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
น้อยที่สุด	1

เกณฑ์การวัดค่า มีระดับคะแนน 5 ระดับ ซึ่งคะแนนน้อยที่สุดเท่ากับ 1 และคะแนนมากที่สุด 5 ทำให้มีการแบ่งค่าเฉลี่ยอันตรภาคชั้นได้ ในการแสดงระดับค่าเฉลี่ยอันตรภาคชั้น มีค่าความกว้างของอันตรภาคชั้น เท่ากับ 0.8 และแปลผลช่วงที่ได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับ
4.21 - 5.00	หมายถึง มากที่สุด
3.41 - 4.20	หมายถึง มาก
2.61 - 3.40	หมายถึง ปานกลาง
1.81 - 2.60	หมายถึง น้อย
1.00 - 1.80	หมายถึง น้อยที่สุด

2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ใช้สำหรับวัดความเบี่ยงเบนข้อมูล จากแบบสอบถาม เพื่อทราบค่าความแม่นยำของคะแนนในการประเมินระบบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด (Population Standard Deviation) ใช้สัญลักษณ์ σ ดังสมการ (3.1) ดังนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\mu})^2}{n}} \quad (3.1)$$

โดยที่ μ	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดหรือมัชฌิม
x_i	หมายถึง ค่าข้อมูลแต่ละตัว
n	หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (Sample Standard Deviation)
ใช้สัญลักษณ์ S ดังสมการที่ (3.2) ดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

โดยที่ $\bar{x}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต
x_i	หมายถึง ค่าข้อมูลแต่ละตัว
n	หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้สมการ (3.2) ในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด

3.8 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องให้เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนายผลล่วงหน้า เพื่อลดการหยุดทำงานของระบบแบบกะทันหัน ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด ในด้านข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวน คอยล์เย็น และคอยล์ร้อน ซึ่งทำให้การทำนายได้ตามจำนวนตามชุดข้อมูลเท่านั้น

3.9 สรุป

ในบทที่ 3 นี้เป็นการนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัยที่ประกอบด้วย กลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาขั้นตอนการดำเนินการวิจัยที่ครอบคลุมการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา การพัฒนาตัวแบบสำหรับการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีพารามิเตอร์ในการสอน และทดสอบได้แก่ อุณหภูมิจากตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบเครื่องปรับอากาศ และข้อมูลแรงดัน แล้วจึงทำขั้นตอน การจัดการข้อมูลจากการใช้ Software RapidMiner ผ่านอัลกอริทึม 4 แบบ ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine, และ Neural Networks ทำให้ได้ตัวแบบจากอัลกอริทึมต่าง ๆ แล้วจึงทำการ ทดสอบตัวแบบจาก การวัดค่าจาก ค่าความแม่นยำ (Accuracy)

ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) และค่าถ่วงดุล (F-Measure) เพื่อเลือกตัวแบบที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด สำหรับการสร้างระบบสำหรับการตรวจสอบ จากนั้นทำการประเมินความเหมาะสมและการยอมรับของระบบจากผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็น แปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้มีหัวข้อตามวัตถุประสงค์หลัก 4 ข้อ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน 2) เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 4) เพื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

4.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยด้วยวิธีการสอบถามเชิงลึกจากทางผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านนั้น ดังมีรายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 4.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ประสบการณ์ด้านเครื่องปรับอากาศ
นายสนธิ พนาตร	หัวหน้าฝ่ายบริการ วิศวกร ฝ่าย	บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด	มากกว่า 5 ปี
นายกฤษฎา จำปาเพื่อง	วิชาการและ ฝึกอบรม	บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด	มากกว่า 5 ปี

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ประสบการณ์ ด้านเครื่อง ปรับอากาศ
นายชัยยุทธ ทรงศักดิ์ศรี	หัวหน้าช่าง ฝ่าย บริการ	บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด	มากกว่า 5 ปี
นายพฤษธิกร เนียนใจดี	กรรมการผู้จัดการ	หจก. พฤษธิกร คูลิ่ง เซ็น เตอร์	มากกว่า 5 ปี
นายศุภณัฐ ชูชาติ	วิศวกร ฝ่ายซ่อม บำรุง	บริษัท ชิงเต่าไฮเซนส์ อิตาชิ แอร์-คอนดิชันนิง ซิสเต็มส์ คัมปานี ลิมิเตด	มากกว่า 5 ปี
นายณัฐพงศ์ ประวงษ์	วิศวกร ฝ่าย ตรวจสอบ	บริษัท ไฮเออร์ อิเล็กทริคอล แอฟฟลายแอนซ์ (ประเทศไทย) จำกัด	มากกว่า 5 ปี
นายกิตติพิชญ์ โชติณิธิอนันต์	วิศวกร ฝ่าย วิชาการและ ฝึกอบรม	บริษัท สยามไดกิ้นเซลส์ จำกัด	มากกว่า 5 ปี

จากการการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านต่อ
ข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ มีผลการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์
ได้ดังต่อไปนี้

1. จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท
ปรับสารทำความเย็นแปรผันในประเด็นของการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ของส่วนทำความเย็นนั้น
มักมีสาเหตุมาจากอะไร ได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 1

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท ปรับสารทำความเย็นแปรผันในประเด็นของการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ของส่วนทำความเย็นนั้น มักมีสาเหตุมาจากอะไร	1. ประมาณสารทำความเย็นที่ไม่เหมาะสม มีทั้งที่ มากเกินไป หรือน้อยเกินไป แต่ในส่วนที่เจอจะ เป็นในส่วนที่มีน้อยเกินไป ทำให้เรื่องประสิทธิภาพ ที่ลดลง

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 1 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	2. ตัวเครื่อง Fan coil Unit สกปรก ตัวเครื่อง Condensing Unit สกปรก การเติมสารทำความเย็นน้อยกว่าที่ระบบต้องการ มีสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกจากระบบ มีการเติมสารทำความเย็นที่มากกว่าที่ระบบต้องการ เกิดเขม่าภายในตัวระบบท่อสารทำความเย็น การใช้ท่อทองแดงที่ผิดขนาดในการติดตั้งเช่นท่อเล็กกว่าที่ระบบออกแบบไว้ 3. อันดับที่ 1 ระบบน้ำยาที่มีการปนเปื้อนไนโตรเจนเข้ามาภายในระบบทำให้ระบบไม่ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพได้การเติมสารทำความเย็นที่ไม่สมบูรณ์ เกิดจากตำแหน่งที่ติดตั้งของคอยล์ร้อน อันดับที่ 2 ถ้าวางตำแหน่งที่ไม่ดีโดยเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ถ้าระบายความร้อนไม่ดี เนื่องจากเครื่องปรับอากาศชนิดนี้เป็นเครื่องปรับอากาศ Inverter ขนาดใหญ่ มันมีหลายความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ ถ้าหากว่ามันไม่สามารถระบายได้ดี ตัวระบบจะไม่สามารถรันที่ Maximum ได้ เนื่องจากมันมี Sensor อยู่หลายตัว อันดับที่ 3 เกิดจากการ Vacuum ที่ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากการ Vacuum ตอนนี้มีเครื่องมือช่วยในการ Monitor ทำให้การ Vacuum นี้สมบูรณ์ โดยหน่วยของ Vacuum Gauge มีหน่วยเป็น Micron

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 1 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	4. ปริมาณสารทำความเย็น ในระบบที่ไม่เหมาะสม จะมีได้ในกรณีที่มาเกินไป หรือน้อยเกินไป แต่ส่วนมากที่พบจะเป็นในส่วนที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดค่าประสิทธิภาพที่น้อยลงไป 5. ปัญหาที่ทำความเย็นไม่สมบูรณ์ เริ่มจากขั้นตอนการคอมมิชชั่นนิ่ง การทำสุญญากาศ หรือการใช้งานไปมีการรั่วไหลของน้ำยา หรือการเติมสารทำความเย็นที่ผิดวิธี หรือในปริมาณที่ไม่เหมาะสม 6. เครื่องปรับอากาศในชนิด VRF ประเด็นที่เครื่องทำงานไม่สมบูรณ์ จะเจอได้ในเหตุการณ์ออกแบบ ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับการออกแบบ Connection Ratio ที่ไม่เหมาะสมในการเลือกเครื่องปรับอากาศ เช่น การเลือกเครื่องคอยล์เย็นที่สูงกว่า คอยล์ร้อน ถ้าตอนที่ค่าโหลดในการทำ ความเย็นใช้น้อย ถ้าสารทำความเย็นเพียงพอต่อการทำงานของโหลดน้อย ตัวระบบจะมองว่าสามารถทำความเย็นได้ปกติ แต่ถ้าตอนที่ค่าโหลดในการทำ ความเย็นใช้มากขึ้น ถ้าสารทำความเย็นไม่เพียงพอจะทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานตัวระบบเครื่องปรับอากาศซึ่งจะมีประเด็นกับทางผู้ใช้งานได้ ซึ่งประเด็นจะอยู่ที่การออกแบบระบบเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 1 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	7. ขออนุญาตแยกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ 1. Visual Check การติดตั้งตัวเครื่อง CDU ไม่สามารถระบายอากาศได้ 2. การติดตั้ง ท่อแยกสามทางที่ผิดพลาด ระยะท่อหรืองานเชื่อมที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน 3. การบำรุงรักษาที่ไม่เพียงพอ หรือหรือการอุดตันของคอยล์ร้อน คอยล์เย็น และสุดท้าย ถ้าไม่สามารถหาสาเหตุได้ ต้องย้อนกลับไปดูงานออกแบบ รวมถึง Startup และ Commissioning

2. จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า กระบวนการหรือขั้นตอน สำหรับการตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เฉพาะในส่วนของสาเหตุอาการเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็น นั้นมีขั้นตอนอย่างไร ได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 2

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า กระบวนการหรือขั้นตอน สำหรับการตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เฉพาะในส่วนของสาเหตุอาการเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็น นั้นมีขั้นตอนอย่างไร	1. สารทำความเย็นที่แรงดันสูงไป หรือต่ำไป โดยขณะเครื่องทำงานจะมีค่า Low Pressure ประมาณ 110 - 160 PSI กรณีที่ค่าแรงดันต่ำกว่ามีแนวโน้มสารทำความเย็นมีปริมาณที่ไม่เพียงพอ ค่าการกินกระแส MCA ตามขนาด BTU ต่าง ๆ เรื่องของอุณหภูมิที่ FCU โดยปกติจะมีการวัดค่าของ Superheat ในกรณีสารทำความเย็นน้อย ค่าของ Superheat ของ FCU ทุกตัวจะแนวโน้มที่กว้าง โดยวัดจากอุณหภูมิเข้าเทียบกับอุณหภูมิขาออกของ FCU ควรจะอยู่ที่ 2 - 8 องศา แต่ถ้าในกรณีที่มีค่า

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 2 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	มากกว่า 8 องศาจะมีแนวโน้มที่ปริมาณสารทำความเย็นจะน้อยเกินไป เช่นในกรณีปริมาณสารทำความเย็นน้อยเกินไป แต่ถ้าในกรณีสารทำความเย็นเกินค่าอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของ FCU ทุกตัวมีแนวโน้มที่จะอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ทุกตัวถ้าในชุด CDU จะวัดค่าอุณหภูมิที่หัวคอมเพรสเซอร์ ถ้าในกรณีสารทำความเย็นมีน้อย จุดนี้จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติซึ่งทั่วไปจะมีอุณหภูมิประมาณ 80 - 90 องศา แต่ในกรณีถ้าสารทำความเย็นน้อยจะมีอุณหภูมิที่ประมาณ 100 - 110 องศา และถ้าอุณหภูมิกลางแผง CDU ที่มีอุณหภูมิก่อนข้างต่ำ โดยปกติจุดนี้มีอุณหภูมิโดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 40 - 45 องศา ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน มีโอกาสที่สารทำความเย็นจะน้อย 2. ระบบ Balance Pressure ได้ค่ามาตรฐานหรือไม่ เริ่มเดินเครื่องปรับอากาศเพื่อดูแรงดันสารทำความเย็น ในด้าน High Pressure, Low Pressure เป็นปกติหรือไม่ เริ่มดูการทำงานของชุด Fan Coil Unit ดูการฉีดยาน้ำยาว่าเป็นอย่างไรว่าเป็นปกติตามมาตรฐานหรือไม่ ตรวจสอบการฉีดยาน้ำยาของตัว Expansion Valve เป็นปกติหรือไม่ 3. การเติมสารทำความเย็น แบ่งเป็นหัวข้อ เช่น การวัดอุณหภูมิผิวท่อ Discharge คืออุณหภูมิที่ออกจากหัวคอมเพรสเซอร์จะสามารถบ่งบอกได้ว่าน้ำยาขาดหรือเกิน เช่น ถ้าอุณหภูมิผิวท่อ Discharge สูงมากกว่า 100 องศาขึ้นไป กรณีนี้บ่งบอกได้ว่าสารทำความเย็นขาด หรืออุณหภูมิผิว

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 2 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	ท่อ Discharge ต่ำกว่า 65 หรือต่ำกว่า 60 ลงมา หรือ 50 จะเกิดจากสารทำความเย็นที่มากกว่าปกติ ในกรณีนี้ 2 เช็คจากผลต่างจากอุณหภูมิของแผงทำความเย็นที่อยู่ในคอยล์เย็น ในที่นี้เรียกแผง Evaporator เนื่องจากจะมี Sensor ที่ตรวจจับน้ำยาเข้าน้ำยาออก ตรวจจะทำให้รู้ได้ว่าน้ำยามากหรือน้ำยาน้อย ข้อมูลเหล่านี้จะสามารถดูได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทาง Technical ต้องตรวจจับ แต่ถ้าหากว่าในกรณีที่สารทำความเย็นน้อย หรือรั่วอย่างรุนแรง กรณีนี้จะเกิด Error Code เกิดขึ้น ในหลาย ๆ ยี่ห้อ มี Error Code ใน Error Code ที่เกี่ยวกับสารทำความเย็นรั่ว หรือสารทำความเย็นเกิน จะมี Error Code ขึ้นเช่นเดียวกัน เราสามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้จากโปรแกรมของแต่ละยี่ห้อได้เช่นเดียวกันโดยรับรอบจากเจ้าของแบรนด์ รวมถึงบุคลากรที่จะทำการตรวจจับก็เกี่ยวข้องเช่นเดียวกัน โดยผู้ที่ทำการตรวจจับ หรือเติมสารทำความเย็น ผู้ที่จะทำการตรวจจับจะวิเคราะห์ว่าต้องเติมสารทำความเย็นหรือไม่ หรือไม่ต้องเติม จะต้องมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้โดยเฉพาะด้วยว่าระบบการทำความเย็นจะมีในเรื่องของ อุณหภูมิและแรงดันในหลักของการทำความเย็นเป็นสำคัญด้วย 4. ส่วนมากจะใช้ในค่าต่าง ๆ ที่วัดโดยใช้เครื่องมือวัด เช่น ค่า Suction Superheat, Subcooling, Discharge Superheat โดยค่าต่าง ๆ จะอยู่ในช่วงที่มาตรฐานที่เราใช้กันทั่วไป

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 2 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	5. ในการตรวจสอบเมื่อมีปัญหาในส่วนทำความเย็นจะทำการตรวจสอบ Pressure Discharge, Pressure Suctions ว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องหรือไม่ ตรวจวัดอุณหภูมิตาม จุดต่าง ๆ ที่ฝั่งคอยล์เย็น เช่น เซ็นเซอร์ท่อขาเข้า และขาออก แต่โดยเม่นหลักจะดู Pressure ของระบบน้ำยา 6. เบื้องต้น ถ้าเราได้รับ Requirement จากทางผู้ใช้งานไม่สามารถทำความเย็นได้ เราจะทำการเข้าตรวจสอบ ในกรณีที่เกิด Error Code ขึ้นมาในระบบ ซึ่งในเครื่อง VRF จะมี Code ให้ตรวจสอบ และปฏิบัติตามคู่มือในการตรวจสอบ ซึ่งจะทำให้ทราบและแก้ไขได้ตรงจุดนั้น ๆ ได้ และสามารถวัดพวกกระแสไฟฟ้าได้ เช่น การที่ตัวเครื่องกินไฟมาก ถ้าสารทำความเย็นมีมากจนเกินไป ตัวเครื่องปรับอากาศจะมีการใช้ไฟฟ้ามมากขึ้น 7. Visual Check เหมือนเดิมครับ การใช้เครื่องมือตรวจวัดพื้นฐาน เมนิโพล์เกจ ความสกปรกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ลำดับถัดมาคือ เราต้องไล่ตรวจเช็คอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ว่าได้ตามมาตรฐานของสารทำความเย็นหรือไม่ หรือสุดท้ายยังไม่พบสาเหตุหรือปัจจัยจากการตรวจสอบจะต้องย้อนไปดูงานออกแบบระบบครั้งแรกเป็นอย่างไร รวมถึงอัตรา Combination Ratio คือ อัตราการเชื่อมต่อระหว่าง คอลย์ร้อนและคอลย์เย็นที่ถูกต้องหรือไม่ หรือการติดตั้งที่ไม่ตรงตามแบบ เช่นท่อสารทำความเย็นที่ยาวขึ้น หรือสั้นลงทำให้เกิดความผิดพลาดในการเติมสารทำความเย็นขณะ Commissioning คือนาน หรือน้อยกว่าความต้องการของระบบได้

3. ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า สำหรับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า การทำงานของสารทำความเย็นไม่เป็นปกตินั้น เป็นอย่างไรบ้าง มากน้อยอย่างไร ได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 3 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า สำหรับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า การทำงานของสารทำความเย็นไม่เป็นปกตินั้น เป็นอย่างไรบ้าง มากน้อยอย่างไร	1. ในกรณีที่สารทำความเย็นไม่ปกติ แยกเป็น 2 กรณี ในกรณีสารทำความเย็นน้อย จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ โดยแบ่งได้ประมาณ 4 ข้อ 1) แรงดันของสารทำความเย็นในระบบต่ำกว่าค่ามาตรฐาน กระแสจะต่ำกว่ามาตรฐาน 2) Superheat เป็นผลต่างระหว่าง อุณหภูมิขาเข้าและขาออกของ FCU ถ้าเกิดว่าเราตรวจสอบ FCU ทุกตัวที่อยู่ใน System จะพบว่าอุณหภูมิมากกว่า 10 องศาจะส่งผลให้อุณหภูมิที่หัวคอมมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้เครื่องปรับอากาศหลายๆ ตัวในห้องไม่เย็นแน่นอน ในเคสในกรณีสารทำความเย็นเกิน โดยมีการเติมสารทำความเย็นมากกว่าปกติ ตัวเครื่องภายในจะไม่สามารถทำความเย็นได้ ในการสังเกตแรงดันด้าน High Pressure และ Low Pressure จะมีแนวโน้มสูงมากกว่าปกติ และมีแนวโน้มที่อุณหภูมิที่ FCU จะมีค่าสูงมากกว่าปกติ แต่สิ่งหนึ่งที่เป็นจุดสังเกตคือ อุณหภูมิหัวคอมจะมีอุณหภูมิที่ต่ำ โดยประมาณ 50 - 60 องศา รวมถึงอุณหภูมิกกลางแผงจะมีอุณหภูมิที่สูงมากกว่าปกติ คือ 50 - 60 องศา 2. อาจจะมีการ Vacuum ระบบไม่ดีทำให้มีความชื้นในระบบ ทำให้ตัวระบบเครื่องปรับอากาศมีความผิดปกติ อาการเสียมีไนโตรเจนปนเปื้อนภายในระบบ โดยทำให้ส่วนผสมทางเคมีของสารทำความเย็นไม่ปกติ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 3 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	3. อาจจะมีมาก หากผู้ติดตั้งทำการ Auto Charge รวมถึง Auto Start ด้วยถ้าหากว่าทางผู้ติดตั้งเสร็จ ทำการ Auto Start ไปเอง โดยที่ไม่ได้แจ้งศูนย์ อาจจะทำสารทำความเย็นไม่สมบูรณ์ ถ้าหากผู้ติดตั้งทำการ Start เองโดย Auto Start ไปแล้วแล้วทำการเติมสารทำความเย็นไปแล้ว ในการเติมสารทำความเย็นโดย อาจจะต้องอาศัยโปรแกรมของแบรนด์นั้น ๆ และคนที่ จะทำการดูตรงนั้น จะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญด้วย ถ้าหากเกิด Auto Start ไป ก็อาจจะทำให้เกิดน้ำยามากไป หรือน้อยเกินไป 4. ถ้าตัวสารทำความเย็นที่รั่วออกจากระบบออกไป จะทำให้ค่า Discharge สูงขึ้น ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานร้อน หรือ Overheat 5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบ ทำให้ปริมาณสารทำความเย็นน้อยลงไป หรืออีกข้อคือการที่เติมปริมาณสารทำความเย็นที่เยอะเกินไป เช่น เครื่องปรับอากาศไม่เย็นและเติมสารทำความเย็นเพิ่มเข้าไปมากกว่าปริมาณที่ใช้ทำความเย็น ตัวอุปกรณ์ในระบบเช่น วาล์วฉีดน้ำยาที่ทำงานผิดพลาด 6. การที่ตัวระบบขึ้น Error Code แจ้งในระบบว่า Low Suction จะหมายถึงจะมีการเติมสารทำความเย็นที่น้อยเกินไป แต่ถ้าในระบบแจ้งว่า High Suction จะหมายถึงจะมีการเติมสารทำความเย็นที่มากเกินไป

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 3 (ต่อ)

ข้อความสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	7. ในกรณีที่ จะพูดถึงสารทำความเย็น จะแบ่งเป็น ต่ำกว่าปกติ หรือสูงกว่าปกติ ในด้านที่สารทำความเย็นที่ต่ำกว่าปกติ เราจะสามารถมองเห็นภาพรวมได้เลยว่าความดันในระบบทั้งฝั่ง Low side และ High side จะต่ำกว่าปกติ รวมถึงกระแสไฟฟ้า ที่ต่ำกว่าปกติ และอีก 1 ค่าที่ลึกกว่านั้นคือค่า Superheat คือหมายถึงค่าที่วัดได้จากอุณหภูมิขาเข้า และขาออกที่แฟนคอยล์ยูนิต ซึ่งจะเป็นผลต่างอาจจะอยู่ในค่าปกติประมาณ 2 – 8 องศาเซลเซียส รวมถึงอุณหภูมิท่อด้านส่งของ Discharge Pipe Temperature อาจจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า 90 องศา ถ้าในส่วนที่สารทำความเย็นมากกว่าปกติ จะทำให้ความดันทั้งระบบจะยกตัวสูงขึ้น ด้าน High Pressure จะสูงขึ้น และในด้าน Low Pressure นั้นจะสูงขึ้นจากค่าปกติเพียงเล็กน้อย โดยในการตีความนั้น จะให้สังเกตทางฝั่ง High Pressure มากกว่า Low Pressure มาพร้อมกับกระแสไฟฟ้าจะสูงกว่าปกติ และค่า Superheat ที่น้อยกว่าปกติ จะทำให้เกิดสารทำความเย็นที่ไม่สามารถเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอได้ ทำให้เหลือความเย็นค่อนข้างมากซึ่งจะตรงข้ามกับลักษณะของสารทำความเย็นน้อย

4. ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ควรมีอะไรบ้าง ได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 4 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผัน ควรจะมีอะไรบ้าง	1. ผู้ตรวจสอบหรือคนที่เข้าไปซ่อมงานจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ โดยต้องทราบว่าคุณสมบัติตามจุดต่าง ๆ ในระบบจะต้องมีค่าอยู่ที่เท่าไร โดยตามจุดต่าง ๆ จะมี Sensor คุณสมบัติน้ำยาเข้า ขาออกที่ FCU และที่คอยล์ร้อนเองจะมีตัววัดอุณหภูมิที่หัวคอม กลางแผงอุณหภูมิเข้า คอมเพรสเซอร์ ถ้าเราสามารถวิเคราะห์อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ได้ จะทำให้เราตรวจสอบอาการเสียของตัวเครื่องปรับอากาศได้อย่างแม่นยำ และเรียงสารทำความเย็นเช่นกัน จะมีระดับแรงดันมาตรฐานอยู่ที่เท่าไร ถ้าผู้ตรวจสอบไม่ทราบไม่มีความรู้พื้นฐานต่าง ๆ จะทำให้ยากที่จะตรวจสอบวิเคราะห์ระบบได้อย่างถูกต้อง ในเรื่องด้านบุคลากรมีผลต่อการวิเคราะห์อาการเสีย ผู้ที่ทำการซ่อมเครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนอะไหล่ การวิเคราะห์ระบบที่ดีผู้ตรวจสอบต้องมีความรู้พื้นฐานเพื่อเข้าไปตรวจสอบ และถ้าในชั้นกลางขึ้นหน้าผู้เข้าตรวจสอบซ่อม ควรจะมีความรู้การทำงานของอุปกรณ์ในระบบเป็นอย่างดีจึงจะทำให้การวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำ ลดความเสี่ยงในการวิเคราะห์พลาด ในด้านเทคโนโลยีมีผลที่เกี่ยวข้องถ้าสามารถตรวจสอบอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ทำให้มีอินพุตข้อมูลให้ช่างได้มากขึ้นทำให้ช่างได้เห็นข้อมูลได้มากขึ้น เช่น สามารถตรวจสอบเป็นรายวันได้ จะเป็นตัวช่วยเสริมทำให้ช่างที่เข้าหน้างานสามารถวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 4 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	แม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น ถ้าช่างยังมีข้อมูลมากเท่าไรจะยิ่งทำให้ช่างสามารถวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น 2. สารทำความเย็น มีการปลอมหรือใช้สารทำความเย็นที่ไม่ถูกต้องโดยใช้สารเคมีที่มีการผสมกันไม่ได้มาตรฐานของสารทำความเย็น บุคลากรต้องมีประสบการณ์ในการ Vacuum การทำระบบน้ำยา การใช้งานสารทำความเย็นที่ถูกต้อง เทคโนโลยีที่ช่วยได้ โดยใช้ชุดโปรแกรมในการช่วยการตรวจสอบ หรือชุดควบคุมรีโมท 3. ต้องมีการ Startup จากทางเจ้าของแบรนด์ ซึ่งแต่ละแบรนด์จะมีโปรแกรม โดยจะมี License ไม่ใช่ช่างทั่วไปจะมีกันได้ อันดับที่สองผู้ติดตั้งต้องทำการ Vacuum ระบบการทำความเย็น โดยให้มีค่า Micron ต่ำกว่า 500 Micron ตามที่กล่าวไปแล้ว อันดับที่สามคือตำแหน่งการติดตั้งคอยล์ร้อนต้องให้ดีด้วย เนื่องจากว่าอาจจะเกิดการที่คอมเพรสเซอร์ไม่อาจจะรันที่ Maximum ได้ ปัจจัยในด้านบุคลากรมีผลต่อการวิเคราะห์ในกรณีที่ช่าง Technical ทั่วไปเข้าไปทำการ Setup ต้องมีความเชี่ยวชาญและมีผลแน่นอนต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในแบรนด์นั้น ๆ ด้วย ในส่วนเทคโนโลยีมีผลแน่นอนครับเพราะต้องใช้โปรแกรมในการตรวจจบบวิเคราะห์หาสาเหตุ โปรแกรมนี้จะช่วยได้เยอะในการทราบถึงอุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้ช่วยในการวิเคราะห์ได้อย่างมาก

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 4 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	4. ปัจจัยในด้านบุคคลที่เข้าไปทำการตรวจสอบ ต้องมีความรู้ ความเข้าใจในพื้นฐานในระบบ น้ำยา ต้องศึกษา PH Chart Diagram เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ในปัจจัยส่วนที่ 2 เครื่องมือในการตรวจสอบมีความถูกต้องแม่นยำใหม่ในการตรวจสอบ ในด้านเทคโนโลยีเองก็เป็นปัจจัยสามารถนำมาช่วยบริหารจัดการในด้านเวลา ทำให้ช่วยประหยัดเวลาได้มากขึ้น 5. ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม Ambient Temp, Pressure Discharge, Pressure Suctions อุณหภูมิที่หัวคอมเพรสเซอร์ เปอร์เซ็นต์ของการปิดเปิดวาล์วฉีดน้ำยา และในด้านคน บางครั้งคนที่เข้าไปวิเคราะห์อาการเสียในด้านความรู้ความสามารถ เทคโนโลยีก็มีผลการวิเคราะห์เหมือนกันครับ 6. ถ้าจะให้การวิเคราะห์ระบบนั้นถูกต้อง จะต้องทำการวิเคราะห์ในสภาวะการทำงานของระบบ เครื่องปรับอากาศจริง ๆ จะให้วิเคราะห์ได้ตรงจุดมากขึ้น และตรงจุด นั้นจะทำการซ่อมระบบเร็วขึ้น 7. ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้พื้นฐานในตัวระบบ เครื่องปรับอากาศ และความรู้ในสารทำความเย็น หรืออุณหภูมิอิมตัวสารทำความเย็น รวมถึงสามารถนำมาผนวกรวมหรือประยุกต์ใช้ระบบเครื่องปรับอากาศทั่วไป แต่พอเป็นเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์เองตัวระบบจะมีกลไกการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องมีการประยุกต์ใช้งานได้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกข้อที่ 4 (ต่อ)

ข้อคำถามสัมภาษณ์	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
	หรือในส่วนของอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ให้ได้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยในแต่ละยี่ห้อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จะมีเครื่องช่วยในการวิเคราะห์ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายมากยิ่งขึ้น ในระหว่างผู้ปฏิบัติงาน และเครื่องมือในตัวผู้ปฏิบัติงานนั้นมีความสำคัญมากกว่าเครื่องมือ แม้จะมีเครื่องมือที่พร้อมหรือช่วยในการปฏิบัติงานก็ตามเพราะเครื่องมือจะแสดงค่าที่วัดได้เท่านั้น หากผู้ปฏิบัติงานนั้นไม่สามารถวิเคราะห์หรือตีความค่าที่วัดได้นั้น ก็อาจจะทำให้ส่งผลต่อการตัดสินใจวิเคราะห์ที่ผิดพลาดสูงมากครับ

จากตารางที่ 4.2 – 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ดังนี้

1) ในหัวข้อที่ว่า “จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันในประเด็นของการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ของส่วนทำความเย็น นั้น มักมีสาเหตุมาจากอะไร”

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน พบว่าสาเหตุที่ทำให้เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันทำงานไม่สมบูรณ์เกิดจากหลายปัจจัยหลัก รวมถึงตัวเครื่อง Fan Coil Unit และ Condensing Unit สกปรก การเติมสารทำความเย็นที่ไม่ถูกต้องทั้งในปริมาณที่น้อยเกินไปหรือมากเกินไป การเกิดเขม่าภายในระบบท่อสารทำความเย็น และการใช้ท่อทองแดงที่ผิดขนาด นอกจากนี้ การปนเปื้อนของไนโตรเจนในระบบส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง รวมถึงตำแหน่งการติดตั้งคอยล์ร้อนไม่เหมาะสมส่งผลต่อการระบายความร้อนไม่ดี การ Vacuum ที่ไม่ได้มาตรฐาน ปัญหาจากการคอมมิชชั่นนิ่งและการทำสุญญากาศไม่ได้มาตรฐาน และการรั่วไหลของน้ำยา อีกทั้งการออกแบบระบบที่ไม่เหมาะสม เช่น Connection Ratio ที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลต่อการทำความเย็นไม่เต็มประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ปัญหาที่พบยังรวมถึงการติดตั้งเครื่องที่ไม่สามารถ

ระบายอากาศได้ดี การติดตั้งท่อแยกสามทางที่ผิดพลาด และการบำรุงรักษาที่ไม่เพียงพอ ทำให้สรุปปัญหาหลักมาจากการบำรุงรักษา การติดตั้ง และการออกแบบที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน

2) ในหัวข้อที่ว่า “จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า กระบวนการหรือขั้นตอนสำหรับการตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็น แปรผัน เฉพาะในส่วนของการสูญเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็น นั้นมีขั้นตอนอย่างไร”

เกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผันในส่วนของการสูญเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็น พบว่าขั้นตอนหลักประกอบด้วย การตรวจวัดแรงดันของสารทำความเย็นทั้งในด้าน Low Pressure และ High Pressure เพื่อประเมินปริมาณสารทำความเย็นในระบบ นอกจากนี้ยังมีการวัดค่า Superheat และ Subcooling เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องของการเติมสารทำความเย็น การตรวจวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ เช่น ที่หัวคอมเพรสเซอร์และที่ FCU เพื่อตรวจสอบว่ามีการทำงานผิดปกติหรือไม่ การตรวจสอบการทำงานของ Expansion Valve และการฉีดยาว่าปกติหรือไม่ รวมถึงการตรวจสอบ Error Code ที่เกิดขึ้นในระบบซึ่งสามารถบ่งบอกถึงปริมาณสารทำความเย็นที่ผิดปกติ นอกจากนี้ยังต้องมีการตรวจสอบอุปกรณ์และระบบการติดตั้งเพื่อให้แน่ใจว่าท่อและการเชื่อมต่อถูกต้องตามมาตรฐาน และการใช้เครื่องมือตรวจวัดพื้นฐานเช่น เกจวัดแรงดันและเซ็นเซอร์อุณหภูมิ การตรวจสอบปัญหาเหล่านี้ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

3) ในหัวข้อที่ว่า “ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า สำหรับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผันอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า การทำงานของสารทำความเย็นไม่เป็นปกตินั้น เป็นอย่างไรบ้าง มากน้อยอย่างไร”

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่านเกี่ยวกับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผันที่เกิดจากการทำงานของสารทำความเย็นไม่ปกติ พบว่าปัญหาหลักมักเกิดจากสารทำความเย็นที่มีปริมาณไม่เหมาะสม ทั้งในกรณีที่สารทำความเย็นน้อยเกินไปซึ่งจะทำให้แรงดันในระบบต่ำ อุณหภูมิที่หัวคอมเพรสเซอร์สูงขึ้นและประสิทธิภาพในการทำความเย็นลดลง และในกรณีที่สารทำความเย็นมากเกินไปซึ่งจะทำให้แรงดันในระบบสูงและอุณหภูมิที่ FCU สูงกว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีปัญหาจากการ Vacuum ระบบไม่ดี ทำให้มีความชื้นหรือนิโตรเจนปนเปื้อนในระบบ การเติมสารทำความเย็นที่ไม่ถูกต้องจากการ Auto Charge และ Auto Start รวมถึงการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากระบบที่ทำให้ค่า Discharge สูงขึ้นและคอมเพรสเซอร์ทำงาน Overheat การตรวจสอบมักใช้เครื่องมือตรวจวัดแรงดันและอุณหภูมิในจุดต่าง ๆ รวมถึงการดู Error Code ที่ระบบแจ้งเตือน นอกจากนี้ยังต้องมีการตรวจสอบระบบและการติดตั้งเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการเชื่อมต่อที่ผิดพลาดหรือปัญหาจากการออกแบบ

4) ในหัวข้อที่ว่า “ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า สำหรับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า การทำงานของสารทำความเย็นไม่เป็นปกติ นั้น เป็นอย่างไรบ้าง มากน้อยอย่างไร”

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่านเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน พบว่าปัจจัยสำคัญประกอบด้วยความรู้พื้นฐานและความเชี่ยวชาญของผู้ตรวจสอบที่ต้องเข้าใจระบบสารทำความเย็นและอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในระบบ รวมถึงการใช้งานเครื่องมือและเทคโนโลยีที่สามารถวัดและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการตรวจสอบและควบคุมมีบทบาทสำคัญในการช่วยวิเคราะห์ นอกจากนี้ การติดตั้งและการใช้งานสารทำความเย็นต้องเป็นไปตามมาตรฐานและควบคุมคุณภาพของสารทำความเย็นเพื่อลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อน บุคลากรต้องมีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านและประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบ การตรวจสอบในสภาวะการทำงานจริงของระบบและความเข้าใจในกลไกการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ก็มีความสำคัญ ผู้ปฏิบัติงานที่มีความรู้และสามารถวิเคราะห์ค่าและข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องมือจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทำให้ผู้วิจัยสรุปประเด็นในจากสมมุติฐานข้อที่ 1) ได้ว่า ปัจจัยด้านคน กระบวนการ และเทคโนโลยี มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อยู่ในระดับมาก โดยในด้านคนทางผู้เชี่ยวชาญในกล่าวถึงในด้านนี้ถึง 6 ท่าน กล่าวโดยเน้นไปทางความรู้พื้นฐาน ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบในระบบปรับอากาศที่จำเป็นต้องมีเพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้แสดงถึงว่าในด้านคนหรือบุคลากรเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ในระดับมากเช่นกัน รวมถึงในด้านกระบวนการในการตรวจสอบเอง ก็มีผู้เชี่ยวชาญ กล่าวถึงทั้งสิ้นจำนวน 5 ท่านมีการกล่าวไปถึงขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ขั้นตอนในการติดตั้ง และการใช้วิธีวิเคราะห์โดยชุดโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบของในแต่ละแบรนด์เพื่อตรวจสอบอาการเสียของระบบ ซึ่งแสดงว่าในด้านกระบวนการหรือขั้นตอนในการวิเคราะห์เองก็ มีผลต่ออยู่ในระดับมากเช่นกัน และในด้านเทคโนโลยีนั้นผู้เชี่ยวชาญได้ให้สัมภาษณ์ด้วยเช่นกัน ถึง 5 ท่าน โดยมุ่งเน้นไปว่าตัวเทคโนโลยี เช่น ชุดโปรแกรม ก็มีมีส่วนช่วยให้การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของระบบปรับอากาศ ทำให้ผู้วิจัยสรุปได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ครั้งนี้รวมถึงตอบสมมุติฐานและได้ตัวแปร ปัจจัยที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

4.2 พัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ผลการวิจัยในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องตรวจสอบ มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ชุดข้อมูลระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ซึ่งชุดข้อมูลที่ได้ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับจากทาง บริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด ซึ่งภายในชุดข้อมูลมีเครื่องและอุปกรณ์ ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ชุดคอยล์ร้อน (Outdoor Unit) จำนวน 3 ชุด ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลแรงดันสารทำความเย็นภายในระบบ

2) ชุดคอยล์เย็น (Indoor Unit) จำนวน 16 ชุด ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ

3) ข้อมูลสถานะผิดปกติของตัวระบบเครื่องปรับอากาศ ประกอบด้วย สถานะเครื่องทำงานที่ปกติ และผิดปกติของตัวระบบจากปริมาณสารทำความเย็น R410a

ซึ่งภายในชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันนี้ทางผู้วิจัยได้รับชุดข้อมูล vrf_data_fcu_1-16.CSV อยู่ในรูปแบบ *.CSV (Comma Separated Value) เป็นชุดที่มีการรวบรวมภายในช่วงเวลา เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ถึง เดือนมกราคม 2566 ทางผู้วิจัยจึงได้นำมาใช้สำหรับพัฒนาตัวแบบ

2.1.2 การจัดการข้อมูล

ในขั้นตอนที่ 2 ในการวิจัย เมื่อผู้วิจัยได้รับชุดข้อมูลเบื้องต้นจำนวน 479 เรคคอร์ด ได้นำมาวิเคราะห์ คัดเลือกคุณลักษณะ (Attribute) ที่เกี่ยวข้องกับสถานะเครื่องตามทฤษฎีระบบปรับอากาศที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารทำความเย็น และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเชิงลึก จึงทำให้ได้ชุดข้อมูลที่มีผลต่อการทำงานของตัวระบบเครื่องปรับอากาศเพื่อทำการวิเคราะห์ตัวชุดข้อมูล ดังตารางที่

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดคุณลักษณะ (Attribute)

คุณลักษณะ	คำอธิบายคุณลักษณะ
STATUS	สถานะเครื่องทำงานปกติ หรือไม่ปกติ
AVG_HIGH_LOW_PRESSURE	ค่าเฉลี่ยแรงดันด้าน High และ Low Pressure ภายในระบบ
AVG_SUBCOOLING	ค่าเฉลี่ย Subcooling ภายในชุดคอยล์ร้อน ในระบบทั้งหมด
AVG_SUPERHEAT	ค่าเฉลี่ย Superheat ภายในชุดคอยล์เย็น ในระบบทั้งหมด
ON	จำนวนชุดคอยล์เย็นในระบบที่กำลังทำงาน
OFF	จำนวนชุดคอยล์เย็นในระบบที่หยุดทำงาน

คุณลักษณะตามตารางที่ 4.3 ในชุดข้อมูลมีการวัดค่า AVG_HIGH_LOW_PRESSURE เป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Pound per Square Inch : PSI), AVG_SUBCOOLING และ AVG_SUPERHEAT เป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$), ON และ OFF เป็นจำนวนชุดคอยล์เย็นในระบบที่กำลังทำงานหรือหยุดทำงาน

ในคุณลักษณะ STATUS ของการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน บอกถึงการทำงานของระบบที่ทำงานปกติ (Normal) หรือไม่ สามารถทำงานได้ตามปกติ (Fault) มีจำนวนและอัตราส่วนตามแสดงดังตารางที่ 4.7

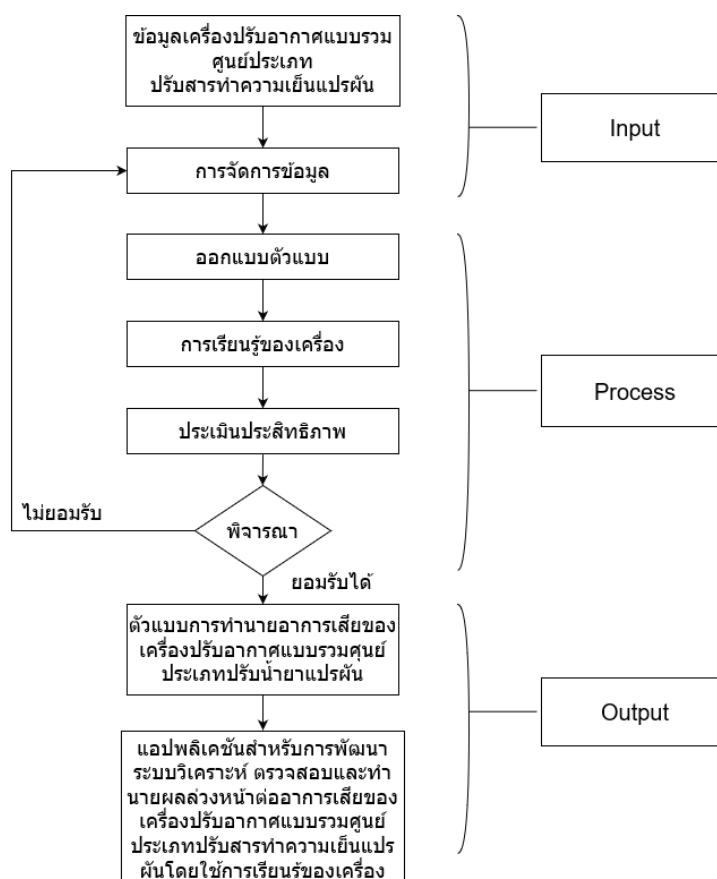
ตารางที่ 4.7 ชุดข้อมูลสถานะการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

สถานะเครื่อง	จำนวน	อัตราส่วน
Normal	247	51.57%
Fault	232	48.43%
รวมทั้งสิ้น	479	100.00%

2.1.3 พัฒนาระบบทำนายอาการเสีย

การพัฒนาตัวแบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องทางผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเพื่อทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง และงานวิจัยในด้านระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

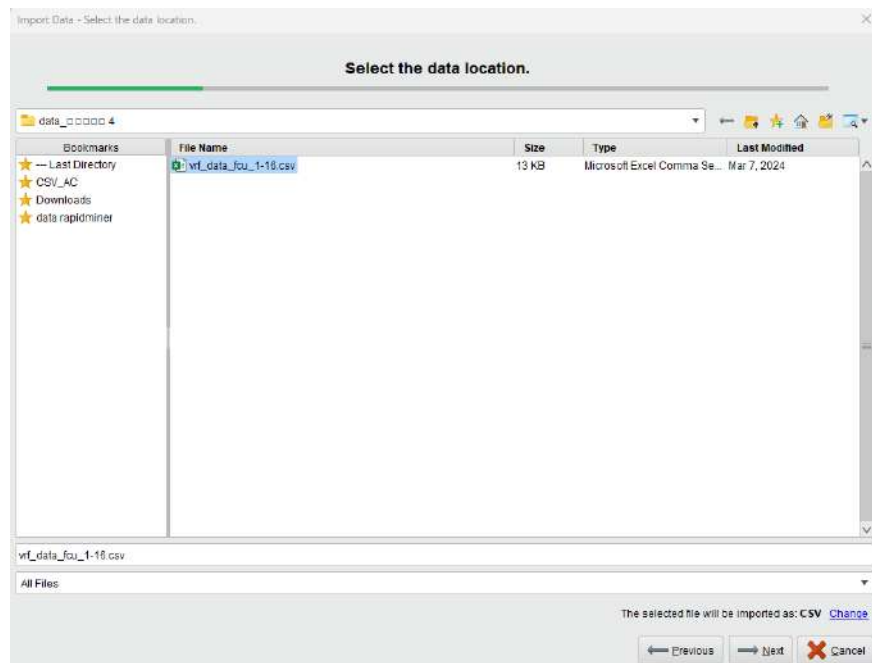
รวมถึงการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนก เพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบ จากรูปภาพประกอบที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และออกแบบการวิจัยได้ดังนี้



ภาพประกอบที่ 4.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบทำนายอาการเสีย

1) การนำเข้าชุดข้อมูล

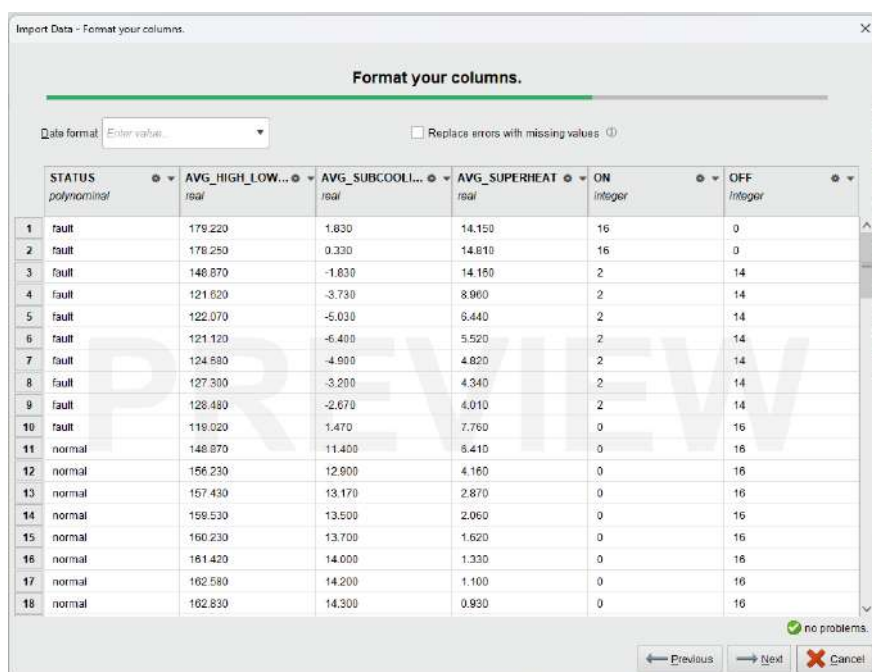
การนำเข้าชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยชุดโปรแกรม RapidMiner Studio จากนั้นทำการนำเข้าชุดข้อมูลรูปแบบ CSV มีการนำเข้าชุดข้อมูลตามภาพประกอบที่ 4.2



ภาพประกอบที่ 4.2 การนำเข้าชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท
ปรับสารทำความเย็นแปรผัน

2) การจัดการข้อมูล

ในขั้นตอนหลังจากทำการนำเข้าชุดข้อมูลและปรับแต่งคุณลักษณะเป็นชนิดข้อมูลดัง
ภาพประกอบที่ 4.3



ภาพประกอบที่ 4.3 ปรับแต่งชนิดของคุณลักษณะของข้อมูล

ดังตารางที่ 4.8 มีการปรับแต่งชนิดข้อมูล ดังนี้ STATUS ตั้งค่าให้เป็นชนิดข้อมูล Polynomial, AVG_HIGH_LOW_PRESSURE ตั้งค่าให้เป็นชนิดข้อมูล Real, AVG_SUBCOOLING ตั้งค่าให้เป็นชนิดข้อมูล Real, AVG_SUPERHEAT ตั้งค่าให้เป็นชนิดข้อมูล Real และคุณลักษณะ ON/OFF ตั้งค่าให้เป็นชนิดข้อมูล Integer

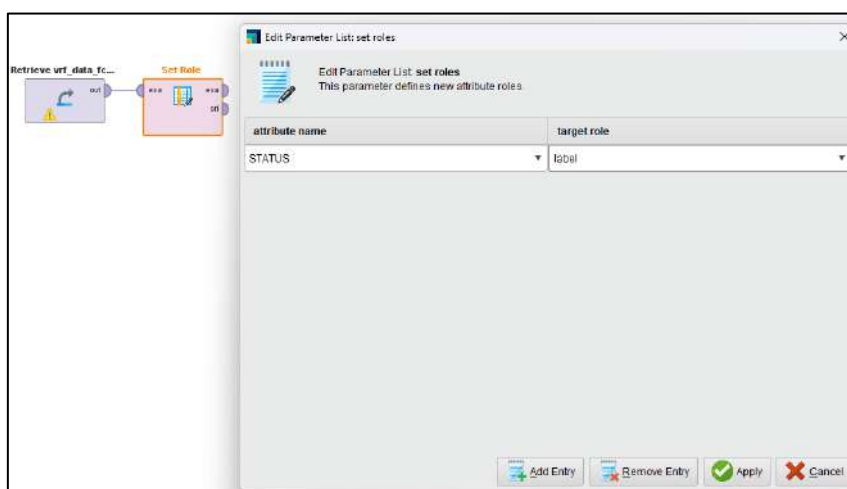
ตารางที่ 4.8 แสดงชนิดข้อมูลทำการปรับแต่ง

คุณลักษณะ	ชนิดข้อมูล
STATUS	Polynomial
AVG_HIGH_LOW_PRESSURE	Real
AVG_SUBCOOLING	Real
AVG_SUPERHEAT	Real
ON	Integer
OFF	Integer

3) การสร้างตัวแบบ

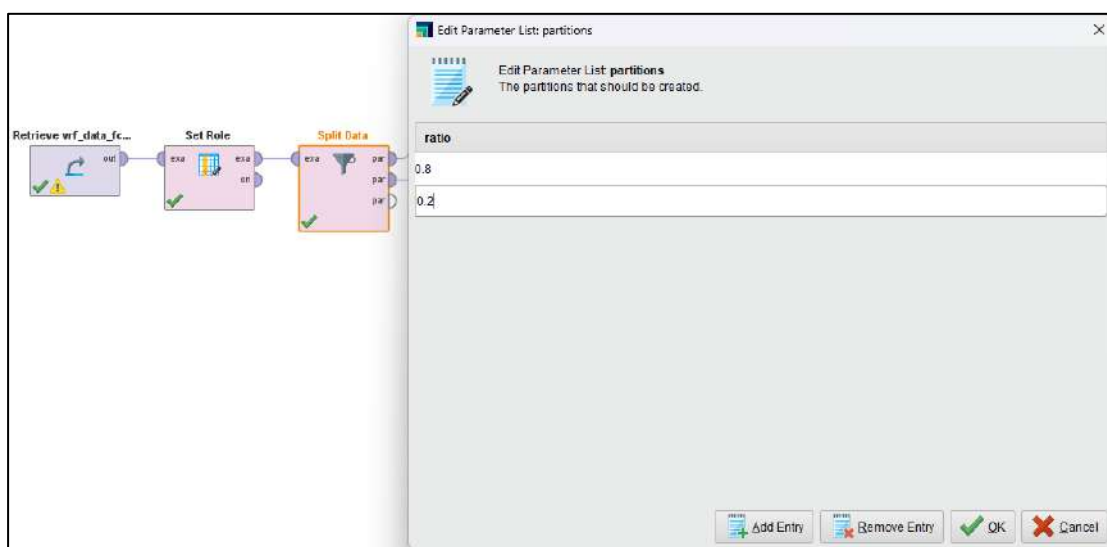
ขั้นตอนการสร้างตัวแบบ ทางผู้วิจัยได้มีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ จากนั้นใช้การตัดสินใจจากอัลกอริทึม 4 ชนิด ได้แก่ Decision Tree, Neural Networks, Naïve Bayes และ Support Vector Machine

3.1 ชุดคำสั่ง Set Role เพื่อตั้งค่าฉลาก สำหรับคุณลักษณะ STATUS เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องดังภาพประกอบที่ 4.4

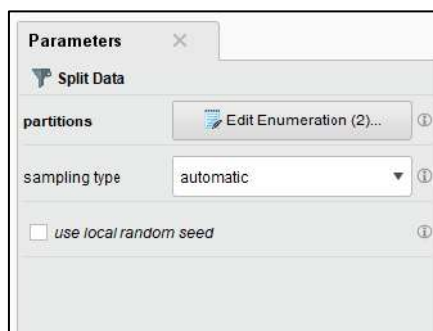


ภาพประกอบที่ 4.4 ตั้งค่าคุณลักษณะ STATUS เป็นฉลาก

3.2 ชุดคำสั่ง Split Data เพื่อทำการแบ่งชุดข้อมูลในอัตราส่วน 80% สำหรับใช้สอนการเรียนรู้ของเครื่องในการสร้างตัวแบบ และ 20% ใช้สำหรับการทดสอบตัวแบบ ดังภาพประกอบที่ 4.5 และในการแบ่งชุดข้อมูลมีการตั้งค่า Sampling Type เป็น Automatic ดังภาพประกอบที่ 4.6



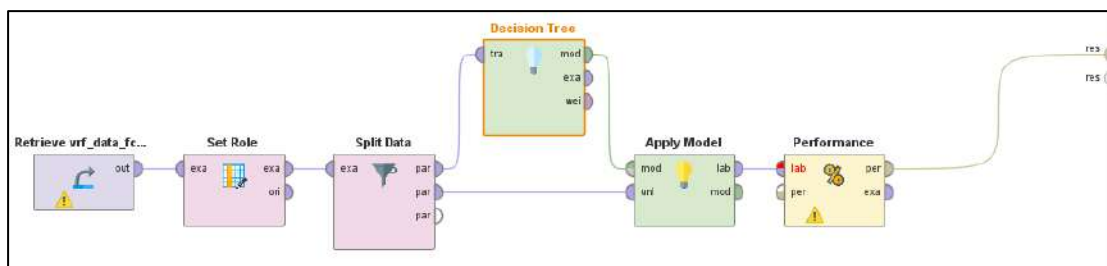
ภาพประกอบที่ 4.5 แบ่งชุดข้อมูลด้วยชุดคำสั่ง Split Data



ภาพประกอบที่ 4.6 ตั้งค่า Sampling Type

หลังจากตั้งค่า Sampling Type ดังภาพประกอบที่ 4.6 แล้ว ขั้นตอนในการการสร้างตัวแบบด้วยชุดคำสั่งอัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภท ดังนี้

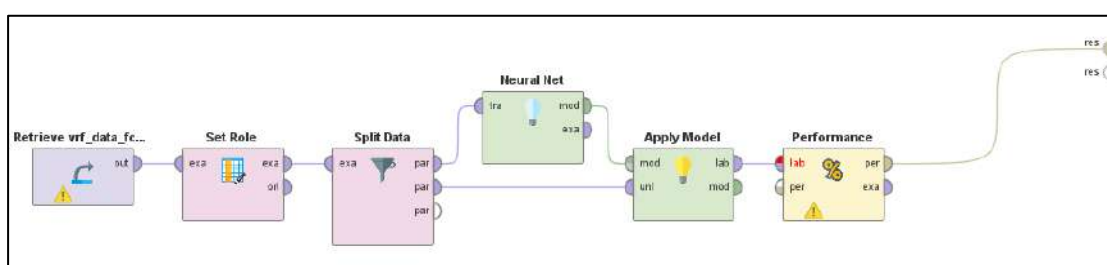
1) Decision Tree มีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ ดังภาพประกอบที่ 4.7 ดังนี้ ใช้ชุดคำสั่ง Decision Tree ในการตัดสินใจ สำหรับชุดข้อมูลในการเรียนรู้เป็นอัตราส่วน 80% จึงนำชุดคำสั่ง Apply Model มาใช้ในการตัดสินใจชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบเป็นอัตราส่วน 20% และในขั้นตอนวัดค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Decision Tree ด้วยตาราง Confusion Matrix ด้วยชุดคำสั่ง Performance (Binominal Classification) ดังภาพประกอบที่ 4.8



ภาพประกอบที่ 4.7 ตัวแบบอัลกอริทึม Decision Tree

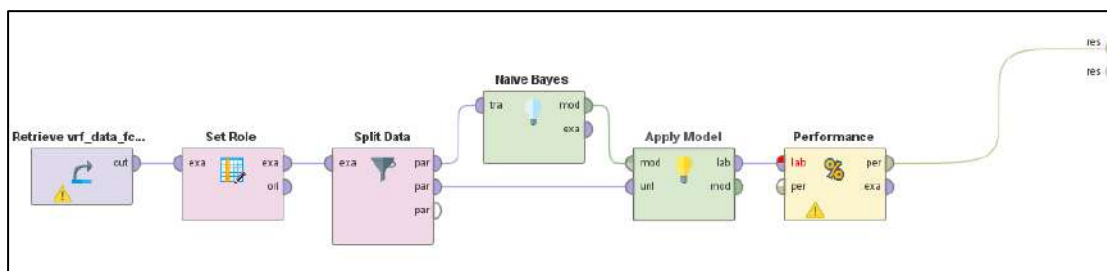
2) Neural Networks มีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ ดังนี้ ใช้ชุดคำสั่ง Neural Networks ในการตัดสินใจ สำหรับชุดข้อมูลในการเรียนรู้เป็นอัตราส่วน 80% และตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังภาพประกอบที่ 4.8 จึงนำชุดคำสั่ง Apply Model มาใช้ในการตัดสินใจชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เป็นอัตราส่วน 20% และในขั้นตอนวัดค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Neural Networks ด้วยตาราง Confusion Matrix ด้วยชุดคำสั่ง Performance (Binominal Classification) ดังภาพประกอบที่ 4.9

ภาพประกอบที่ 4.8 ตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับอัลกอริทึม Neural Networks



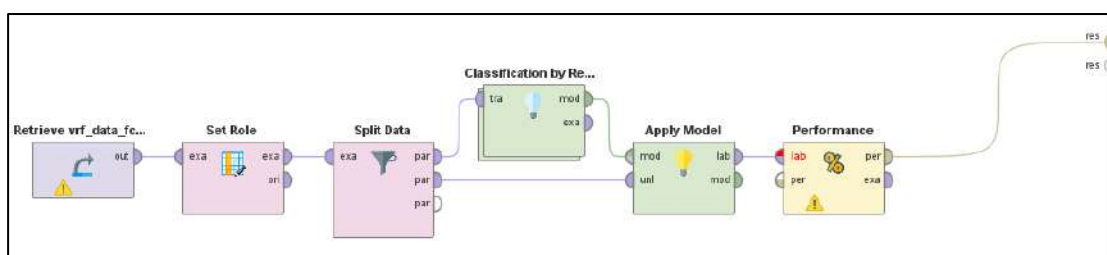
ภาพประกอบที่ 4.9 ตัวแบบอัลกอริทึม Neural Networks

3) Naïve Bayes มีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ ดังนี้ ใช้ชุดคำสั่ง Naïve Bayes ในการตัดสินใจ สำหรับชุดข้อมูลในการเรียนรู้เป็นอัตราส่วน 80% จึงนำชุดคำสั่ง Apply Model นำมาใช้ในการตัดสินใจชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบเป็นอัตราส่วน 20% และในขั้นตอนวัดค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Naïve Bayes ด้วยตาราง Confusion Matrix ด้วยชุดคำสั่ง Performance (Binominal Classification) ดังภาพประกอบที่ 4.10

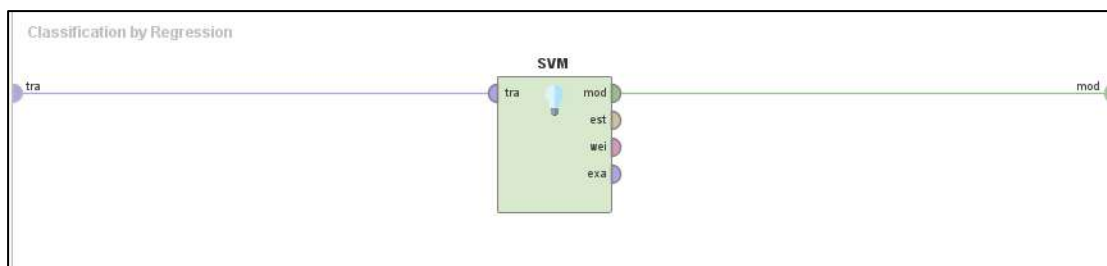


ภาพประกอบที่ 4.10 ตัวแบบอัลกอริทึม Naive Bayes

4) Support Vector Machine มีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบ ดังนี้ ใช้ชุดคำสั่ง Classification by Regression และชุดคำสั่ง Support Vector Machine ในการตัดสินใจ สำหรับชุดข้อมูลในการเรียนรู้เป็นอัตราส่วน 80% จึงนำชุดคำสั่ง Apply Model นำมาใช้ในการตัดสินใจชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบเป็นอัตราส่วน 20% และในขั้นตอนวัดค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Naïve Bayes ด้วยตาราง Confusion Matrix ด้วยชุดคำสั่ง Performance (Binominal Classification) ดังภาพประกอบที่ 4.11 และ 4.12



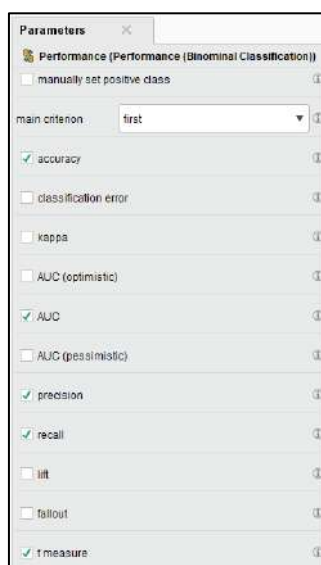
ภาพประกอบที่ 4.11 ตัวแบบอัลกอริทึม Support Vector Machine



ภาพประกอบที่ 4.12 อัลกอริทึม Support Vector Machine ในชุดคำสั่ง Classification by Regression

3.3 การวัดค่าประสิทธิภาพตัวแบบ (Model Evaluation)

เมื่อทำการสร้างตัวแบบจาก อัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภทแล้ว จึงทำการวัดค่าประสิทธิภาพจากชุดคำสั่ง Performance (Binominal Classification) และทำการเลือกค่าที่ต้องการวัดค่าประสิทธิภาพ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) และค่าถ่วงดุล (F-Measure) แสดงดังภาพประกอบที่ 4.13 ทำให้ได้ Confusion Matrix ของแต่ละอัลกอริทึมในแต่ละแบบดังนี้



ภาพประกอบที่ 4.13 เลือกค่าที่ต้องการวัดประสิทธิภาพ

ในผลการวัดค่าอัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภทนี้ จากตาราง Confusion Matrix ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบค่าประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าประสิทธิภาพของตัวแบบ

Algorithm	Accuracy	Precision	AUC	Recall	F-Measure
Decision Tree	93.75%	93.75%	81.83%	98.36%	96.00%
Neural Networks	92.50%	95.08%	93.44%	95.08%	95.08%
Naïve Bayes	91.25%	96.55%	93.79%	91.80%	94.12%
Support Vector Machine	82.50%	86.15%	50.00%	91.80%	88.89%

จากตารางที่ 4.9 ได้ค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมทั้ง 4 แบบ ดังนี้

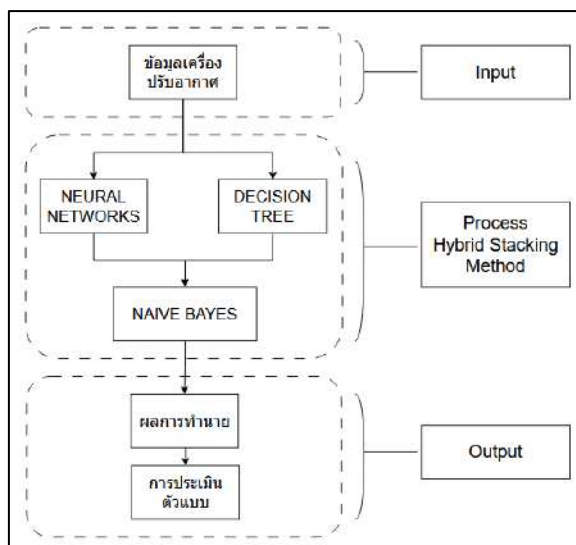
1. Decision Tree ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 93.75% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 93.75% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 81.83 ค่าความระลึกเท่ากับ 98.36% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 96.00%

2. Neural Networks ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 92.50% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 95.08% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 93.44% ค่าความระลึกเท่ากับ 95.08% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 95.08%

3. Naïve Bayes ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 91.25% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 96.55% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 93.79% ค่าความระลึกเท่ากับ 91.80% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 94.12%

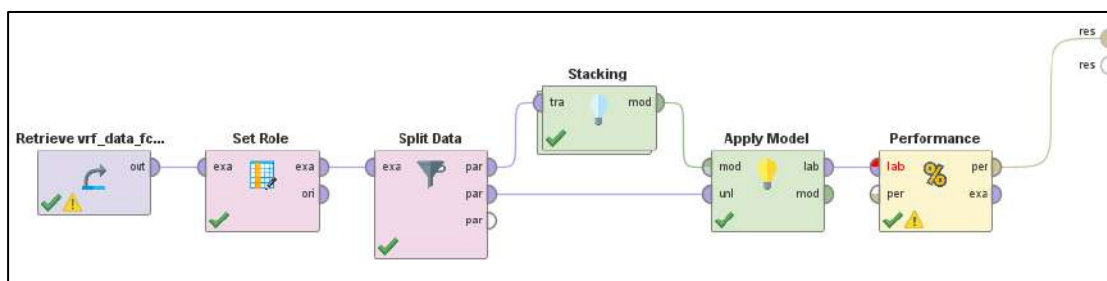
4. Support Vector Machine ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 82.50% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 86.15% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 50.00% ค่าความระลึกเท่ากับ 91.80% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 88.89%

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ทางผู้วิจัยได้ทำการใช้แนวคิดในการพัฒนาระบบทำนายด้วยการใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Hybrid Ensemble Method ในแบบการตัดสินใจด้วยวิธี Stacking ด้วยวิธีการเรียนรู้นี้เป็นการใช้อัลกอริทึมในหลาย ๆ แบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ได้ทำการออกแบบจากอัลกอริทึมที่ได้ประเมินค่าประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.6 ผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดและรองลงมาสองอันดับได้แก่ Neural Networks, Decision Tree และ Naïve Bayes ในการจำแนก ซึ่งเทคนิคนี้มีข้อดีในการเพิ่มค่าประสิทธิภาพของการตัดสินใจที่เพิ่มขึ้น และช่วยลดการ Overfitting จากการใช้อัลกอริทึมหลายประเภทในการเรียนรู้ และนำตัวแบบมาจำแนกดังภาพประกอบที่ 4.14



ภาพประกอบที่ 4.14 ขั้นตอนการพัฒนาตัวแบบด้วยวิธี Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

จากภาพประกอบที่ 4.14 ในขั้นตอนการพัฒนาตัวแบบด้วยวิธี Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ทางผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวแบบด้วยชุดโปรแกรม RapidMiner Studio จากนั้นใช้ชุดคำสั่ง Ensemble แบบ Stacking ดังภาพประกอบที่ 4.15



ภาพประกอบที่ 4.15 ตัวแบบ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

ภายในในชุดคำสั่ง Stacking ใช้อัลกอริทึมในการสอนการเรียนรู้ จากอัลกอริทึม Neural Networks, Decision Tree และใช้อัลกอริทึม Naïve Bayes ในการตัดสินใจสุดท้าย ทำให้ทราบค่าประสิทธิภาพของตัวแบบดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพของของอัลกอริทึม Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

Algorithm	Accuracy	Precision	AUC	Recall	F-Measure
Stacking	97.08%	96.60%	99.60%	99.94%	99.24%
Neural Networks	92.50%	95.08%	93.44%	95.08%	95.08%

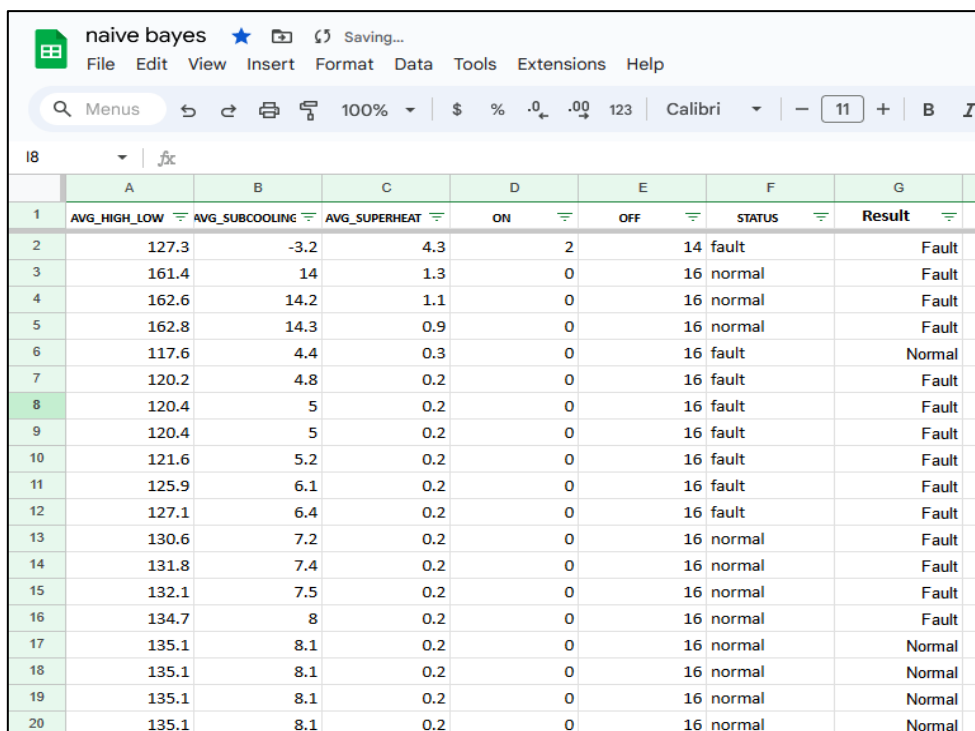
จากตารางที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพของของตัวแบบอัลกอริทึม Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.08% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 96.60% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 99.60% ค่าความระลึกเท่ากับ 99.94% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 99.24% ด้วยออกแบบตัวแบบดังนี้ ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจากการใช้อัลกอริทึมเดียว ด้วยทางผู้วิจัยได้ตัดสินใจค่าประสิทธิภาพจากค่าความเที่ยง และความแม่นยำ และพื้นที่ใต้โค้งที่มีค่าสูงที่สุด

เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแล้วทางผู้วิจัยจึงนำตัวแบบที่ได้นำมาพัฒนาระบบ ทำการนำชุดข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ของเครื่องจากชุดโปรแกรม RapidMiner Studio ดังภาพประกอบที่ 4.16 เพื่อใช้ในการสร้างระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

Row No.	STATUS	prediction(S...	AVG_HIGH_...	AVG_SUBC...	AVG_SUPER...	ON	OFF
1	fault	fault	127.300	-3.200	4.340	2	14
2	normal	normal	161.420	14	1.330	0	16
3	normal	normal	162.580	14.200	1.100	0	16
4	normal	normal	162.830	14.300	0.930	0	16
5	fault	fault	117.600	4.400	0.270	0	16
6	fault	fault	120.180	4.830	0.170	0	16
7	fault	fault	120.430	4.970	0.220	0	16
8	fault	fault	120.430	4.970	0.220	0	16
9	fault	fault	121.620	5.170	0.190	0	16
10	fault	fault	125.870	6.100	0.190	0	16
11	fault	fault	127.050	6.400	0.220	0	16
12	normal	normal	130.620	7.230	0.170	0	16
13	normal	normal	131.820	7.430	0.190	0	16
14	normal	normal	132.050	7.530	0.230	0	16
15	normal	normal	134.650	8	0.210	0	16
16	normal	normal	135.120	8.070	0.200	0	16
17	normal	normal	135.120	8.070	0.200	0	16
18	normal	normal	135.120	8.070	0.200	0	16
19	normal	normal	135.120	8.070	0.180	0	16
20	normal	normal	135.350	8.200	0.180	0	16
21	normal	normal	135.350	8.200	0.140	0	15
22	normal	normal	135.350	8.200	0.250	0	16
23	normal	normal	135.820	8.200	0.240	0	16
24	normal	normal	135.580	8.200	0.240	0	16
25	normal	normal	135.350	8.200	0.290	0	16

ภาพประกอบที่ 4.16 ชุดข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ข้อมูลของเครื่อง จากชุดโปรแกรม RapidMiner Studio

จากชุดข้อมูลดังภาพประกอบที่ 4.16 ผู้วิจัยได้ใช้งานแพลตฟอร์ม Google Sheets เพื่อนำเข้าชุดข้อมูลที่ทำนายแล้วตามภาพประกอบที่ 4.17



	A	B	C	D	E	F	G
	AVG_HIGH_LOW	AVG_SUBCOOLING	AVG_SUPERHEAT	ON	OFF	STATUS	Result
2	127.3	-3.2	4.3	2	14	fault	Fault
3	161.4	14	1.3	0	16	normal	Fault
4	162.6	14.2	1.1	0	16	normal	Fault
5	162.8	14.3	0.9	0	16	normal	Fault
6	117.6	4.4	0.3	0	16	fault	Normal
7	120.2	4.8	0.2	0	16	fault	Fault
8	120.4	5	0.2	0	16	fault	Fault
9	120.4	5	0.2	0	16	fault	Fault
10	121.6	5.2	0.2	0	16	fault	Fault
11	125.9	6.1	0.2	0	16	fault	Fault
12	127.1	6.4	0.2	0	16	fault	Fault
13	130.6	7.2	0.2	0	16	normal	Fault
14	131.8	7.4	0.2	0	16	normal	Fault
15	132.1	7.5	0.2	0	16	normal	Fault
16	134.7	8	0.2	0	16	normal	Fault
17	135.1	8.1	0.2	0	16	normal	Normal
18	135.1	8.1	0.2	0	16	normal	Normal
19	135.1	8.1	0.2	0	16	normal	Normal
20	135.1	8.1	0.2	0	16	normal	Normal

ภาพประกอบที่ 4.17 นำเข้าชุดข้อมูลใน Google Sheets

ดังภาพประกอบที่ 4.17 จากนั้นผู้วิจัยได้ใส่ชุดคำสั่งลงใน Cell เพื่อคำนวณค่า Prior Probability จากการใช้ Formular ใน Cell ดังภาพประกอบที่ 4.18

H2 $\text{fx} = \text{COUNTIF}(\text{F:F}, \text{"Fault"}) / \text{COUNTA}(\text{F:F})$

ภาพประกอบที่ 4.18 สมการคำนวณค่า Prior Probability ใน Google Sheets

ดังภาพประกอบที่ 4.18 ทำให้ได้ค่า Prior Probability แล้วจึงทำการคำนวณค่า Likelihood Probability ของแต่ละตัวแปรจากสูตรดังนี้ ดังภาพประกอบที่ 4.19

J2 $\text{fx} = \text{if}(\text{COUNTIFS}(\text{F:F}, \text{"Fault"}, \text{A:A}, \text{A2}) > 0, \text{COUNTIFS}(\text{F:F}, \text{"Fault"}, \text{A:A}, \text{A2}), 1) / \text{COUNTIF}(\text{F:F}, \text{"Fault"})$

ภาพประกอบที่ 4.19 สมการคำนวณค่า Likelihood Probability

จากภาพประกอบที่ 4.19 เมื่อได้ค่า Likelihood Probability ของแต่ละตัวแปรแล้วทำการคำนวณเพื่อหาค่า Posterior Probability ซึ่งใช้สูตรตามภาพประกอบที่ 4.20

fx = IS2*product(J2:N2)

4.3 ประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 การประเมินนี้ได้แบ่ง วัตถุประสงค์ในส่วนการประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินในครั้งนี้มีจำนวน 6 ท่าน มีดังตารางที่ 4.11 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิ

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ	ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	ประสบการณ์ที่ ทำงานด้าน เทคโนโลยีดิจิทัล
1	ดร.เทพฤทธิ์ พระเทพ	Technology Engineer	NEYAA Inc. Group	มากกว่า 5 ปี
2	ดร.บุญชม สุตจิตต์	คณะกรรมการการพัฒนา หลักสูตรวิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อการออกแบบ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก	มากกว่า 5 ปี
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ไชยคำวัง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โปรแกรมวิทยาการ คอมพิวเตอร์และ เทคโนโลยีสารสนเทศ	คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย	มากกว่า 5 ปี
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิษา คิดใจเดียว	ประธานหลักสูตรสาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและ นวัตกรรมดิจิทัล	คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช	มากกว่า 5 ปี
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ทบแป	ผู้จัดการศูนย์นวัตกรรม ดิจิทัล	บริษัท โทรคมนาคม แห่งชาติ จำกัด (มหาชน)	มากกว่า 5 ปี
6	ดร.เกรียงไกร ภูวนิชย์	รองประธานคณะกรรมการ สาขาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์	วิศวกรรมสถานแห่ง ประเทศไทยในพระ บรมราชูปถัมภ์ (วสท)	มากกว่า 5 ปี

ส่วนที่ 2 ความแม่นยำของระบบวิเคราะห์ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ผู้วิจัยได้สร้างข้อคำถามประเมินความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นใช้ระบบวิเคราะห์โดยแบ่งระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เหมาะสมหรือเห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เหมาะสมหรือเห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เหมาะสมแล้วหรือเห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เหมาะสมหรือเห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เหมาะสมหรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

สามารถแบ่งระดับค่าเฉลี่ยอันตรภาคชั้นดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับ
4.21 - 5.00	ดีมาก
3.41 - 4.20	มาก
2.61 - 3.40	ปานกลาง
1.81 - 2.60	พอใช้
1.00 - 1.80	ปรับปรุง

ในขั้นตอนหลังจากผู้วิจัยทำการแบ่งระดับคะแนนในการประเมินแล้วเสร็จ จึงได้ทำการให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินระบบด้วยข้อคำถามใน 5 ด้านดังตารางที่ 4.12 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินตัวระบบ

ข้อที่	ข้อคำถาม	ผลประเมินระบบการตรวจสอบ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ระบบการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น มีความเหมาะสมหรือไม่	4.50	0.50	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประเมินตัวระบบ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ผลประเมินระบบการตรวจสอบ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
2	องค์ความรู้ด้านวงจรสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบและทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบ	4.67	0.47	เห็นด้วยมากที่สุด
3	หลักการ ความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีทและ หลักการขับเคลื่อน มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบ และทำนายในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็นต่อระบบการทำงาน	4.67	0.47	เห็นด้วยมากที่สุด
4	ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง มีความแม่นยำสูง	4.50	0.50	เห็นด้วยมากที่สุด
5	ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง สามารถนำไปใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียได้	4.50	0.50	เห็นด้วยมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม		4.57	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.12 สรุปได้ดังนี้ การนำแบบประเมินให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินระบบวิเคราะห์ผลจากการตอบคำถามประเมินระบบจากผู้ทรงคุณวุฒิ ในเรื่องระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องนั้น และเพื่อตอบคำถามสมมุติฐานการวิจัย ซึ่งเฉลี่ยรวมมีการประเมินอยู่ในระดับดีมาก นั้นมีการแยกประเด็นคำถามทั้งหมดเป็น 5 ประเด็นต่อไปนี้

1) ระบบการทำนายอาการเสียระบบการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น **มีความเหมาะสมหรือไม่** จากผู้ทรงคุณวุฒิ มีการประเมินความเห็นรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50) ในการนำระบบที่ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นนำไปใช้งานได้และมีความเหมาะสม

2) องค์ความรู้ด้านวงจรสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน **มีอิทธิพลต่อ**ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบ จากผู้ทรงคุณวุฒิมีการประเมินความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.47)

3) หลักการ ความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีทและ หลักการ ชับคูลิ่ง **มีอิทธิพลต่อ**ระบบการตรวจสอบ และทำนายในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็นต่อระบบการทำงานของระบบ จากผู้ทรงคุณวุฒิมีการประเมินความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.47)

4) ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง **มีความแม่นยำสูง** จากผู้ทรงคุณวุฒิมีการประเมินความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50)

5) ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง **สามารถนำไปใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์** ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียได้ จากผู้ทรงคุณวุฒิมีการประเมินความเห็นอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50)

จากผลการตอบแบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิในส่วนที่ 2 ของแบบประเมินนี้ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า ในสมมติฐานเรื่องระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง มีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมากนี้ จากระบบที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้าง ได้ผลในเรื่องความแม่นยำของระบบวิเคราะห์ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ได้ผลการประเมินเฉลี่ยรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิ อยู่ในระดับเหมาะสมหรือเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.49) ซึ่งได้ผลอยู่ในระดับที่ดีกว่าสมมติฐานที่ทางผู้วิจัยได้ตั้งไว้

ส่วนที่ 3 ระบบตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF)

1) ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับใด ซึ่งผลจากการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50)

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อการปรับปรุง

- 1.1 มีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนคอยล์เย็นในระบบตรวจสอบ
- 1.2 ควรมีการทำสอบระบบในสถานการณ์จริง เพื่อปรับปรุงพัฒนาให้น่าเชื่อถือ
- 1.3 ควรวิเคราะห์ผลลัพธ์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพ

2) ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) มีการยอมรับอยู่ในระดับใด ซึ่งผลจากการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับ เห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.47)

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อการปรับปรุง

ควรสร้างระบบแจ้งเตือนเมื่อพบว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดอาการเสียไปยังแอปพลิเคชัน

ด้วยวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ทางผู้วิจัยได้ทำการประเมินระบบด้วยวิธีการตอบแบบสอบถามจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 ท่าน นั้นมีข้อคำถามในประเด็นแรก “ระบบวิเคราะห์ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับใด” ประเด็นที่สอง “ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF) มีการยอมรับอยู่ในระดับใด” ผลจากการประเมินทั้งสองประเด็นนี้ ในด้านความเหมาะสม ได้ผลการประเมินเฉลี่ยรวมจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิ นั้นเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50) และในด้านการยอมรับ ได้ผลการประเมินเฉลี่ยรวมจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิ นั้นเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.47) ซึ่งมีค่าการประเมินมากกว่าสมมติฐานที่ทางผู้วิจัยได้ตั้งไว้ดังนี้ ความเหมาะสมและยอมรับอยู่ในระดับมาก

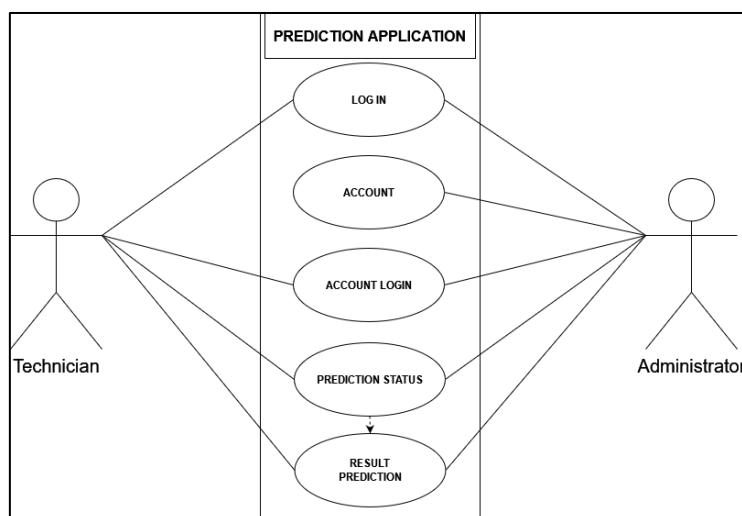
4.4 เพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ทางผู้วิจัยทำการสร้างระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง แล้วจึงทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอากาศเสีย เพื่อนำข้อมูลจาก Google Sheets มาพัฒนาต่อเป็น Application Google AppSheet ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาด้วยแนวคิดวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผนการทำงาน (Planning) ในขั้นตอนนี้ มีการกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเป็น แพลตฟอร์ม Google Sheets, Google AppSheet โดยผู้วิจัยมีการกำหนดผู้ใช้งานได้แก่ Admin และ Technician

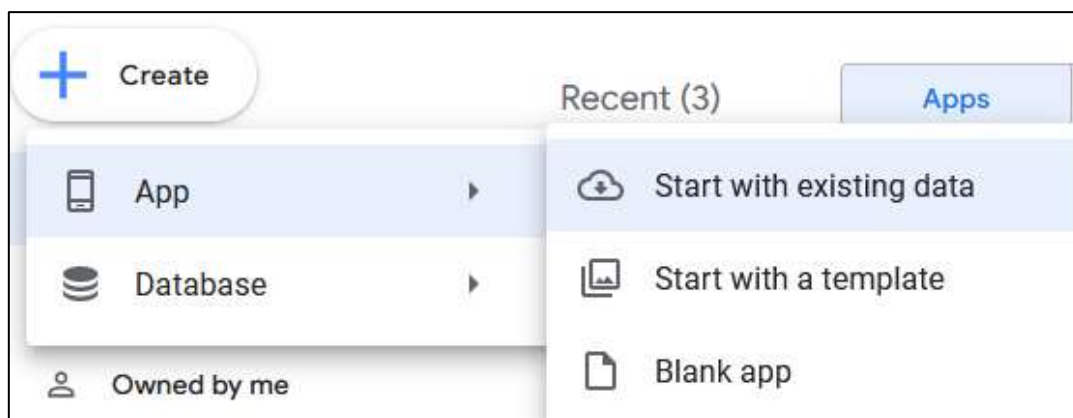
ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ (Analysis) ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยสรุปความต้องการในการใช้งานจากการสัมภาษณ์เชิงลึก ทำให้ได้ตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายรวมถึง มีการออกแบบ User Case Diagram ดังนี้

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (Design) ในขั้นตอนนี้ ผู้ใช้ทำการออกแบบยูสเคสไดอะแกรม ดังภาพประกอบที่ 4.23 มีการแบ่งผู้ใช้งานเป็นสองระดับ ระหว่าง 1) หน้าจอสำหรับ User Technician จะเข้าใช้งานในหน้าจอได้แก่ LOG IN, ACCOUNT LOGIN, PREDICTION STATUS, RESULT PREDICTION 2) หน้าจอสำหรับ User Administrator จะเข้าใช้งานหน้าจอได้แก่ LOG IN, ACCOUNT LOGIN, PREDICTION STATUS, RESULT PREDICTION, ACCOUNT



ภาพประกอบที่ 4.23 ภาพยูสเคสไดอะแกรม

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Implementation) ผู้วิจัยทำการสร้าง Application ในแพลตฟอร์ม Google AppSheet ทำการเลือก Create App จาก Start with Existing Data ดังภาพประกอบที่ 4.24



ภาพประกอบที่ 4.24 เลือกข้อมูลนำมาสร้าง Application

1) Create a new app ทำการตั้งชื่อ Application ดังภาพประกอบที่ 4.25

ภาพประกอบที่ 4.25 ตั้งชื่อ Application

2) เลือกไฟล์ข้อมูลใน Google Drive ดังภาพประกอบที่ 4.26



ภาพประกอบที่ 4.26 เลือกไฟล์ Google Sheets

3) หน้าต่าง Table ดังมีรายละเอียด ดังภาพประกอบที่ 4.27



ภาพประกอบที่ 4.27 รายละเอียดของ Table

4) การตั้งค่าตัวแปรในการนำมาทำแอปพลิเคชัน ดังภาพประกอบที่ 4.28

NAME	TYPE	KEY?	LABEL?	FORMULA	SHOW?	EDITABLE?	REQUIRED?
✎ _RowNumber	Number	☒	☐	=	☐	☐	☒
✎ Average High - Low Press	Decimal	☐	☒	=	☒	☒	☒
✎ Average Subcooling	Decimal	☐	☐	=	☒	☒	☒
✎ Average Superheat	Decimal	☐	☐	=	☒	☒	☒
✎ Fan coil Unit On	Number	☐	☐	=	☒	☒	☒
✎ Fan coil Unit OFF	Number	☐	☐	= 16-[Fan coil Unit (	☒	☒	☒
✎ STATUS	Enum	☐	☐	=	☐	☐	☐
✎ Result	Enum	☐	☐	=	☐	☐	☐
✎ normal	Decimal	☐	☐	=	☐	☒	☒
✎ fault	Decimal	☐	☐	=	☐	☒	☒
✎ fault_10	Decimal	☐	☐	=	☐	☐	☒
✎ Column_11	Decimal	☐	☐	=	☐	☐	☒
✎ Column_12	Decimal	☐	☐	=	☐	☐	☒
✎ Column_13	Decimal	☐	☐	=	☐	☐	☒

ภาพประกอบที่ 4.28 ตั้งค่าตัวแปร

5) การตั้งค่าในหน้า View ดังภาพประกอบที่ 4.29

The screenshot shows the 'Home' view configuration interface in Google Sheets. It includes sections for:

- View name:** Set to 'Home'.
- For this data:** Set to 'Sheet2'.
- View type:** A grid of icons for different view types: calendar, deck, table, gallery, data (selected), map, chart, dashboard, form, onboarding, and card.
- Position:** A row of buttons: first (selected), next, middle, later, last, menu, and ref.
- View Options:**
 - Use Card Layout:** A toggle switch.
 - Main image:** Set to 'Auto assign (Picture)'.
 - Header columns:** A button labeled 'Add'.
 - Quick edit columns:** A button labeled 'Add'.
 - Sort by:** A button labeled 'Add'.

ภาพประกอบที่ 4.29 หน้าตั้งค่า View

6) หน้า Home บนแอปพลิเคชันมือถือ ดังภาพประกอบที่ 4.30



ภาพประกอบที่ 4.30 หน้า Home

7) ตั้งค่าหน้า Predict Status บนแอปพลิเคชันมือถือ ดังภาพประกอบที่ 4.31

Predict Status [Show in preview](#)

View name
The unique name for this view.
Predict Status
[Go to display options](#)

For this data
Which table or slice to display.
naive bayes
[Use slices to filter your data](#)

View type
What kind of view this is.
calendar, clock, table, gallery, detail, map, chart, dashboard, **form**, infographic, card

Position
Where the button to access this view is located.
first, **next**, middle, later, last, menu, ref

View Options

Row key
Only edit one specific row, identified by this key.
=

Page style
How form pages are displayed.
Automatic, Simple, Page Count, Tabs

Form style
How form inputs are displayed.
Automatic, Default, Side-by-side

Column order
Display columns in a different order than they appear in the original data.
[Add](#)

Save / cancel position
How the save / cancel buttons are positioned.
Bottom, Top

Max. nested rows
The maximum number of rows to show for related reference data.
- 5 +

ภาพประกอบที่ 4.31 ตั้งค่าหน้า Predict Status

8) หน้า Predict Status บนหน้าจอมือถือ ดังภาพประกอบที่ 4.32

Predict Status

Average High - Low Pressure*
?
○

Average Subcooling*
?
○

Average Superheat*
?
○

Fan coil Unit On*
0 - +

Fan coil Unit OFF*
16

Cancel Save

ภาพประกอบที่ 4.32 หน้า Predict Status

โดยแอปพลิเคชันทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีการเข้าถึงได้จากลิงก์ตามที่อยู่ดังต่อไปนี้



Application Predict

<https://www.appsheet.com/newshortcut/98235274-eb71-471f-8581-495f03152455>

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ผู้ประเมินนั้นมีจำนวน 30 ท่าน เพื่อทำการประเมินซึ่งรายละเอียดในการประเมินผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินในครั้งนี้มีจำนวน 5 ท่าน สรุปข้อมูลมีดังตารางที่ 4.13 – 4.18 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลเพศ

เพศ	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
ชาย	24	82.10%
หญิง	6	17.90%
รวม	30	100.00%

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลอายุ

อายุ	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
20 – 29 ปี	12	40.00%
30 – 39 ปี	12	40.00%
40 – 49 ปี	4	13.33%
50 – 59 ปี	1	3.33%
60 ปี ขึ้นไป	1	3.33%
รวม	30	100.00%

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
ต่ำกว่าปริญญาตรี	15	50.00%
ปริญญาตรี	12	40.00%
ปริญญาโท	2	6.67%
ปริญญาเอก	1	3.33%
รวม	30	100.00%

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลประสบการณ์การทำงาน

ประสบการณ์การทำงาน	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
น้อยกว่า 2 ปี	10	33.33%
2 - 3 ปี	10	33.33%
4 - 6 ปี	4	13.33%
7 - 9 ปี	3	10.00%
มากกว่า 10 ปี	3	10.00%
รวม	30	100.00%

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลประเภทหน่วยงาน

ประเภทหน่วยงาน	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
ภาครัฐ	3	10.00%
ภาคเอกชน	25	83.33%
ภาครัฐวิสาหกิจ	0	0.00%
อื่น ๆ	2	6.67%
รวม	30	100.00%

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลประเภทการบริการ

ประเภทการบริการ	ผลการตอบแบบสอบถาม	
	จำนวน	อัตราส่วน
บริการ	18	60.00%
ผลิตภัณฑ์	4	13.33%
การค้า	5	16.67%
อื่น ๆ	1	3.33%
รวม	30	100.00%

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า
อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในส่วน
เหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น

ผู้วิจัยได้สร้างข้อคำถามประเมินความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังตารางที่ 4.19
ซึ่งเป็นความพึงพอใจผู้ใช้แอปพลิเคชันโดยแบ่งระดับคำตอบเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ระดับพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ระดับพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ระดับพึงพอใจน้อยที่สุด

มีการแสดงระดับค่าเฉลี่ยอันตรภาคชั้นดังนี้

ค่าเฉลี่ย ระดับ

4.21 - 5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.41 - 4.20 หมายถึง มาก

2.61 - 3.40 หมายถึง ปานกลาง

1.81 - 2.60 หมายถึง น้อย

1.00 - 1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.19 ข้อคำถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

ข้อที่	ข้อคำถาม	ผลประเมินความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชัน				
1	สามารถช่วยผู้ปฏิบัติงานในการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้	4.30	0.69	มากที่สุด
2	มีความสามารถช่วยในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้	4.30	0.64	มากที่สุด
3	สามารถใช้ในการทำนายผลอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันอันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้	4.40	0.71	มากที่สุด
4	ช่วยให้สามารถทราบถึงอาการเสียได้ล่วงหน้า ก่อนเกิดการหยุดการทำงานกะทันหันของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน	4.23	0.72	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม		4.31	0.69	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน				
1	ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของแอปพลิเคชัน	4.33	0.79	มากที่สุด
2	สามารถแสดงผลได้สมบูรณ์และถูกต้อง	4.03	0.84	มาก
3	มีความสามารถในการปรับปรุงและบันทึกข้อมูลในระบบ	4.17	0.82	มาก

ตารางที่ 4.19 ข้อคำถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม	ผลประเมินความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
4	มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน	4.33	0.75	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม		4.22	0.80	มากที่สุด
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน				
1	รูปแบบการใช้งานระบบ ความง่ายในการเข้าถึงข้อมูล	4.37	0.80	มากที่สุด
2	การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.23	0.84	มากที่สุด
3	ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ	4.43	0.62	มากที่สุด
4	ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	4.33	0.65	มากที่สุด
5	ความเหมาะสมในการนำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูล	4.40	0.61	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม		4.35	0.70	มากที่สุด
ด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบ				
1	ความเหมาะสมในการกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้	4.07	0.77	มาก
2	มีระบบตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.07	0.77	มาก
3	ความเหมาะสมในการรักษาข้อมูลส่วนบุคคล	4.33	0.75	มากที่สุด
4	ความเหมาะสมในการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของระบบ	4.43	0.62	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม		4.23	0.73	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.16 นั้นสรุปผลการประเมินข้อคำถามความพึงพอใจแอปพลิเคชันในการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น

ในหัวข้อด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชัน

1) สามารถช่วยผู้ปฏิบัติงานในการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.30$, S.D. = 0.69)

2) มีความสามารถช่วยในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.30$, S.D. = 0.64)

3) สามารถใช้ในการทำนายผลอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.71)

4) ช่วยให้สามารถทราบถึงอาการเสียได้ล่วงหน้าก่อนเกิดการหยุดการทำงานกะทันหันของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็น ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.72)

สรุปผลการประเมินในหัวข้อด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันนี้มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.31$, S.D. = 0.69)

ในหัวข้อด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน

1) ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของแอปพลิเคชัน ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.79)

2) สามารถแสดงผลได้สมบูรณ์และถูกต้อง ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.84)

3) มีความสามารถในการปรับปรุงและบันทึกข้อมูลในระบบ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.17$, S.D. = 0.82)

4) มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.75)

สรุปผลการประเมินในหัวข้อด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันนี้มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.22$, S.D. = 0.80)

ในหัวข้อด้านความง่ายต่อการใช้งาน

1) รูปแบบการใช้งานระบบ ความง่ายในการเข้าถึงข้อมูล ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.80)

2) การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.84)

3) ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.62)

4) ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.65)

5) ความเหมาะสมในการนำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูล ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.61)

ผลการประเมินในหัวข้อด้านความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนี้มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.35$, S.D. = 0.70)

ด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบ

1) ความเหมาะสมในการกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.77)

2) มีระบบตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.77)

3) ความเหมาะสมในการรักษาข้อมูลส่วนบุคคล ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.40)

4) ความเหมาะสมในการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของระบบ ผลจากผู้ทำการประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.62)

สรุปผลการประเมินในหัวข้อด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบแอปพลิเคชันนี้มีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.73)

สรุปผลการประเมินค่าความพึงพอใจแอปพลิเคชันในด้านด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชัน ด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบ ทำให้สามารถตอบสมมุติฐานงานวิจัยในหัวข้อที่ 4) แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศความเย็นแปรผัน มีการยอมรับอยู่ในระดับมาก นั้นจากผู้ให้คะแนนประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยรวมนั้นมีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ด้านนี้เท่ากับในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.73) ซึ่งได้รับการประเมินที่สูงกว่าสมมุติฐานที่ทางผู้วิจัยได้ตั้งไว้

4.5 สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 4 ข้อ ได้แก่ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน 2) เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 4) เพื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง การวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การวิจัยเชิงคุณภาพผ่านการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน และการวิจัยเชิงประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบ พร้อมการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 6 ท่าน และเพื่อความสำเร็จในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยทำการวัดความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน จากช่างผู้ปฏิบัติงานจำนวน 30 ท่าน

ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วย 6 ปัจจัย ได้แก่ แรงดันสารทำความเย็น อุณหภูมิน้ำยา อุณหภูมิที่ส่วนต่าง ๆ ของระบบ บุคลากร มาตรฐานการติดตั้ง และเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจสอบ ในส่วนของการพัฒนาระบบวิเคราะห์ได้ผลการพัฒนาที่มีความแม่นยำสูง จากใช้การเรียนรู้ของเครื่องผ่านอัลกอริทึม 4 ชนิดคือ Neural Networks, Decision Tree, Naïve Bayes และ Support Vector Machine จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้วิธีการ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่มีค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น

ในหัวข้อการประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำการพัฒนาแอปพลิเคชันพบว่าคะแนนการประเมินค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$) ในด้านการยอมรับระบบ ได้คะแนนจากการประเมินเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.28$) โดยแบ่งการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ประโยชน์ของแอปพลิเคชัน ประสิทธิภาพ ความง่ายต่อการใช้งาน และความมั่นคงปลอดภัยของระบบ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้มีวัตถุประสงค์ 4 ข้อ ดังต่อไปนี้ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน 2) เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 4) เพื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในเชิงคุณภาพ และในเชิงประสิทธิภาพด้วยวิธีการดังนี้ 1) ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกจากทางผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน 2) การประเมินตัวแบบด้วยการวัดค่าประสิทธิภาพ จากนั้นทำการสร้างระบบสำหรับการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสีย จากชุดข้อมูลที่ได้จาก บริษัท เบตเตอร์ คลู จำกัด มีจำนวน 479 เรคคอร์ด 3) จึงทำการวัดความเหมาะสมของระบบด้วยแบบประเมินระบบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 ท่าน 4) ทำการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง 5) ทำการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน ทางผู้วิจัยจึงขอสรุปผลการวิจัยแบ่งลำดับตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1) ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน

ผลจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียนั้นจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารถ้าความเย็นแปรผัน

ทำความเข้าใจแปรผัน สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ดังนี้ 1) ตรวจสอบจากทฤษฎีซูเปอร์ฮีท 2) ตรวจสอบทฤษฎีขับเคลื่อนวงจรสารทำความเย็น 3) ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน 4) สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ 5) มาตรฐานการติดตั้ง 6) ด้านบุคลากร และ 7) ความรู้ความเข้าใจในตัวระบบ ปัจจัยด้านบุคลากร ทักษะความรู้และประสบการณ์ของช่างผู้ซ่อมบำรุง เช่น ความรู้เรื่องอุณหภูมิและแรงดันมาตรฐานของระบบ การใช้สารทำความเย็นที่ถูกต้อง และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของช่างกับแบรนด์ผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ปัจจัยด้านเทคโนโลยี การมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ระบบตรวจวัดจุดต่างๆ ของระบบปรับอากาศ รวมถึงโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ช่วยในการตรวจจับและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ช่วยให้ช่างวิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้แม่นยำยิ่งขึ้น

ปัจจัยด้านมาตรฐานการติดตั้งและการใช้วัสดุอุปกรณ์ ตำแหน่งการติดตั้งคอยล์ร้อนในการระบายความร้อน ที่ถูกต้องเพื่อไม่ให้กระทบประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ การใช้สารทำความเย็นที่ได้มาตรฐานและตรงตามคุณสมบัติที่กำหนด ไม่ใช่สารทำความเย็นปลอมหรือผสมสารอื่น

จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ สาเหตุหลักของอาการเสียของเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ ความสกปรกและการบำรุงรักษาตัวเครื่อง Fan Coil Unit และ Condensing Unit ปัญหาสารทำความเย็น เช่น ปริมาณไม่เหมาะสม รั่วไหลออกจากระบบ การเติมสารทำความเย็นไม่สมบูรณ์ ปัญหาการติดตั้งและออกแบบระบบ เช่น ท่อทองแดงมีขนาดผิด ตำแหน่งติดตั้งคอยล์ร้อนไม่เหมาะสม ปัญหาการ Vacuum ระบบไม่ได้มาตรฐาน ปัญหาการปนเปื้อนของสารอื่นในระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาปริมาณสารทำความเย็นไม่เป็นปกติ ทั้งกรณีน้อยหรือมากเกินไป จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานทำความเย็น แรงดัน กระแสไฟ และอุณหภูมิต่างๆในระบบ ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ดังนั้น การพัฒนาทักษะความรู้ของบุคลากร การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการตรวจวัด รวมถึงการปฏิบัติตามมาตรฐานการติดตั้งและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างถูกต้อง จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ได้ดียิ่งขึ้น

2) ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ผลการวิจัยในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 มีดังนี้ การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทรอบสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องนั้น ได้ผลการประเมินค่าประสิทธิภาพของตัวแบบจากการตัดสินใจด้วยวิธี Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ด้วยการใช้อัลกอริทึมทั้ง 3 ชนิดได้แก่ Decision Tree, Neural

Networks และ Naïve Bayes ดังนี้ ทำให้ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.08% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 96.60% ค่าพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ 99.60% ค่าความระลึกลับเท่ากับ 99.94% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 99.24% ทำให้ได้ตัวแบบสำหรับการการออกแบระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบปรับน้ำยา

3) ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ประเมินระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

จากผลการประเมินระบบวิเคราะห์การประเมินระบบจากผู้ทรงคุณวุฒิทำให้ผู้วิจัยสรุปได้ในด้านต่าง ๆ เช่น ระบบการทำนายมีความเหมาะสมหรือไม่ องค์ความรู้ในด้านวงจรสารทำความเย็น มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบและทำนายหรือไม่ หลักการความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีท และหลักการขับเคลื่อน มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบหรือไม่ ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อการทำงานของระบบ มีความแม่นยำสูง ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อนำไปใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียได้ ผลที่ได้จากการประเมินจากทางผู้ทรงคุณวุฒิทำให้สรุปได้ว่า

3.1 ในด้านความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์อาการเสียในส่วนของการเสียจากปริมาณสารทำความเย็นได้

3.2 องค์ความรู้ด้านวงจรสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบ มีผลต่อการทำนายอาการเสียได้

3.3 หลักการความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีท และหลักการขับเคลื่อน มีอิทธิพลต่อระบบการตรวจสอบและทำนายในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน มีผลต่อการทำนายอาการเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันในส่วนของการเสียจากปริมาณสารทำความเย็นได้

3.4 ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง มีความแม่นยำสูง ด้วยตัวระบบนี้นำไปใช้งานตรวจสอบ วิเคราะห์และทำนายเหตุการณ์จริงได้

3.5 ระบบการตรวจสอบและทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันนั้นนำไปใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียได้ ตัวระบบการตรวจสอบนี้สามารถนำไปพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายอาการเสียได้

4) ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 เพื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

จากผลสรุปจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 นั้น ผู้วิจัยได้นำระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาสร้างแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ด้วยการใช้งานแพลตฟอร์ม Google Sheets และ Google Appsheet และในการพัฒนานั้นได้การวัดผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน ได้มีประเด็นที่สอบถามต่อผู้ใช้งาน ได้แก่

4.1 ในด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชัน สามารถช่วยผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบทำนายอาการเสีย อีกทั้งช่วยวิเคราะห์อาการเสีย ช่วยทำนายผลอาการเสีย ช่วยให้ทราบอาการเสียได้ล่วงหน้าก่อนเกิดการหยุดการทำงานกะทันหัน จากผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

4.2 ในด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน มีความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของแอปพลิเคชัน การแสดงผลได้สมบูรณ์และถูกต้อง ความสามารถในการปรับปรุง และบันทึกข้อมูลในระบบ มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์อาการเสีย จากผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

4.3 ด้านความง่ายต่อการใช้งาน ในรูปแบบการใช้งานระบบ ความง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งในส่วนประกอบบนจอภาพ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ ความเหมาะสมในการนำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูล จากผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

4.4 ในด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบ ความเหมาะสมในการกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้ มีระบบตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ ความเหมาะสมในการรักษาข้อมูลส่วนบุคคล ความเหมาะสมในการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของระบบ จากผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

5.2 อภิปรายผล

การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องนี้สามารถนำแอปพลิเคชันไปใช้งานได้จริงในการปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาระบบเครื่องปรับอากาศสามารถทำนายผลล่วงหน้าได้ ก่อนก่อนเกิดการหยุดการทำงานแบบกะทันหัน อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้งานระบบ อีกทั้งงานวิจัยนี้ได้ตัวแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ในการวิเคราะห์ในด้านการวางแผนซ่อมบำรุงระบบเครื่องปรับอากาศได้ล่วงหน้า รวมถึงระยะเวลา และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากงานในการวิเคราะห์ระบบตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศ VRF ที่มีสาเหตุจากปริมาณสารทำความเย็น

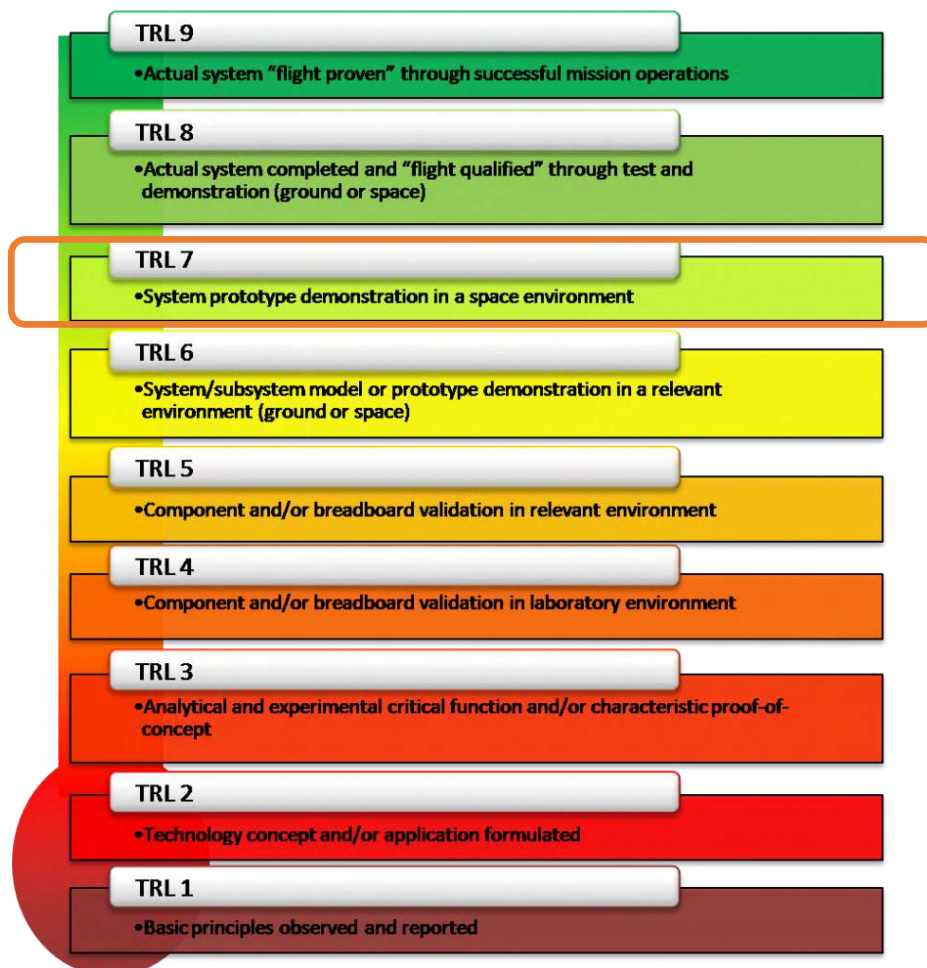
ผลการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยสาเหตุอาการเสีย ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันแสดงให้เห็นถึงสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันในหลายประการ เช่น การขาดการดูแลและการบำรุงรักษาที่ไม่เพียงพอ ปัญหาของส่วนประกอบ สัดส่วนในตัวสูตรทางเคมีของสารทำความเย็น รวมถึงก่อนการเริ่มใช้งานระบบเครื่องปรับอากาศเลยจะเป็นประเด็นในเรื่องของการติดตั้งที่ไม่สมบูรณ์ การติดตั้งที่ผิดไปจากที่ได้ออกแบบ หรือปัญหาการได้มาของชุดข้อมูลนั้นมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนทำให้วิเคราะห์ผิดพลาดได้

ในประเด็นสำคัญวิเคราะห์ตรวจสอบสาเหตุอาการเสียที่ส่งผลจากปริมาณสารทำความเย็นที่มีความผิดพลาด อาจเกิดจากสาเหตุนอกเหนือจากสารทำความเย็นเป็นปัจจัยเดียวหรือ ปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วยได้เช่นกัน อีกสาเหตุในการวิเคราะห์อาการเสียนั้นจะมีปัจจัยที่สำคัญอีก 2 ประเด็น คือ 1) ความรู้ความสามารถ หรือประสบการณ์ของช่างผู้ปฏิบัติงาน 2) ชุดเครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่ช่วยให้การวิเคราะห์นั้น ๆ มีความถูกต้องแม่นยำ ด้วย 2 ประเด็นนี้เอง หากผู้ปฏิบัติงานมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเป็นตัวในการตัดสินใจนั้นจะเป็นการช่วยวิเคราะห์ ช่วยประเมิน จดค่าในการวัดตัวอุปกรณ์ เพื่อทำประวัติของการทำนายในลักษณะหรือแบบนั้น ๆ จะทำให้ผู้ใช้งานจดจำรูปแบบและวิเคราะห์ได้ง่าย และสะดวกขึ้นอีกด้วย ในการใช้การเรียนรู้ของเครื่องช่วยในการพัฒนาระบบการตรวจสอบวิเคราะห์ และทำนายผลนั้นช่วยให้การตัดสินใจ หรือการวิเคราะห์อาการเสียนั้นสามารถทำได้ดียิ่งขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงในการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องนั้นทางผู้วิจัยทำการสร้างแอปพลิเคชันที่ใช้งานในลักษณะใช้ออนไลน์บนระบบ Cloud ได้

อีกทั้งในการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี Technology Readiness Level (TRL) ดังภาพประกอบที่ 5.1 อยู่ในระดับที่ 7 ในงานวิจัยนี้มีการสร้าง Prototype และนำไปทดสอบจากช่างผู้ปฏิบัติงาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการทำนาย การวิเคราะห์อาการเสีย

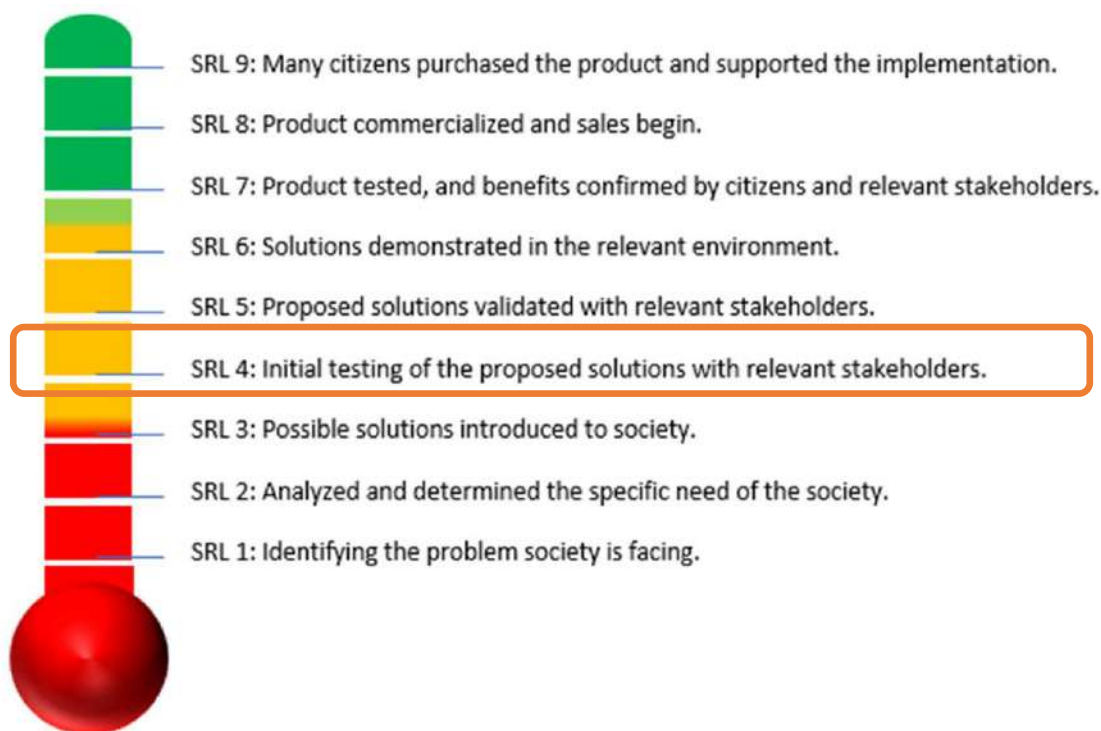
ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก



ภาพประกอบที่ 5.1 ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี

ที่มา: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>

ในระดับความพร้อมทางสังคม Social Readiness Level (SRL) นั้นทางผู้วิจัยมีการให้ผู้ใช้งานทดสอบระบบการทำงานและทำการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันด้วย ทั้งนี้การประเมินระดับความพร้อมทางสังคม SRL อยู่ในระดับที่ 4 ด้วยการทดสอบกับการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน จากผู้ใช้งานจริง เพื่อการวิเคราะห์อาการเสียจากปริมาณสารทำความเย็น อีกทั้งยังแนะนำให้เสนอเพียงวิเคราะห์อาการเสียสำหรับระบบสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเท่านั้น ซึ่งแสดงดังภาพประกอบที่ 5.2



ภาพประกอบที่ 5.2 ระดับความพร้อมทางสังคม

ที่มา: <https://www.mdpi.com/2587134>

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง รวมถึงพัฒนาแอปพลิเคชันในการทำนายอาการเสียจึงทำให้ได้รับประโยชน์จากงานวิจัยนี้ดังนี้

ผลผลิต (Output)

- 1) ตัวแบบในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง
- 2) แอปพลิเคชันสำหรับทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ที่สามารถทำนายอาการเสียของระบบได้

ผลลัพธ์ (Outcome)

แอปพลิเคชันนี้ทำให้ผู้ปฏิบัติงานที่ไม่มีประสบการณ์หรือความรู้ในการตรวจสอบระบบสามารถปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาได้ หรือใช้ในการวิเคราะห์หาอาการเสียได้ และทำนายอาการเสียได้ด้วยความแม่นยำมากขึ้น

ผลกระทบ (Impact)

ทำให้ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันวิเคราะห์อาการเสียของระบบได้โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง นั้นมีความแม่นยำในการทำนาย ลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ ตรวจสอบระบบ

สรุปงานวิจัยนี้จะช่วยให้การเข้าใจในระบบในการตรวจสอบอาการเสียและการวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น นั้นทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความมั่นใจ หรือช่วยประเมินได้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1) ปัญหาในการหาผู้เชี่ยวชาญในตัวระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ เพื่อขอสัมภาษณ์เชิงลึกในปัจจัยและสาเหตุ ที่ต้องขอความอนุเคราะห์จากหลากหลายบริษัทจากภาคเอกชนเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพต่อการวิเคราะห์

2) ในการวิเคราะห์สาเหตุอาการเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันจากแบรนด์ของภาคเอกชนนั้น มีความหลากหลายของตัวแปรในการตรวจสอบ เช่น Error Code ของในแต่ละแบรนด์นั้น ๆ หรือตำแหน่งที่เรียกไม่เหมือนกัน

3) ในการวิเคราะห์อาการเสียมีหลายปัจจัยที่อยู่นอกเหนือชุดข้อมูลที่ได้รับ จึงอาจจะทำให้การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสีย ทำได้ไม่ครอบคลุมในสาเหตุต่าง ๆ ได้ครบถ้วน

4) การได้มาซึ่งชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศต้องมีการวัดค่าตรวจสอบจากระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันจริง ที่มีความหลากหลายต่อการใช้งานจริง

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ทางผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการบำรุงรักษา และในเชิงป้องกัน ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการหยุดการทำงานแบบกะทันหันของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

5.4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไปดังนี้

1) ในการเรียนรู้ของเครื่องนี้สามารถนำชุดข้อมูลที่หลากหลายมาเพื่อทำการสอนการเรียนรู้ของเครื่องเพิ่มเติมได้ เพื่อทำให้ตัวระบบมีความแม่นยำในการทำนายเพิ่มขึ้นได้

2) การปฏิบัติงานตรวจสอบ ผู้ตรวจสอบควรมีประสบการณ์ในการตรวจสอบระบบ หรือพื้นฐานความรู้เครื่องปรับอากาศขนาดกลางและใหญ่ เนื่องจากมาตรฐานความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญต่อผู้ใช้งาน รวมถึงผู้ปฏิบัติงานเองที่เข้าตรวจสอบ

3) ผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน ควรมีความรู้ในการวัดค่าในจุดต่าง ๆ ในตัวระบบ เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เพื่อเพิ่มความแม่นยำ

4) ข้อจำกัดในงานวิจัยที่เกิดจากชุดข้อมูลที่มีความไม่สมดุล อาจจะทำให้เกิดการ ทำนายผลที่มีความเอนเอียงไปในด้านใดด้านหนึ่ง

5.4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1) การใช้ชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ที่มีความหลากหลายในแง่ ของจำนวน Outdoor Unit และ Indoor Unit เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการเรียนรู้ของเครื่องเพิ่มมากขึ้น

2) การเพิ่มระบบอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่งเพื่อช่วยในการเก็บชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์

3) การทำระบบแจ้งเตือนสำหรับอาการเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันผ่านอินเทอร์เน็ตแบบเรียลไทม์

4) การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียของตัวระบบ ที่หลากหลายขึ้นของสาเหตุอาการเสียของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

บรรณานุกรม

- กระทรวงมหาดไทย (2566). **อำนาจหน้าที่ของกรมและส่วนราชการ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.dpt.go.th/th/powers-and-duties-of-departments-and-government-agencies> วันที่สืบค้น 19 พฤศจิกายน 2566.
- กฤษดา. (2565). **Compressor (คอมเพรสเซอร์) มีหน้าที่อะไร วิธีการทำงานเป็นแบบไหน**. [ออนไลน์] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น). เข้าถึงได้จาก https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=5745&read=true&count=true วันที่สืบค้น 15 มกราคม 2567.
- ดิลก ปาณานนท์. (2548). **MOP EXPANSION VALVE**. ใน บทความวิชาการ ชุดที่ 10 สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 83-90.
- ธวัช กองสี, ธวัฒน์ชัย คุณะโคตร, อภินันท์ อรุโสมภณ. (2564). ผลกระทบของระดับแรงดันสารทำความเย็นและความเสียหายทางกลต่อสัณฐานการสันในเครื่องปรับอากาศ. **Journal of Engineering and Innovation**, 14(3), 23-33.
- พันธุ์ดา พุฒิไพบูลย์ และคณะ (2562). **เกณฑ์การออกแบบและปรับปรุงอาคารภาครัฐ ให้เป็นอาคารเขียว**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด
- พิพัฒน์ สมโลก. (2563). **Machine Learning สิ่งใกล้ตัวแห่งโลกยุคใหม่**. [ออนไลน์]. ฝายนโยบายและยุทธศาสตร์สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล เข้าถึงได้จาก <https://www.depa.or.th/article-view/article11-2563> วันที่สืบค้น 14 มกราคม 2567.
- วีระชาติ ขวดแก้ว, กิตติศักดิ์ มณีทอง, ธวัชชัย ปัตถา, ชัชวาล แข่งขัน และ นพพร พัทธประภิติ. (2561). การออกแบบและพัฒนาชุดระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์กระแสตรงโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. **Journal OG Renewable Energy for Community**, 1(2), 9-18.
- สมศักดิ์ สุโมทยกุล. (2559). **คอนเดนเซอร์. เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ**. (น. 93-109) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- สุรยุทธ์ ไชยจันทร์, ชโนภาส เตื่อนศรี, ศรีพิชญ์ วงษ์ศรีแก้ว, ชวาลศักดิ์ เพชรจันทร์ฉาย, นภัสศรีณย์ ชาวาลานนท์, และ ภาณุพงศ์ ประทวน. (2564). การทบทวนวรรณกรรมการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมนายิฟเบสในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว. ใน Proceedings of the 13th Annual Conference on Computing and Information Technology (AUCC2 0 2 1) . มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.
- Adedokun, O. G. (2019). Deep Learning – An Overview. **Journal of Electrical & Electronic Systems**, 8(1), Article 302. <https://doi.org/10.4172/2332-0796.1000302>.
- Akbani, R., Kwek, S., & Japkowicz, N. (2004). Applying support vector machines to imbalanced datasets. In **Machine Learning: ECML 2004: 15th European Conference on Machine Learning, Pisa, Italy, September 20-24, 2004. Proceedings 15** (pp. 39-50). Springer Berlin Heidelberg
- Arsov, N., Pavlovski, M., & Kocarev, L. (2019). Stacking and stability. **arXiv preprint arXiv:1901.09134**.
- AVP–R, & D, N. (2013). **Refrigerant types, issues, trends and future options**.
- Baldi, P. (2012). Autoencoders, unsupervised learning, and deep architectures. **JMLR: Workshop and Conference Proceedings**, 27, 37-50. Workshop on Unsupervised and Transfer Learning.
- Cengel, Y. A. (1998). Heat transfer: a practical approach. **Journal of Power and Energy Engineering**.
- Charbuty, B., & Abdulazeez, A. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. **Journal of Applied Science and Technology Trends**, 2(01), 20-28.
- Daikin Chemical Europe GmbH. (2023). **R32 Instructions for Use and Handling**. [Online]. Available: https://www.daikinchem.de/sites/default/files/pdf/Refrigerants/Daikin_R32_Handling_Brochure_EN.pdf. Retrieved 2023, November 29.
- Ding, X., Cai, W., Jia, L., & Wen, C. (2009). Evaporator modeling–A hybrid approach. **Applied Energy**, 86(1), 81-88.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- lliott, Kizzy. (2019). The Role of Artificial Intelligence (AI) in the Near Future. International, **Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology**, 7. 92-96. 10.22214/ijraset.2019.11017.
- Elnaggar, M., & Alnahhal, M. (2019). **Central Air Conditioning: Systems and Applications. Low-temperature Technologies**, 1.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. **Communications of the ACM**, 63(11), 139-144. <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Guo, Y., Tan, Z., Chen, H., Li, G., Wang, J., Huang, R., Liu, J., & Ahmad, T. (2018). Deep learning-based fault diagnosis of variable refrigerant flow air-conditioning system for building energy saving. **Applied Energy**, 225, 732-745.
- Hermes, C. J. (2013). Thermodynamic design of condensers and evaporators: Formulation and applications. **International Journal of Refrigeration**, 36(2), 633-640.
- Hitexts (2023). **Model Evaluation มีตัววัดผลอะไรบ้างและทำไปเพื่ออะไร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.hitexts.com/data/model-evaluation>. วันที่สืบค้น 29 พฤศจิกายน 2566.
- Holman, J. P. (1986). **Heat transfer**. McGraw Hill.
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2023). **Machine Learning. Artificial Intelligence Technology**, 46-51. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2879-6_2.
- Kamath, U., Graham, K., & Emara, W. (2022). **Transformers for machine learning: a deep dive**. Chapman and Hall/CRC.
- Li, Z., Shi, S., Chen, H., Wei, W., Wang, Y., Liu, Q., & Liu, T. (2020). Machine learning based diagnosis strategy for refrigerant charge amount malfunction of variable refrigerant flow system. **International Journal of Refrigeration**, 110, 95-105.
- Liu, J., Chen, H., Wang, J., Li, G., Li, H., & Hu, W. (2016). **Fault diagnosis of refrigerant charge based on PCA and decision tree for variable refrigerant flow systems**. 16th International Refrigeration and Air Conditioning, Purdue.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Liu, J., Hu, Y., Chen, H., Wang, J., Li, G., & Hu, W. (2016). A refrigerant charge fault detection method for variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning systems. **Applied Thermal Engineering**, **107**, 284-293.
- Müller, A. C., & Guido, S. (2016). **Introduction to machine learning with Python: A guide for data scientists**. O'Reilly Media, Inc.
- National Refrigerants, I. (2021, January 04) **R-410A Safety Data Sheet**. [Online]. Available: <https://refrigerants.com/resources/safety-data-sheets/>.
- Neapolitan, R. E., & Jiang, X. (2018). **Artificial intelligence: With an introduction to machine learning**. CRC Press.
- Osval, A. M. L., Montesinos López, A., & Crossa, J. (2022). **Convolutional Neural Networks**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89010-0_13
- Polson, N. G., & Sokolov, V. O. (2018). Deep learning. **arXiv preprint arXiv:1807.07987v2**.
- Rabah, A. (2023). **Heat transfer: “Detailed Approach.”** Khartoum University Press.
- Şencan, A., Selbaş, R., Kızılkın, Ö., & Kalogirou, S. A. (2006). Thermodynamic analysis of subcooling and superheating effects of alternative refrigerants for vapour *compression* refrigeration cycles. **International journal of energy research**, **30(5)**, 323-347.
- Staudemeyer, R. C., & Morris, E. R. (2019). Understanding LSTM—a tutorial into long short-term memory recurrent neural networks. **arXiv preprint arXiv:1909.09586**.
- Taheri, S., & Mammadov, M. (2013). Learning the naive Bayes classifier with optimization models. **International Journal of Applied Mathematics and Computer Science**, **23(4)**, 787-795. <https://doi.org/10.2478/amcs-2013-0059>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. **Mind**, **49**(433-460).
- Velli, M. C., Tsibidis, G. D., Mimidis, A., Skoulas, E., Pantazis, Y., & Stratakis, E. (2020). Predictive modeling approaches in laser-based material processing. **Journal of Applied Physics**, **128(18)**.
- Viet, T. N., Le Minh, H., Le Cong, H., & Anh, T. H. (2021). The Naïve Bayes algorithm for learning data analytics. **Indian Journal of Computer Science and Engineering**, **12(4)**, 1038-1043.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Wan, H., Cao, T., Hwang, Y., Chang, S.-D., & Yoon, Y.-J. (2021). Machine-learning-based compressor models: A case study for variable refrigerant flow systems. **International Journal of Refrigeration**, **123**, 23-33.
- Wang, S. K., & Wang, S. K. (2000). **Handbook of air conditioning and refrigeration** (Vol. 49). McGraw-Hill New York.
- Wüthrich, M. V., & Merz, M. (2023). **Statistical foundations of actuarial learning and its applications**. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12409-9_9
- Wüthrich, M. V., & Merz, M. (2023). **Statistical Foundations of Actuarial Learning and its Applications**. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12409-9_8
- Yang, M., Cheng, L., Cao, M., & Yan, X. (2022). A stacking ensemble learning method to classify the patterns of complex road junctions. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, **11(10)**, 523. <https://doi.org/10.3390/ijgi11100523>
- Yun, Y., & Chang, Y. S. (2021). Refrigerant Charge Prediction of Vapor Compression Air Conditioner Based on Start-Up Characteristics. **Applied Sciences**, **11(4)**, 178

ภาคผนวก ก

คำถามสัมภาษณ์เชิงลึก (In-dept Interview)

ในประเด็นเกี่ยวกับ “การตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศ
แบบรวมศูนย์ แบบปรับสาร์ทำความเย็นแปรผัน”

ข้อมูลทั่วไปผู้ทรงคุณวุฒิ

ชื่อ – นามสกุล

.....

ตำแหน่งงาน/สถานที่ทำงาน

.....

.....

E-mail

.....

การศึกษา/อบรม

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามสัมภาษณ์เชิงลึก (In-dept Interview)
ในประเด็นเกี่ยวกับ
“การตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์
ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน”

1. จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า ระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในประเด็นของการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ของส่วนทำความเย็น นั้น มักมีสาเหตุมาจากอะไร

.....

2. จากประสบการณ์ของท่าน ท่านมองว่า กระบวนการหรือขั้นตอน สำหรับการตรวจสอบอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน เฉพาะใน ส่วนของสาเหตุอาการเสียที่เกิดจากปริมาณสารทำความเย็น นั้น มีขั้นตอนอย่างไร

.....

3. ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า สำหรับอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า การทำงานของสารทำความเย็นไม่เป็นปกติ นั้น เป็นอย่างไรบ้าง มากน้อยอย่างไร

.....

4. ในมุมมองของท่าน ท่านมองว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ควรมีอะไรบ้าง

.....

ภาคผนวก ข

แบบประเมินระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสีย
ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน



แบบประเมินระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสีย ของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ ความเหมาะสมและการยอมรับของระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน Variable Refrigerant Flow : VRF ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความร่วมมือให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิตอบแบบสอบถามทุกข้อด้วยตัวของท่านเอง โดยให้ข้อมูลหรือแสดงความคิดเห็นที่ตรงกับความเป็นจริง ความรู้สึก หรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ประกอบการศึกษาและจะใช้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น ผู้วิจัยขอรับรองว่าจะไม่มีผลกระทบหรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวท่านแต่ประการใด ข้อคำถามในแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 ความเหมาะสมและการยอมรับของตัวแบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ส่วนที่ 3 ระดับความคิดเห็นโดยรวมของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อตัวแบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือด้วยดีของท่านมา ณ โอกาสนี้

นาย วริษฐ์ ศิริเจริญสุข, e-mail: warit.ong@gmail.com, โทรศัพท์: 081-456-0860
นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ชื่อ-นามสกุล

.....

2. ตำแหน่งงานและสถานที่ทำงานของท่าน (โปรดระบุ)

.....

.....

3. ระยะเวลาของประสบการณ์ที่ท่านได้ทำงานด้านเทคโนโลยีดิจิทัล

☐ น้อยกว่า 1 ปี

☐ 1-3 ปี

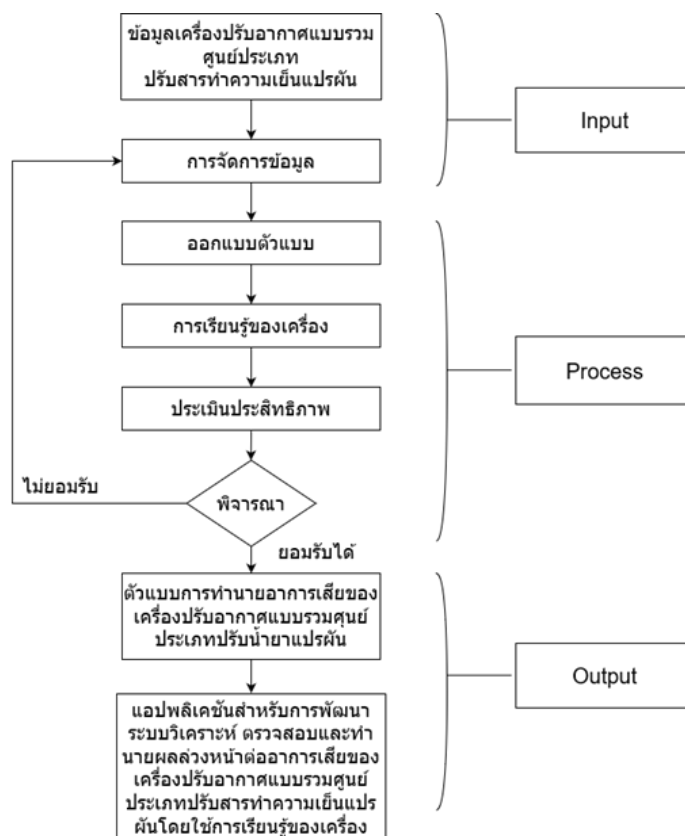
☐ 3-5 ปี

☐ มากกว่า 5 ปี

ส่วนที่ 2 ความเหมาะสมและการยอมรับของระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการ
เสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในส่วน
เหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น

โปรดพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความจริง ความ
 คิดเห็น หรือ ความรู้สึกของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียวแบ่งระดับคำตอบเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	เหมาะสมหรือเห็นด้วยมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมหรือเห็นด้วยมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมแล้วหรือเห็นด้วยปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมหรือเห็นด้วยน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมหรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

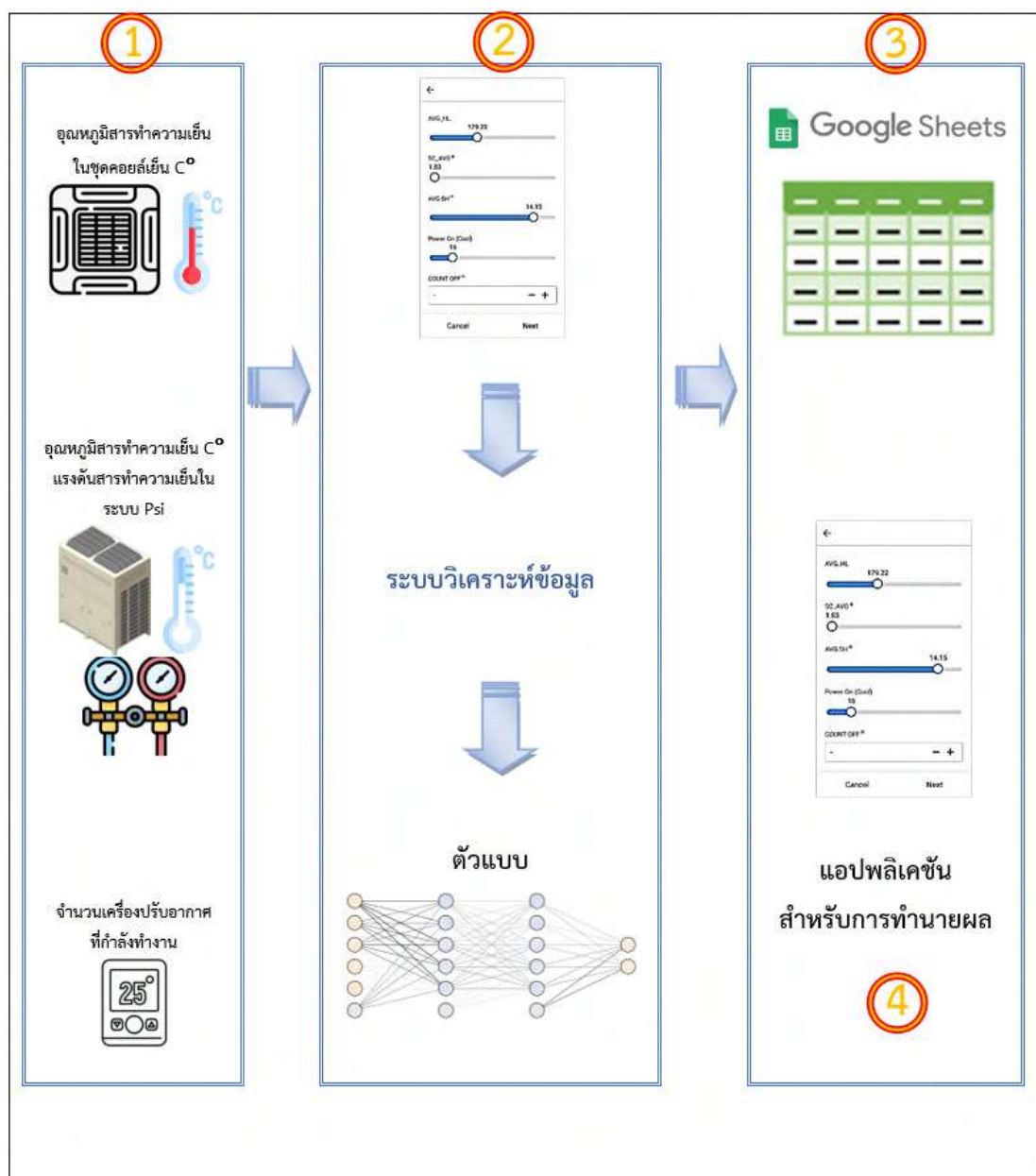


ภาพประกอบที่ ข 1 กรอบแนวคิดของกระบวนการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

จากภาพประกอบที่ 1 ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนนำชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผันจากชุดข้อมูลที่รวบรวมได้ และจัดการข้อมูลที่ได้รับ
2. ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล ในส่วนนี้เป็นการจัดการการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิศวกรรม นำชุดข้อมูลที่ได้มาออกแบบตัวแบบ สอนเครื่องให้เรียนรู้การวิเคราะห์ และทดสอบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อวิเคราะห์
3. ขั้นตอนสรุปตัวต้นแบบ และนำตัวต้นแบบไปพัฒนาสร้างแอปพลิเคชันสำหรับ ทำนายผลการตรวจสอบสารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

จากแนวคิดดังกล่าวดังภาพประกอบที่ 1 สามารถนำมาใช้ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 2 ดังนี้



ภาพประกอบที่ ข 2 ระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศ
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผัน

จากภาพประกอบที่ 2 แสดงแนวทางการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผันมีส่วนประกอบในการปฏิบัติดังนี้

1. เก็บข้อมูลภายในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับอากาศทำความเย็นแปรผัน เช่น อุณหภูมิที่ตำแหน่ง สารทำความเย็นเข้าจาก Evaporator อุณหภูมิที่ตำแหน่งสารทำความเย็นออกจาก Evaporator อุณหภูมิที่ตำแหน่ง Condensing ก่อนเข้า Condenser อุณหภูมิ

ที่ตำแหน่ง Condensing หลังออก Condenser แรงดันสารทำความเย็นส่วน High Pressure และ Low Pressure

1. นำเข้าสู่ชุดข้อมูลที่ได้จากตัวระบบปรับอากาศใส่ในแอปพลิเคชัน ชุดโปรแกรม Google AppSheet เพื่อนำข้อมูลเข้าบันทึกและนำไปวิเคราะห์ต่อในชุดโปรแกรม Google Sheets
2. Google Sheets ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแบบที่ได้ทำการวิจัยและทำนายผลจากชุดข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจาก ขั้นตอนที่ 1.
3. แอปพลิเคชันแสดงผลการทำนายทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1	ระบบการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น <u>มีความเหมาะสมหรือไม่</u>					
2	องค์ความรู้ด้านวงจรสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน <u>มีอิทธิพลต่อ</u> ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบ					
3	หลักการ ความร้อนยิ่งยวด ซูเปอร์ฮีทและ หลักการ ชับคูลิ่ง <u>มีอิทธิพลต่อ</u> ระบบการตรวจสอบ และทำนายในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็นต่อระบบการทำงาน					
4	ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง <u>มีความแม่นยำสูง</u>					
5	ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง <u>สามารถนำไปใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์</u> ตรวจสอบ และทำนายอาการเสียได้					

**ส่วนที่ 3 ระบบตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงาน
ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน
(VRF)**

3.1 “ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงาน
ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF)” ตามภาพประกอบที่ ข 2
มีความเหมาะสมอยู่ในระดับใด

- | | | |
|-------|---|-------------------|
| () | 5 | เหมาะสมมากที่สุด |
| () | 4 | เหมาะสมมาก |
| () | 3 | เหมาะสมปานกลาง |
| () | 2 | เหมาะสมน้อย |
| () | 1 | เหมาะสมน้อยที่สุด |

ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อการปรับปรุง

.....

.....

.....

3.2 “ระบบการตรวจสอบ และทำนายปริมาณสารทำความเย็นที่เพียงพอต่อระบบการทำงาน
ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (VRF)” ตามภาพประกอบ
ที่ ข 2 มีการยอมรับอยู่ในระดับใด

- | | | |
|-------|---|-------------------|
| () | 5 | เหมาะสมมากที่สุด |
| () | 4 | เหมาะสมมาก |
| () | 3 | เหมาะสมปานกลาง |
| () | 2 | เหมาะสมน้อย |
| () | 1 | เหมาะสมน้อยที่สุด |

ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อการปรับปรุง

.....

.....

.....

กราบขอบพระคุณที่ท่านได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค

แบบประเมินระบบการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของ
เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน



**แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันการตรวจสอบ
และทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์
ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน**

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน (Variable Refrigerant Flow : VRF) ซึ่งแบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความร่วมมือให้ท่านผู้ใช้งานแอปพลิเคชันตอบแบบสอบถามทุกข้อด้วยตัวของท่านเอง โดยให้ข้อมูลหรือแสดงความคิดเห็นที่ตรงกับความเป็นจริง ความรู้สึก หรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ประกอบการศึกษาและจะใช้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น ผู้วิจัยขอรับรองว่าจะไม่มีผลกระทบหรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวท่านแต่ประการใด ข้อคำถามในแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือด้วยดีของท่านมา ณ โอกาสนี้

นาย วริษฐ์ ศิริเจริญสุข, e-mail: warit.ong@gmail.com, โทรศัพท์: 081-456-0860

นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

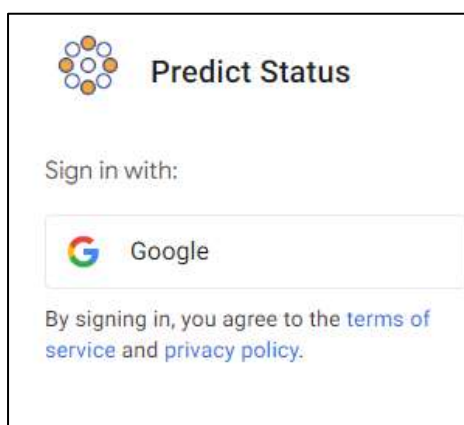
การใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับการตรวจสอบและทำนายผลอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน โดยสามารถสามารถทำงานได้บนสมาร์ตโฟนและคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานได้จาก <https://www.appsheet.com/start/98235274-eb71-471f-8581-495f03152455> หรือคิวอาร์โค้ด



ภาพประกอบที่ ค 1 คิวอาร์โค้ดสำหรับเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน

เมื่อทำการสแกนคิวอาร์โค้ด แล้วเสร็จจะเข้าสู่หน้าจอ Sign In ของแอปพลิเคชันดังภาพประกอบที่ 2 เมื่อทำการ Sign In จะเข้าสู่หน้า login ดังภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ ค 2
หน้าจอ Sign in ของแอปพลิเคชัน



ภาพประกอบที่ ค 3
หน้าจอ Login

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 20 – 29 ปี ☐ 30 – 39 ปี ☐ 40 – 49 ปี
☐ 50 – 59 ปี ☐ 60 ปี ขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. ระยะเวลาของประสบการณ์ที่ท่านได้ทำงานด้านระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภท
 ปรับสารทำความเย็นแปรผัน

☐ น้อยกว่า 2 ปี ☐ 2 - 3 ปี ☐ 4 – 6 ปี
☐ 7 – 9 ปี ☐ มากกว่า 10 ปี

5. ประเภทหน่วยงานของท่าน

☐ ภาครัฐ ☐ ภาคเอกชน
☐ ภาครัฐวิสาหกิจ ☐ อื่น ๆ

6. หน่วยงานของท่านให้บริการด้านใด

☐ บริการ ☐ ผลิตภัณฑ์
☐ การค้า ☐ อื่น ๆ

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันการตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้า
อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน ในส่วน
เหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น

โปรดพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความจริง
ความคิดเห็น หรือ ความรู้สึกของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียวแบ่งระดับคำตอบเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- | | | |
|---|---------|------------------------|
| 5 | หมายถึง | ระดับพึงพอใจมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | ระดับพึงพอใจมาก |
| 3 | หมายถึง | ระดับพึงพอใจปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | ระดับพึงพอใจน้อย |
| 1 | หมายถึง | ระดับพึงพอใจน้อยที่สุด |

ข้อ ที่	ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
ด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชัน						
1	สามารถช่วยผู้ปฏิบัติงานในการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้					
2	มีความสามารถช่วยในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้					
3	สามารถใช้ในการทำนายผลอาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน อันเนื่องจากสาเหตุปริมาณสารทำความเย็นได้					
4	ช่วยให้สามารถทราบถึงอาการเสียได้ล่วงหน้าก่อนเกิดการหยุดการทำงานกระหนัของระบบเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน					
ด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน						
1	ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลของแอปพลิเคชัน					
2	สามารถแสดงผลได้สมบูรณ์และถูกต้อง					
3	มีความสามารถในการปรับปรุงและบันทึกข้อมูลในระบบ					

4	มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประเภทปรับสารทำความเย็นแปรผัน					
ด้านความง่ายต่อการใช้งาน						
1	รูปแบบการใช้งานระบบ ความง่ายในการเข้าถึงข้อมูล					
2	การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน					
3	ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนจอภาพ					
4	ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ					
5	ความเหมาะสมในการนำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูล					
ด้านความมั่นคงปลอดภัยของระบบ						
1	ความเหมาะสมในการกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้					
2	มีระบบตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ					
3	ความเหมาะสมในการรักษาข้อมูลส่วนบุคคล					
4	ความเหมาะสมในการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของระบบ					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อสิ่งที่ควรปรับปรุงควรมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

กราบขอบพระคุณที่ท่านได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ง

ข้อมูลประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อมูลประวัติผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัล

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	ประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ
1	ดร.เทพฤทธิ์ พระเทพ	ตำแหน่ง : วิศวกรเทคโนโลยี ฝ่ายวิเคราะห์และออกแบบ หน่วยงาน : NEYAA Inc. Group ประวัติการศึกษา : -ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นตอน เตรียมวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ 2534 -ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ช่างก่อสร้าง สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ 2536 -อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2540 -นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2544 -วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (Course Work) วิศวกรรมโครงสร้าง และวิศวกรรมปฐพี มหาวิทยาลัยรังสิต
2	ดร.บุญชม สุขจิตต์	ตำแหน่ง : อาจารย์ประจำ หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก การศึกษา : -ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2565 -ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2556 -ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 2548

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	ประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ไชยคำวัง	ตำแหน่ง : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โปรแกรมวิทยาการ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศวิทยาศาสตร บัณฑิต สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2538 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2554
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิษา คิดใจเดียว	ตำแหน่ง : ประธานหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยี สารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช การศึกษา : -ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2562 -ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการ จัดการ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2553 -ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการ คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	ประวัติผู้ทรงคุณวุฒิ
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ทบแป	ตำแหน่ง : ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายธุรกิจแลกเปลี่ยนข้อมูล หน่วยงาน : บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ประวัติการศึกษา : -ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2562 -ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (โลจิสติกส์และ โซ่อุปทาน) มหาวิทยาลัยมหิดล 2562 -ปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัย รามคำแหง 2547 -ปริญญาตรี รัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช 2542 -ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2535
6	ดร.เกรียงไกร ภูวนิชย์	ตำแหน่ง : กรรมการและรองประธานคณะกรรมการสาขา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วสท. ประวัติการศึกษา : - พ.ศ. 2540 : บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิต บริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - พ.ศ. 2538 : บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย - พ.ศ. 2536 : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ University of Southern California, Los Angeles, California, USA. - พ.ศ. 2527 : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ 1) Northrop University, Los Angeles, California, USA. - พ.ศ. 2525 : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

หนังสือที่ออกจากมหาวิทยาลัย

**BANGKOK**

2410/2
PHAHOLVOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

CHONBURI CAMPUS

79 BANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.east.spu.ac.th

KHON KAEN

182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 40000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/479

10 มิถุนายน 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

เรียน ดร.เทพฤทธิ์ พระเทพ

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวิชญ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งลิ้งห์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลขโทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราลี มณีรัตน์)
คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



BANGKOK
2410/2
PHAHOLYOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

CHONBURI CAMPUS
79 SANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.east.spu.ac.th

KHON KAEN
182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 40000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/479

10 มิถุนายน 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสีย
ของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

เรียน ดร.บุญชม สุตจิตต์

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของ
เครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ เป็น
อาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความ
อนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของ
เครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็
ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลข
โทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยจกขอขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี มณีรัตน์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



BANGKHEN
2410/2
PHAHOLYOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

CHONBURI CAMPUS
79 BANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.esst.spu.ac.th

KHON KAEN
182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 42000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/479

10 มิถุนายน 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ไชยคำวัง

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลขโทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี มณีรัตน์)
คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ



BANGKOK

2410/2
PHAHOLYOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/474

10 มิถุนายน 2567

CHONBURI CAMPUS

79 BANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.east.spu.ac.th

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสีย
ของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

KHON KAEN

182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 40000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิษา คัดใจเดียว

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวชิษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของ
เครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งลิ้งห์ เป็น
อาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความ
อนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของ
เครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็ตาม
ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลข
โทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยจักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี มณีรัตน์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



BANGKOK
2410/2
PHAHOLYOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/4๗๙

10 มิถุนายน 2567

CHONBURI CAMPUS
79 BANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.east.spu.ac.th

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

KHON KAEN
182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 40000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ทบแป

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลขโทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยจักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราลี มณีรัตน์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

**BANGKOK**

2410/2
PHAHOLYOTHIN RD.,
JATUJAK, BANGKOK
10900
TEL. 0 2579 1111
FAX. 0 2561 1721
www.spu.ac.th

ที่ มศป.0110/๔๗๙

10 มิถุนายน 2567

CHONBURI CAMPUS

79 BANGNA-TRAD RD.,
KLONGTAMRU, MUANG,
CHONBURI 20000
TEL. 0 3874 3690-9
FAX. 0 3874 3700
www.east.spu.ac.th

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

KHON KAEN

182/12 MOO 4,
SRICHAN RD.,
NAIMUANG DISTRICT,
AMPHUR MUANG,
KHON KAEN 40000
TEL. 0 4322 4111
FAX. 0 4322 4119
www.khonkaen.spu.ac.th

เรียน ดร.เกรียงไกร ภูวนิชย์

สิ่งที่แนบมา: แบบประเมิน

ด้วย นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัสนักศึกษา 66504589 หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ มั่งสิงห์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



เพื่อให้การดำเนินการทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ทางหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ประเมินความเหมาะสมของระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ตามสิ่งที่แนบมาด้วยนี้ อย่างไรก็ตามหากท่านมีความประสงค์ จะทราบรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาประสานงานกับผู้วิจัยได้โดยตรง ทางหมายเลขโทรศัพท์ 081-456-0860 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : warit.ong@gmail.com

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ตอบแบบประเมินมา ณ โอกาสนี้ด้วยจกขอขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี มณีรัตน์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน

คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน

Predict Status

ขั้นตอนในการติดตั้งแอปพลิเคชัน

1. ผู้ใช้งานสามารถติดตั้งแอปพลิเคชัน Predict Status ได้ผ่านทางลิงค์ดังนี้
<https://www.appsheet.com/newshortcut/98235274-eb71-471f-8581-495f03152455>
 หรือผ่านทาง QR CODE ดังนี้

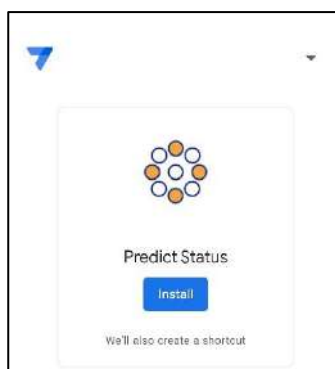


2. ทำการดาวน์โหลดและลงโปรแกรม AppSheet โดยลำดับดังภาพประกอบที่ ฉ.1 – ฉ.3 จนติดตั้งชุดโปรแกรมเสร็จสิ้น



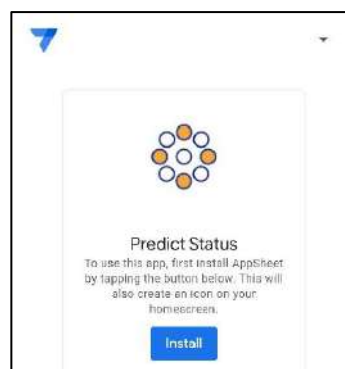
ภาพประกอบที่ ฉ.1

ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน



ภาพประกอบที่ ฉ.2

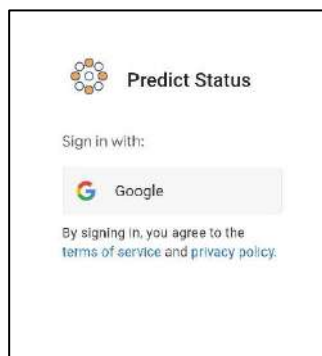
หน้าจอ Install



ภาพประกอบที่ ฉ.3

หน้าจอ Install

3. Sign-in ลงชื่อเข้าใช้งานด้วย Account Google โดยลำดับดังภาพประกอบที่ ฉ.4 – ฉ.5 จนติดตั้งชุดโปรแกรมเสร็จสิ้น



ภาพประกอบที่ ฉ.4

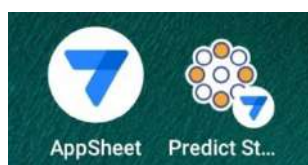
หน้าจอ Sign in



ภาพประกอบที่ ฉ.5

หน้าจอเลือกบัญชี

4. เข้าใช้งาน โดยกดเข้า Icon ที่หน้าจอมือถือ ดังภาพประกอบที่ ข.6



ภาพประกอบที่ ฉ.6 Icon ในหน้าจอสมาร์ทโฟน

5. เข้าสู่หน้าจอ Loading และหน้าเริ่มต้น ดังภาพประกอบที่ ฉ.7 - ฉ.8



ภาพประกอบที่ ฉ.7

หน้าจอ Loading



ภาพประกอบที่ ฉ.8

หน้าเริ่มต้น

6. หน้าจอ login ด้วย Username และ Password ดังภาพประกอบที่ ฉ.9 เข้าสู่หน้า Home ดังภาพประกอบที่ ฉ.10

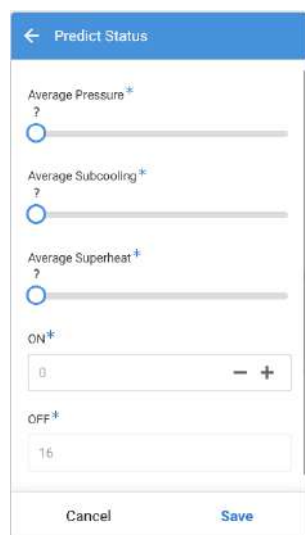


ภาพประกอบที่ ฉ.9
หน้าจอ Login



ภาพประกอบที่ ฉ.10
หน้าเริ่มต้น

7. หน้าจอในการเข้าใช้งาน Menu Predict Status



ภาพประกอบที่ ฉ.11
หน้าจอใส่ค่า



ภาพประกอบที่ ฉ.12
หน้าจอรับค่า

รายละเอียดในหน้าจอสำหรับใส่ค่าเพื่อทำนายผล ดังภาพประกอบที่ ฉ.11

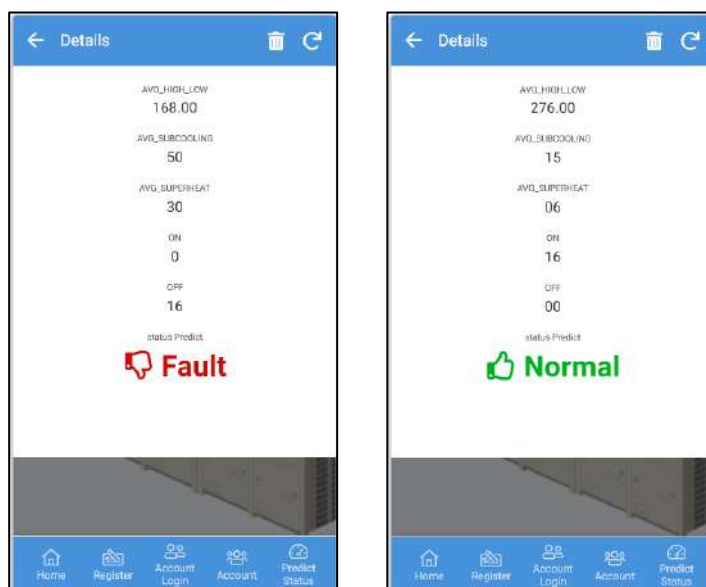
- 7.1. ค่า Average High- Low Pressure เป็นค่าเฉลี่ยแรงดันสารทำความเย็น R410a ซึ่งวัดค่าเป็น PSI ซึ่งมีช่วงระหว่าง 1 - 500 PSI
- 7.2. ค่า Average Subcooling เป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิซบคูลิ่ง ซึ่งมีช่วงระหว่าง $-50 - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 7.3. ค่า Average Superheat เป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิซูเปอร์ฮีท ซึ่งมีช่วงระหว่าง $-30 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 7.4. ค่า Fan coil Unit On เป็นจำนวนเครื่องคอยล์เย็นที่เปิดการทำงาน ซึ่งมีช่วงระหว่าง 0 - 16 เครื่อง

รายละเอียดในหน้าจอสำหรับหน้าจอรับค่า ดังภาพประกอบที่ ฉ.12

- 7.5. จะทำการแสดงค่าข้อมูลที่ทางผู้ใช้งานได้ใส่ค่าเพื่อทำนายผล และรอผลการทำนายโดยหัวข้อ Status Predict จะขึ้นว่า “ [Sync to Compute] ” และแสดงผลการทำนายในหน้าจอทำนายผลต่อไป

8. หน้าจอผลการทำนาย

ในหน้าจอทำนายผลนี้จะมีการแสดงค่าการทำนายได้ 2 ค่าค่า status Predict “**Fault**” และ “**Normal**” ดังภาพประกอบที่ ฉ.13



ภาพประกอบที่ ฉ.13

หน้าจอทำนายผล

การแสดงผลในส่วน User แต่ละ Level

ในการแสดงผล เมนูในแต่ละ User นั้นจะมีด้วยกันทั้งหมด 2 Level คือ

1. Administrator
 2. Technician
1. การแสดงผลเมนูในส่วน Admin หลังจาก Log in แล้วนั้น จะแสดงหน้าจอเมนูดังภาพที่ ฉ.14



ภาพประกอบที่ ฉ.14

- 1.1. เมนู Home สำหรับหน้าจอเริ่มต้น
- 1.2. เมนู Register สำหรับสมัคร Username
- 1.3. เมนู Account Login สำหรับดูรายการ และจัดการ Username ในระบบ
- 1.4. เมนู Account สำหรับดูรายละเอียดของ User Account ที่ทำการ Login
- 1.5. เมนู Predict Status สำหรับเริ่มการทำนายอาการเสีย
- 1.6. เมนู History Predict สำหรับเข้าดูประวัติในการทำนายผล

2. การแสดงเมนูในส่วน Technician หลังจาก Log in แล้วนั้น จะแสดงผลหน้าจอเมนูดังภาพที่
 ฉ.15



ภาพประกอบที่ ฉ.15

- 2.1. เมนู Home สำหรับหน้าจอเริ่มต้น
- 2.2. เมนู Account สำหรับดูรายการ User Account
- 2.3. เมนู Predict Status สำหรับเริ่มการทำนายอาการเสีย
- 2.4. เมนู History Predict สำหรับเข้าดูประวัติในการทำนายผล

เมนู Register

หน้าจอแสดงผลเมนู Register สำหรับการลงทะเบียนสำหรับ User ใหม่ใน Level
 “Technician” ดังภาพประกอบที่ ฉ.16

The screenshot shows a mobile application interface for a 'Register' form. At the top is a blue header with a back arrow and the title 'Register'. Below the header are three input fields: 'Username*' (labeled 1), 'Password*' (labeled 2), and 'Status*' (containing the text 'Technical'). Below these fields is a background image of server racks. At the bottom are two buttons: 'Cancel' (labeled 3) and 'Save' (labeled 4).

ภาพประกอบที่ ฉ.16

1. ช่องสำหรับใส่ข้อมูล Username
2. ช่องสำหรับใส่ข้อมูล Password
3. ปุ่ม Cancel สำหรับยกเลิกการสมัคร User ใหม่

เมื่อทำการกดปุ่ม Cancel จะแสดงดังภาพประกอบที่ ฉ.17

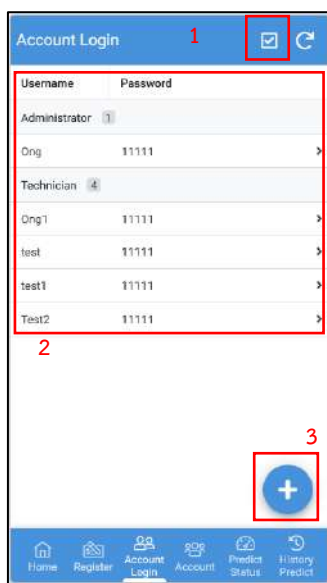
The screenshot shows a modal dialog box titled 'Discard changes?' with the subtitle 'Any edits will be lost'. Inside the dialog are two buttons: 'NO' (labeled 3.1) and 'DISCARD' (labeled 3.2). The background of the application is dimmed, showing the same 'Register' form and server rack image as in the previous screenshot.

ภาพประกอบที่ ฉ.17

- 3.1. ปุ่ม No กดสำหรับเพื่อจะทำการสมัคร User และกลับไปสู่หน้าดังภาพประกอบที่ ฉ.16
- 3.2. ปุ่ม DISCARD กดสำหรับยืนยันการยกเลิกสมัคร User ใหม่
4. ปุ่ม Save สำหรับบันทึกข้อมูล User สมัครใหม่

เมนู Account Login

หน้าจอแสดงผลเมนู Account Login สำหรับการจัดการ User ที่มีอยู่ทั้งหมดในระบบดังภาพประกอบที่ ฉ.18



ภาพประกอบที่ ฉ.18

1. ปุ่มกดสำหรับการเลือกรายการพร้อม ๆ กัน

เมื่อทำการกดปุ่มเลือกรายการ จะมีจำนวนที่ทำการเลือกแสดงหน้าจอ ดังภาพประกอบที่ ฉ.19



ภาพประกอบที่ ฉ.19

- 1.1. ปุ่มสำหรับคำสั่งลบ User

- 1.2. ช่องสำหรับเลือกรายการที่ต้องการลบพร้อมกันหลายรายการ

1.3. ปุ่มสำหรับเพิ่ม User ในระบบ

2. ช่องแสดงรายการ User ในระบบทั้งหมด โดยแยกระหว่าง Level ของ User และแสดงจำนวนทั้งสิ้นในแต่ละ Level ซึ่งสามารถกดเข้าดูรายละเอียดของแต่ละ User ได้ โดยทำการกดที่รายชื่อ User ดังภาพประกอบที่ ฉ.20

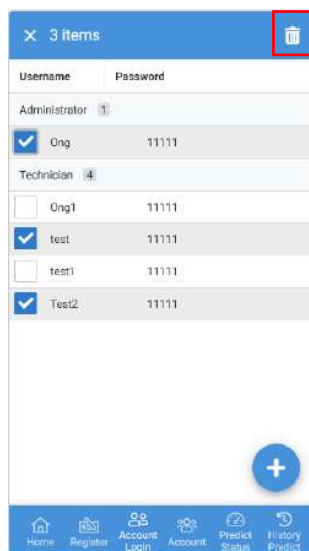


ภาพประกอบที่ ข.20

เมนูลบ User ในระบบ

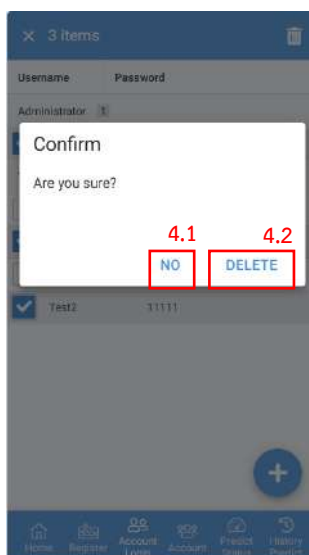
เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการลบ User ภายในระบบสามารถทำการลบได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เข้าสู่เมนู Account Login
2. ทำการเลือก รายชื่อ User ที่ต้องการลบ
3. กดเมนูลบ User ดังภาพประกอบที่ ฉ.21



ภาพประกอบที่ ฉ.21

4. เมื่อทำการกดลบ User ตัวระบบจะแสดงหน้าจอ ดังภาพประกอบที่ ฉ.22



ภาพประกอบที่ ฉ.22

- 4.1 ปุ่ม No กดสำหรับเพื่อจะยกเลิกการลบ User
- 4.2 ปุ่ม Delete กดสำหรับเพื่อยืนยันการลบ User

เมนู Account

หน้าจอสำหรับดูรายละเอียดของ User ที่ใช้ในการ Login ระบบ โดยแสดงดังภาพประกอบที่

ฉ.23

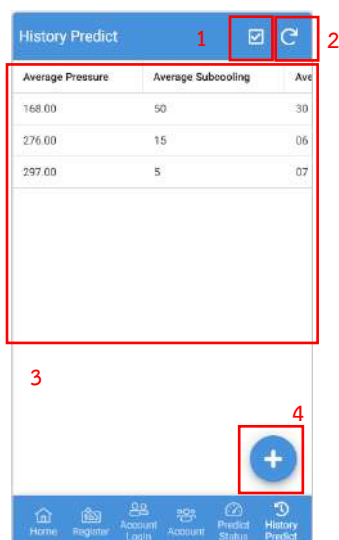


ภาพประกอบที่ ฉ.23

เมนู History Predict

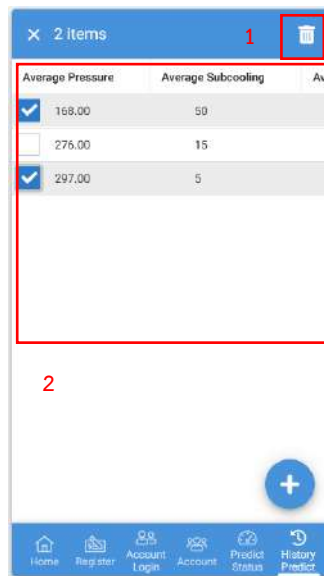
หน้าจอสำหรับแสดงผลประวัติการทำนายอาการเสีย โดยแบ่งตาม User ที่ Login เข้าใช้งาน

ดังภาพประกอบที่ ฉ.24



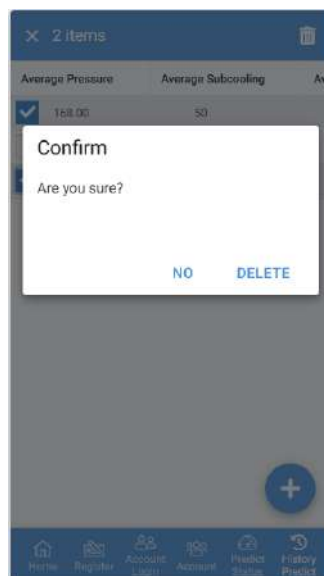
ภาพประกอบที่ ฉ.24

1. ปุ่มกดสำหรับการเลือกรายการพร้อม ๆ กัน
2. เมื่อทำการกดปุ่มเลือกรายการ จะมีจำนวนที่ทำการเลือกแสดงหน้าจอ ดังภาพประกอบที่ ฉ.25



ภาพประกอบที่ ฉ.25

1. ปุ่มลบข้อมูล เมื่อทำการเลือกเมนู จะขึ้นหน้าจอยืนยันในการลบข้อมูลดังภาพประกอบที่ ข.26



ภาพประกอบที่ ฉ.26

2. แสดงจำนวนรายการที่เลือก

ภาคผนวก ข

หนังสือตอบรับการตีพิมพ์



สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Thai-Nichi Institute of Technology

泰日工業大学

สำนักงานกวด ผลิตบัณฑิต ผลิตบัณฑิต ผลิตบัณฑิต

1771/1 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
 โทรศัพท์: 0-2763-2600 โทรสาร: 0-2763-2700 Url: www.tni.ac.th
 1771/1 Pattanakarn Road, Suanluang, Bangkok 10250 Thailand
 Telephone: 0-2763-2600 Facsimile: 0-2763-2700 E-mail: tniinfo@tni.ac.th

ที่ รน 1501/039

วันที่ 17 เมษายน 2567

เรื่อง ตอบรับบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล : Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)

เรียน คุณวิรัช ศรีเจริญสุข คุณประสงค์ ปราณีตพลกรัง และ คุณสุรศักดิ์ มั่งสิงห์

ตามที่ท่านได้นำส่งบทความวิจัยเรื่อง “ตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับ
 น้ำยาแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” และได้ผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน จากหลากหลาย
 สถาบัน และไม่มีผู้ทรงคุณวุฒิท่านใดสังกัดเดียวกับผู้เขียนบทความ ในลักษณะผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้เขียนและผู้เขียน
 ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-Blind Peer Review) เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัลแล้ว
 นั้น

บัดนี้กองบรรณาธิการวารสารฯ พิจารณาแล้ว มีมติเห็นสมควรรับตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 ดิจิทัล ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2567)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์)

บรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล

วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล

โทร. 0-2763-2600 ต่อ 2704, 2752

อีเมล JEDT@tni.ac.th

ตัวแบบทำนายการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยา แปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

วริษฐ์ ศิริเจริญสุข^{1*} ประสงค์ ปรานีตพลกรัง² สุรศักดิ์ มั่งสิงห์³

^{1,2,3}หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ,
มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บทความนี้ อีเมล : warit.ong@gmail.com

รับฉบับ:; รับบทความฉบับแก้ไข:; ตอบรับบทความ:
เผยแพร่ออนไลน์: (วันช่องว่างไม่ต้องระบุวันนี้)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาตัวแบบทำนายการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากระบบการทำความเย็น ผู้วิจัยได้ใช้ชุดโปรแกรม RapidMiner Studio ในการสร้างตัวแบบจากอัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks ทั้งนี้ ได้ใช้ชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน มาจาก บริษัท เบดเตอร์ คูล จำกัด จำนวน 402 เรคคอร์ด ซึ่งภายในชุดข้อมูลประกอบไปด้วย แรงดันสารทำความเย็น ค่าขับเคลื่อน ค่าอุณหภูมิ จำนวนเครื่องที่เปิด-ปิด และสถานะการทำงานของเครื่องที่ทำงานปกติและผิดปกติ เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าถ่วงดุล (F-Measure) แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพกับ อัลกอริทึมต่าง ๆ ซึ่งอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ Neural Networks โดยมีค่าความแม่นยำ 95.04%, ค่าความเที่ยง 94.17%, ค่าความระลึก 100% และค่าถ่วงดุล 97.00% ทำให้ได้ผลของการทำนาย สถานะทำงานปกติหรือผิดปกติ

อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้พัฒนาขยายผลตัวแบบโดยใช้เทคนิค Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking มีการใช้อัลกอริทึมที่มีค่า ประสิทธิภาพสูงสุดและรองลงมาสองอันดับ ได้แก่ Neural Networks, Decision Tree และ Naive Bayes ในการจำแนก ทำให้ได้ค่า ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจากเดิมด้วยค่าความแม่นยำมากถึง 95.52% ค่าความเที่ยง 97.21% ค่าความระลึก 97.21% และค่าถ่วงดุล 97.21%

คำสำคัญ : ระบบปรับน้ำยาแปรผัน ตัวแบบทำนาย การเรียนรู้ของเครื่อง

A Model to Predict the Failure of Centralized Air Conditioners with Variable Refrigerant Flow Using Machine Learning

Warit Siricharoensuk^{1*} Prasong Praneetpolgrang² Surasuk Mungsing³

^{1,2,3}*Master of Science Program in Information Technology, Faculty of Information Technology,
Sripatum University, Bangkok, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: warit.ong@gmail.com

Received:; Revised:; Accepted:

Published online:

Abstract

The objective of this research was to develop a predictive model for failure events of variable refrigerant flow air conditioning systems using machine learning techniques. The air conditioning failure events were attributed to the amount of refrigerant. The researcher utilized the RapidMiner Studio software to construct models from four algorithm types: Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine, and Neural Networks. The dataset used consisted of 402 records of variable refrigerant flow air conditioning systems Better Cool Co., Ltd., containing features such as refrigerant pressure, subcooling value, superheat value, number of units turned on/off, and operational status (normal or faulty). To evaluate model performance, the accuracy, precision, recall, and F-measure metrics were calculated and compared across the algorithms. The Neural Networks algorithm demonstrated the highest performance, achieving 95.04% accuracy, 94.17% precision, 100% recall, and 97.00% F-measure, enabling accurate prediction of normal or faulty operational status.

Moreover, the researcher enhanced the model using the Stacking Hybrid Ensemble Method technique. This involved combining the top three performing algorithms: Neural Networks, Decision Tree, and Naïve Bayes, for classification. Consequently, the performance metrics improved, with an accuracy of 95.52%, precision of 97.21%, recall of 97.21%, and an F-measure of 97.21%.

Keywords: Variable Refrigerant Flow, Predictive Model, Deep Learning

1) บทนำ

ปัจจุบันการใช้เครื่องปรับอากาศมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในอาคารที่พัก ออฟฟิศ โรงงานหรือพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ เพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิภายในพื้นที่ ซึ่งแม้แต่ทางภาครัฐให้ความสำคัญในการใช้งานระบบเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงาน จากทางกรมโยธาธิการและผังเมือง สำนักกระทรวงมหาดไทย [1] ได้มีแนวคิดในการพัฒนาคู่มือการออกแบบสำหรับอาคารภาครัฐใหม่เพื่อให้เป็นรูปแบบอาคารเขียว (Green Government Office Design Guidelines for New Construction) [2] นั้นเน้นไปที่การใช้ระบบเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จึงทำให้มีการเลือกใช้งานเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ระบบปรับน้ำยาแปรผัน (Variable Refrigerant Flow : VRF) มากขึ้นสำหรับอาคารประหยัดพลังงานในระดับที่สูงขึ้น เช่น การกำหนดให้ใช้งานเครื่องปรับอากาศมาตรฐานเบอร์ 5 ขึ้นไป

ปกติในงานบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน มีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการดูแลรักษา คือ จำต้องใช้นบุคลากรที่มีความรู้ และทักษะทางวิศวกรในการดูแลรักษาระบบ เนื่องจากระบบมีความซับซ้อน รวมถึงชุดอุปกรณ์วัดค่าเซ็นเซอร์ที่อุปกรณ์ทั้งระบบหากผู้ปฏิบัติงานไม่มีความเชี่ยวชาญจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัย รวมถึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาตัวทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) [3], [4] ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากรีโมตการทำความเย็นซึ่ง เป็นสาเหตุและความสำคัญหลักของการวิจัยในครั้งนี้

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

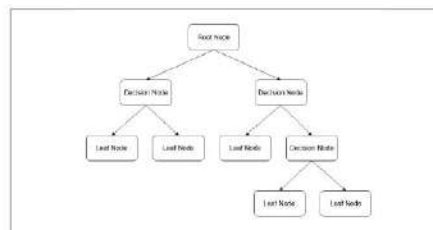
เพื่อพัฒนาตัวทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากรีโมตการทำความเย็น

3) ทบทวนวรรณกรรม

3.1) ประเภทของอัลกอริทึม

3.1.1) Decision Tree [5] เป็นการตัดสินใจแบบต้นไม้ เป็นลักษณะการเรียนรู้แบบมีผู้สอน มีลักษณะการแบ่งชุดข้อมูลเป็นกลุ่มต่าง ๆ มีการใช้ คุณลักษณะในการจำแนกประเภทในแต่ละโหนดเพื่อใช้ในการทำนายผล การตัดสินใจประเภทนี้ มีการ

ตัดสินใจที่เรียนแบบมนุษย์ และเข้าใจง่าย มีลักษณะในการเรียกได้แก่ 1) Root Node 2) Decision Node 3) Leaf Node มีลักษณะการจำแนกดังรูปภาพที่ 1



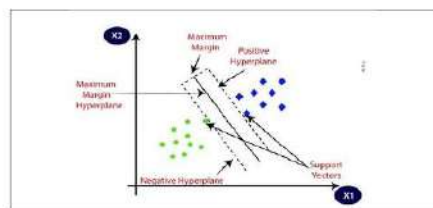
รูปภาพที่ 1: การตัดสินใจแบบต้นไม้ [6]

3.1.2) Naïve Bayes [7] เป็นลักษณะของอัลกอริทึมที่ใช้วิธีการคิดแบบลักษณะของความน่าจะเป็นการอาศัยค่าต่อเนื่องจากเหตุการณ์ก่อนหน้าส่วนใหญ่ในการจัดกลุ่มและแยกประเภทด้วยการใช้สมการ (1) ในการคำนวณ ดังนี้

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (1)$$

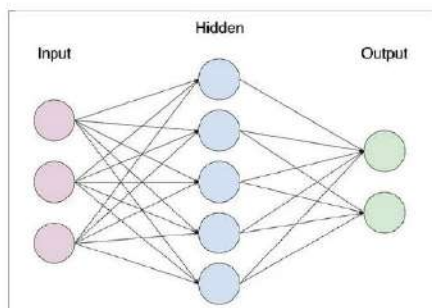
โดยที่ P หมายถึง ความน่าจะเป็น (Probability)
 c หมายถึง ลำดับชั้น (Class)
 x หมายถึง คุณลักษณะ (Attribute)

3.1.3) Support Vector Machine [8] ลักษณะในการจำแนกชุดข้อมูลด้วยวิธีการหา Hyperplane ใช้สำหรับแบ่งข้อมูลที่ต่างกันเพื่อหาจุดต่างกันระหว่างแต่ละจุดเป็น Margin ที่มีความกว้างมากที่สุด และมีข้อดีของการจำแนกลักษณะนี้คือ มีความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่มีมิติสูง มีลักษณะในการจำแนกดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2: การตัดสินใจ Support Vector Machine [9]

3.1.4) *Neural Networks* [10] เป็นอัลกอริทึมที่เลียนแบบการคิดวิเคราะห์แบบมนุษย์ จากลักษณะในการคิดนี้โมเดลของอัลกอริทึมนี้จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนประกอบด้วย 1) Input Layer เป็นส่วนที่รับข้อมูลและส่งไปยัง ส่วนประกอบที่ 2) Hidden Layer มีหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่รับมาจากชั้น Input Layer เช่น การจัดการ การเรียงข้อมูล เป็นต้น ทำให้ช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น 3) Output Layer เป็นส่วนแสดงผลในการจำแนกประเภทในการตัดสินใจของข้อมูลที่ได้รับต่อมาจากชั้น Hidden Layer นั้นมีรูปแบบในการคิดดังรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3: การตัดสินใจ Neural Networks [11]

3.2) *การรวมกลุ่มแบบไฮบริด (Hybrid Ensemble Method)* [12], [13] เป็นเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบรวมโมเดล (Ensemble Learning) ซึ่งใช้อัลกอริทึม หลายประเภทมาผสมผสานกันเพื่อสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในลักษณะการทำงานของ Hybrid Ensemble Method มีขั้นตอนดังนี้ 1) การสอนตัวแบบจากอัลกอริทึมมากกว่า 1 อัลกอริทึมจากชุดข้อมูลเดียวกัน จะได้ผลดี 2) นำอัลกอริทึมอีก 1 แบบนำมาตัดสินใจ

ข้อดีของ Hybrid Ensemble Method คือมีความแม่นยำที่สูงกว่าการใช้อัลกอริทึมชนิดเดียวในการตัดสินใจ

3.3) *การประเมินตัวแบบ (Model Evaluation)* [14] ในขั้นตอนสำหรับการประเมินค่าประสิทธิภาพตัวแบบนี้ หลังจากการใช้ อัลกอริทึมในการทำนาย จะได้ค่าที่ทำนายจากตัวแบบ จากชุดคำสั่งในชุด โปรแกรม RapidMiner Studio

ทำการประเมินค่าประสิทธิภาพของตัวแบบโดยใช้ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่า

ความระลึก (Recall) และ ค่าถ่วงดุล (F-Measure) นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ (2) - (5)

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (2)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

$$F-Measure = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

โดยที่	TP	เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องสามารถตัดสินใจได้ถูกต้องตามที่คาดหวัง
	TN	เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องสามารถตัดสินใจตรงกับค่าที่ไม่ได้คาดหวัง
	FP	เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องตัดสินใจเป็นผลลบ แต่ไม่ตรงกับค่าที่คาดหวัง
	FN	เป็นค่าที่การเรียนรู้ของเครื่องตัดสินใจเป็นผลลบ และตรงกับค่าที่ไม่ได้คาดหวัง
	Accuracy	เป็นค่าความแม่นยำ ที่เกิดหลังการเรียนรู้ของเครื่อง เท่ากับ ผลบวกจริงรวมกับผลลบจริงหารด้วยจำนวนที่ทำนายทั้งหมด
	Precision	เป็นค่าความเที่ยง คือค่าที่เกิดขึ้นเมื่อทำนาย ได้เหมือนเดิม
	Recall	เป็นค่าความระลึก คือค่าที่สนใจในค่าการทำนายที่เป็นจริงตรงตามข้อมูล

3.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Elmouatamid, A (2023) [15] ได้วิจัยเรื่องการตรวจจับและวินิจฉัยข้อบกพร่องของระบบปรับอากาศแนวทางการตรวจจับและขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ได้ใช้วิธีการในการตรวจจับความผิดปกติของระบบปรับอากาศด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น Rule Base ของระบบเครื่องปรับอากาศ และทฤษฎีของการทำความเข้าใจ เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจจับข้อบกพร่องในระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงมีการใช้อัลกอริทึมหลายประเภท ได้แก่ Support Vector Machine, Decision Tree, Extra Tree Classifies และ Ada Boost Classifiers สรุปในงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องของวิธีการตรวจจับข้อบกพร่องในระบบ

ปรับอากาศปัจจุบัน เฉพาะการตรวจจับข้อบกพร่องเล็กน้อยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและการใช้พลังงาน รวมถึงความจำเป็นในการพัฒนาวิธีการใหม่ที่ทำให้ตรวจจับข้อบกพร่องพร้อมกันได้ โดยใช้ประโยชน์จากข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ ๆ เช่นปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความแม่นยำ รวมถึงการทำให้ระบบปรับอากาศเป็น “Smart Service” ที่มีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมและผู้ใช้ระบบ

4) วิธิตำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนวิธิตำเนินการวิจัยนั้นทางผู้วิจัย ได้นำชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องของระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน และใช้ชุดโปรแกรม RapidMiner Studio เพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพตัวแบบ

4.1) ชุดข้อมูลระบบของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน

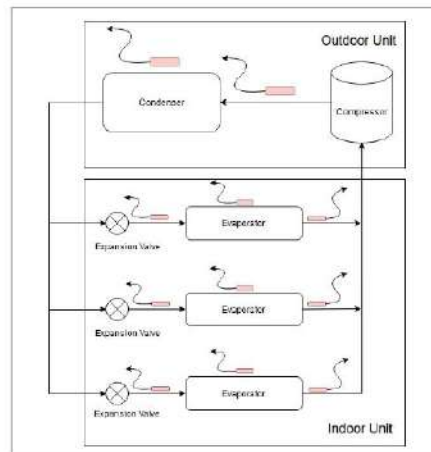
ชุดข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับจากทาง บริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด ซึ่งภายในชุดข้อมูลมีจำนวนเครื่องและอุปกรณ์ประกอบไปด้วย ชุดคอยล์ร้อน (Outdoor Unit) จำนวน 3 ชุด และชุดคอยล์เย็น (Indoor Unit) จำนวน 14 ชุด ภายในชุดข้อมูลจะประกอบไปด้วย

1) ชุดคอยล์ร้อน ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลแรงดันสารทำความเย็นภายในระบบ

2) ชุดคอยล์เย็น ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิ

3) ข้อมูลสถานะผิดปกติของตัวระบบเครื่องปรับอากาศ มีการแสดงถึง สถานะการทำงานปกติ และผิดปกติของตัวระบบจากปริมาณสารทำความเย็น R-410a

ชุดข้อมูลนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลภายในระบบเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน ไว้ในชุดข้อมูล VRF_DATA_CSV_FCU_14.CSV ประกอบด้วยข้อมูลที่รวบรวมจากการวัดค่าภายในระบบ เป็นข้อมูลที่รวบรวมระหว่าง เดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 จึงได้นำมาใช้สำหรับพัฒนาตัวแบบนั้นมีขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermistor) และวัดแรงดัน (Pressure Sensor) ที่อยู่ภายในระบบเครื่องปรับอากาศ ดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4: แสดงตำแหน่งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และวัดแรงดันสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน

4.2) การจัดการข้อมูล (Data Preparation) ขั้นตอนที่สองในการวิจัย เมื่อได้ชุดข้อมูลเบื้องต้นจำนวน 402 เรคคอร์ด นำมาวิเคราะห์ คัดเลือกคุณลักษณะ (Attribute) ที่เกี่ยวข้องกับสถานะเครื่องตามทฤษฎีระบบปรับอากาศที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสารทำความเย็น จึงทำให้ได้ชุดข้อมูลที่มีผลต่อการทำงานของตัวระบบเครื่องปรับอากาศเพื่อทำการวิเคราะห์ตัวชุดข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: รายละเอียดคุณลักษณะ (Attribute)

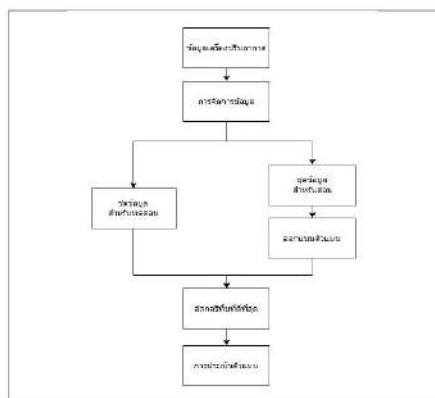
คุณลักษณะ	คำอธิบายคุณลักษณะ	รายละเอียดข้อมูล
Pres_HL	ค่าเฉลี่ยของแรงดันสารทำความเย็น	Min: 0 Psi/g Max: 316 Psi/g
SC_Temp.	ค่าเฉลี่ยของค่าซับคูลลิ่ง (Subcooling)	Min: -90 °C Max: 30.93 °C
SH_Temp.	ค่าเฉลี่ยของค่าซูเปอร์ฮีท (Superheat)	Min: -1.85 °C Max: 15.71 °C
Start	จำนวนเครื่องที่กำลังทำงาน	Min: 0 Max: 14
Stop	จำนวนเครื่องที่กำลังหยุดทำงาน	Min: 0 Max: 14
LABEL	สถานะการทำงานปกติ และผิดปกติ	Status Fail / Normal

คุณลักษณะตามตารางที่ 1 มีการวัดค่าดังนี้ Press_HL ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (Pound per Square Inch), SC_Temp และ SH_Temp เป็น องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$), Start และ Stop คือ จำนวนที่เครื่องคอยล์เย็น กำลังทำงานหรือหยุดทำงาน ในสถานะ LABEL ของการทำงานนี้เป็นตัวกำหนดให้ตัวระบบ เครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน สามารถทำงานได้ปกติ (Normal) หรือไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ (Fail) มีจำนวนและอัตราส่วนตามแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: สถานะการทำงานในระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน

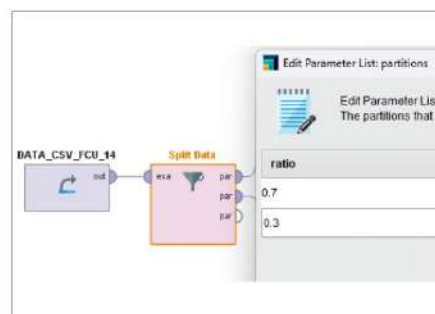
สถานะการทำงาน	จำนวน	อัตราส่วน
Normal	323	80.30%
Fail	79	19.70%
รวมทั้งสิ้น	402	100.00%

4.3) พัฒนาตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ทางผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเพื่อทำการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง และงานวิจัยในด้านระบบเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน รวมถึงการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของ อัลกอริทึมประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการจำแนก เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบ จากรูปภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และออกแบบการวิจัยได้ดังนี้



รูปภาพที่ 5: ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

4.4) การสอน และการทดสอบ (Training & Testing) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสอน และการทดสอบการเรียนรู้ของเครื่อง เป็นลักษณะของการสอนแบบมีผู้สอน ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการแบ่งชุดข้อมูล เป็นจำนวน 70% ใช้สำหรับการสอน และจำนวน 30% ใช้สำหรับการทดสอบ ใช้เครื่องมือในงานวิจัยจากซอฟต์แวร์ RapidMiner Studio โดยเลือกในลักษณะของการแบ่งเป็นชนิด Sampling type Automatic ดังรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 6: แบ่งชุดข้อมูลสำหรับสอน และทดสอบการเรียนรู้ของเครื่อง ในซอฟต์แวร์ RapidMiner Studio

4.5) ออกแบบตัวแบบ (Model Building) ในขั้นตอนการออกแบบตัวแบบนี้ นำชุดข้อมูลมาเข้ากระบวนการ ในการสร้างตัวแบบ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมในการออกแบบทั้งสิ้น 4 แบบ ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine, และ Neural Networks ทำการใช้ชุดคำสั่งภายในโปรแกรม RapidMiner Studio ทำตัวแบบ โดยมีลักษณะดังรูปภาพที่ 7

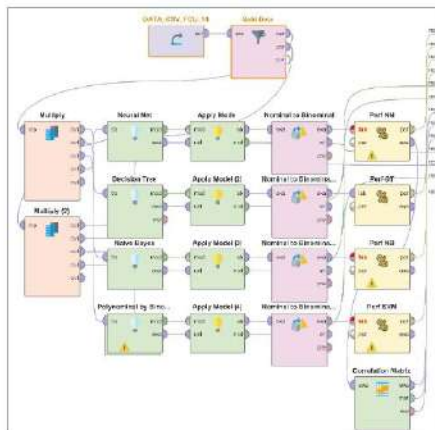
เมื่อทางผู้วิจัยทำการสร้างตัวแบบตามรูปภาพที่ 4 แล้ว จะได้ลักษณะตัวแบบดังต่อไปนี้

Decision Tree จะมีลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึมดังรูปภาพที่ 8

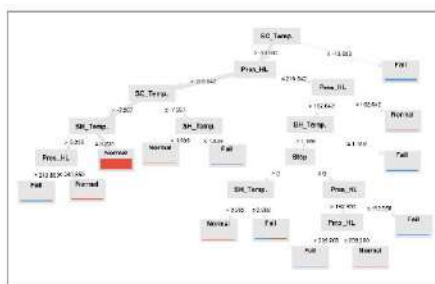
Naïve Bayes จะมีลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึมดังรูปภาพที่ 9

Support Vector Machine จะมีลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึมดังรูปภาพที่ 10

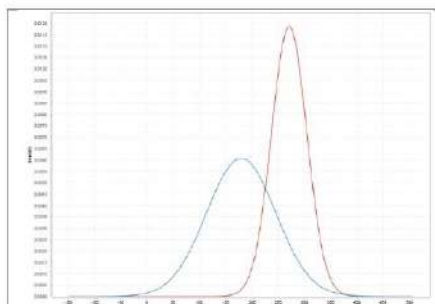
Neural Networks จะมีลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึมดังรูปภาพที่ 11



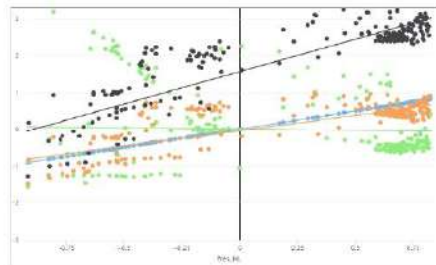
รูปภาพที่ 7: ออกแบบสำหรับทดสอบ อัลกอริทึม Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks



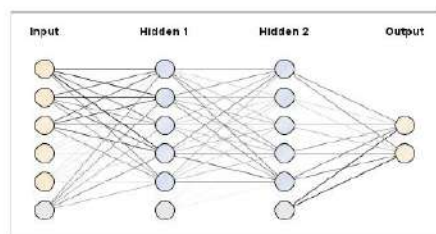
รูปภาพที่ 8: ลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึม Decision Tree



รูปภาพที่ 9: ลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึม Naive Bayes



รูปภาพที่ 10: ลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึม Support Vector Machine



รูปภาพที่ 11: ลักษณะตัวแบบ อัลกอริทึม Neural Networks

จากนั้นผู้วิจัยตัดสินใจเลือกใช้งานด้วยอัลกอริทึมทั้ง 4 รูปแบบนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการประเมินตัวแบบขั้นต่อไป

4.6) การประเมินตัวแบบ (Model Evaluation) [14] ในขั้นตอนสำหรับการประเมินตัวแบบนี้ เมื่อผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมในการทำนาย จะได้ค่าที่ทำนายจากตัวแบบ จากชุดค่าส่งในชุดโปรแกรม RapidMiner Studio จากนั้นทำการประเมินค่าประสิทธิภาพของตัวแบบด้วยการใช้ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความเที่ยง (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และ ค่าถ่วงดุล (F-Measure) นั้นคำนวณได้จากสมการ (2) - (5)

ตารางที่ 3: แสดงค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks

Algorithm	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure
Decision Tree	93.39%	93.20%	98.97%	96.00%
Naive Bayes	92.56%	94.00%	96.91%	95.43%

ตารางที่ 3: แสดงค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks (ต่อ)

Algorithm	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure
Support Vector Machine	83.47%	85.32%	95.88%	90.29%
Neural Networks	95.04%	94.17%	100.00%	97.00%

จากตารางที่ 3 ทำให้ทราบค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมทั้ง 4 แบบดังนี้

1) Decision Tree ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 93.39% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 93.20% ค่าความระลึกเท่ากับ 98.97% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 96.00%

2) Naive Bayes ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 92.56% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 94.00% ค่าความระลึกเท่ากับ 96.91% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 95.43%

3) Support Vector Machine ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 83.47% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 85.32% ค่าความระลึกเท่ากับ 95.88% และค่าถ่วงดุลเท่ากับ 90.29%

4) Neural Network ได้ค่าความแม่นยำเท่ากับ 95.04% ค่าความเที่ยงเท่ากับ 94.17% ค่าความระลึกเท่ากับ 100.00% ค่าถ่วงดุลเท่ากับ 97.00%

ทั้งนี้ มีการใช้เวลาในการคำนวณของอัลกอริทึมแต่ละประเภทโดยแสดงเวลาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: แสดงเวลาในการคำนวณของอัลกอริทึม Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks

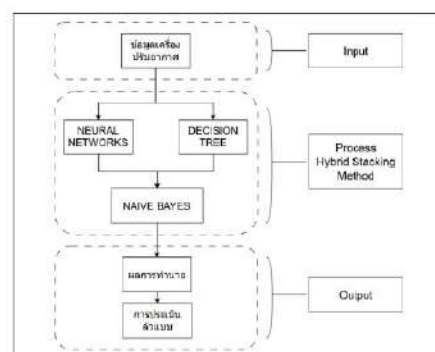
ครั้งที่	Decision Tree	Naive Bayes	Support Vector Machine	Neural Networks
1	0.03	0.02	0.04	1.11
2	0.02	0.01	0.05	0.82
3	0.01	0.01	0.02	0.70
4	0.02	0.01	0.04	0.63
5	0.01	0.01	0.05	0.76
6	0.02	0.01	0.06	0.71
7	0.02	0.02	0.03	0.67
8	0.01	0.01	0.03	0.63
9	0.02	0.01	0.04	0.72
10	0.02	0.01	0.03	0.71
Average (S)	0.02	0.01	0.04	0.75

จากค่าเฉลี่ยของการคำนวณของอัลกอริทึมจำนวน 10 ครั้งที่ใช้เวลาในการหาคำนวณน้อยที่สุดคือ Naive Bayes ซึ่งได้ค่าเป็น 0.01 วินาที

4) ผลการวิจัย

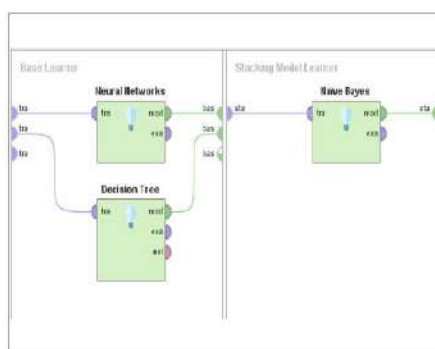
ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องจากชุดข้อมูลจำนวน 402 ข้อมูล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ โดยใช้อัลกอริทึม 4 แบบ ได้แก่ Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks เพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพตัวแบบได้ค่าประสิทธิภาพดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมประเภท Neural Networks มีค่าประสิทธิภาพที่สูงที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำ 95.04% ค่าความเที่ยง 94.17% ค่าความระลึก 100% และค่าถ่วงดุล 97.00%

จากวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน VRF โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็นเพื่อการพัฒนาตัวแบบทางผู้วิจัยได้ทำการได้ใช้แนวคิดในการพัฒนาตัวแบบทำนายด้วยการใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Hybrid Ensemble Method [13], [12] ในแบบการตัดสินใจด้วยวิธี Stacking [16] ด้วยวิธีการเรียนรู้นี้เป็นการใช้ อัลกอริทึมในหลายๆ แบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ได้ทำการออกแบบจากอัลกอริทึมที่ได้ประเมินค่าประสิทธิภาพดังตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดและรองลงมาสองอันดับ ได้แก่ Neural Networks, Decision Tree และ Naive Bayes ในการจำแนกดังรูปภาพที่ 12



รูปภาพที่ 12: ขั้นตอนการพัฒนาตัวแบบ Stacking Model

ภายในขั้นตอนที่ 1 Input นำข้อมูลเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบน้ำยาแปรผัน โดยใช้ชุดโปรแกรม RapidMiner Studio ในการนำเข้าชุดข้อมูลสำหรับการฝึกสอน ขั้นตอนที่ 2 Process ทำการเลือกอัลกอริทึมในการสอนการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อมาใช้เทคนิค Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ใช้อัลกอริทึม 3 ชนิด ในการตัดสินใจได้แก่ Neural Networks, Decision Tree และ Naive Bayes ในการตัดสินใจ เพื่อพัฒนาตัวแบบให้มีค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น ดังรูปภาพที่ 13



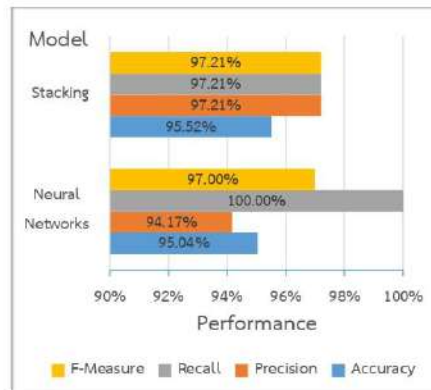
รูปภาพที่ 13: Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

ขั้นตอนที่ 3 Output จะได้รับผลทำนายการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผัน และนำมาประเมินประสิทธิภาพตัวแบบ ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5: แสดงค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

Algorithm	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure
Stacking	95.52%	97.21%	97.21%	97.21%
Neural Networks	95.04%	94.17%	100.00%	97.00%

จากตารางที่ 5 ตัวแบบมีค่าประสิทธิภาพ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) เท่ากับ 95.52% ค่าความเที่ยง (Precision) เท่ากับ 97.21% ค่าความระลึก (Recall) 97.21% และค่าถ่วงดุล F-Measure 97.21%



รูปภาพที่ 14: กราฟแสดงประสิทธิภาพ Hybrid Ensemble

จากรูปภาพที่ 14 กราฟค่าประสิทธิภาพที่ได้รับเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมในการใช้อัลกอริทึม Neural Networks เทียบกับการใช้การเรียนรู้ของเครื่องจากการใช้เทคนิค Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่สูงขึ้นจากเดิมด้วยค่าความแม่นยำมากถึง 95.52% ค่าความเที่ยง 97.21% ค่าความระลึก 97.21% และค่าถ่วงดุล 97.21% และเพื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำงานระหว่างอัลกอริทึม Neural Networks และวิธีการ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาโดยแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6: แสดงเวลาเปรียบเทียบการคำนวณของอัลกอริทึม Neural Networks และ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

ครั้งที่	Neural Networks	Stacking
1	1.11	3.86
2	0.82	4.21
3	0.70	3.72
4	0.63	4.26
5	0.76	3.82
6	0.71	3.62
7	0.67	4.03
8	0.63	4.03
9	0.72	3.85
10	0.71	3.72
Average (S)	0.75	3.91

ทำให้ทราบว่าการเวลาในการคำนวณของอัลกอริทึม Neural Networks มีระยะเวลาในการคำนวณที่สั้นกว่าแบบ Stacking Model

5) อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษากการพัฒนาตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศที่มีผลต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็นนี้ สามารถสรุปได้ว่าการเลือกใช้งานอัลกอริทึมสำหรับสร้างตัวแบบในการทำนายอาการเสียจากส่วนสารทำความเย็นนั้น การใช้เทคนิค Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ใช้อัลกอริทึมที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดและรองลงมาสองอันดับ ได้แก่ Neural Networks, Decision Tree และ Naive Bayes มีค่าประสิทธิภาพที่มีค่าความแม่นยำ ค่าความเที่ยง ค่าระลึก และค่าตัววัดที่สูงที่สุดในการเปรียบเทียบค่าจากอัลกอริทึมทั้ง 4 แบบ และแบบ Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking

จึงทำให้สามารถสรุปผลการพัฒนาตัวแบบในการทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องในส่วนสารทำความเย็นเพื่อช่วยในการทำนายอาการเสีย จากการใช้อัลกอริทึมแบบ Hybrid Ensemble Model ช่วยในการเรียนรู้ของเครื่อง

6) สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยในวัตถุประสงค์ดังนี้ เพื่อพัฒนาตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องจากชุดข้อมูลระบบเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผันที่มีข้อมูลในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศมาจากปริมาณสารทำความเย็น และส่วนของรายละเอียดข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลแรงดัน และส่วนเวลาที่ระบุถึงสถานะอาการที่มีสาเหตุจากสารทำความเย็น นั้นมีระบุเป็นคุณลักษณะชื่อ Label โดยทางผู้วิจัยนำชุดข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ โดยชุดโปรแกรม RapidMiner Studio ในการสร้างตัวแบบจากอัลกอริทึมทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ Decision Tree, Naive Bayes, Support Vector Machine และ Neural Networks มาเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ในการขยายผลตัวแบบทำนาย ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกอัลกอริทึมในการสอนการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้เทคนิค Hybrid Ensemble Method แบบ Stacking ใช้อัลกอริทึม 2 ชนิด คือ Neural Networks และ Decision Tree และใช้อัลกอริทึมในการตัดสินใจเป็น Naive Bayes ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มสูงขึ้นจากเดิม ทำให้ตัวแบบสามารถทำนายอาการเสียของเครื่องได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) 95.52%, ค่าความเที่ยง (Precision) 97.21%, ค่าความระลึก (Recall) 97.21% ค่าตัววัด (F-Measure) 97.00%

7) ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นในการศึกษาระบบสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบน้ำยาแปรผัน โดยที่ตัวแบบนี้สร้างขึ้นเฉพาะทำนายอาการเสีย ในส่วนเหตุการณ์การเสียของเครื่องปรับอากาศจากปริมาณสารทำความเย็น นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนชุดคอยล์ร้อน และชุดคอยล์เย็น

8) ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้เนื่องจากระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ มีข้อมูลและพีเออร์ที่หลากหลายที่ใช้ในการทำนายอาการในลักษณะหรือสาเหตุอื่น และด้วยลักษณะของตัวระบบมีความซับซ้อนในการทำงานของระบบทำให้ ผู้ตรวจสอบอาจเกิดความผิดพลาด รวมถึงความหลากหลายของชนิดคอยล์เย็น และคอยล์ร้อน อาจทำให้มีความหลากหลายในอาการเสียมากขึ้น

ด้วยข้อจำกัดของชุดข้อมูลที่มีสถานะการทำงานปกติ และอาการเสียจากสารทำความเย็นภายในระบบไม่เท่ากัน โดยมีการทำงานปกติที่มากกว่า อาจทำให้เกิดผลกระทบในการสอนการเรียนรู้ของเครื่องโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด ในชุดข้อมูลเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบระบบปรับน้ำยาแปรผัน (VRF_DATA_CSV_FCU_14.CSV) และขอขอบคุณ ท่าน ศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะทำงานที่ให้คำปรึกษา สนับสนุนและแนะนำในงานวิจัยนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

REFERENCES

- [1] Department of Public Works and Town & Country Planning. "Roles and Responsibilities," [Online]. <https://www.dpt.go.th/th/powers-and-duties-of-departments-and-government-agencies> (Accessed: 19, 2023). (in Thai)
- [2] P. Puthipiroj, *Green Government Office Design Guidelines for New Construction. G-Goods : NC Version 1.0.*, 2019. (in Thai)
- [3] R. E. Neapolitan and X. Jiang, *Artificial Intelligence: With an introduction to machine learning*. CRC Press, 2018.
- [4] T. Jo, "Machine learning foundations," *Supervised, Unsupervised, and Advanced Learning*. Cham: Springer International Publishing, p. 69, 2021.
- [5] B. Charbuty and A. Abdulazeez, "Classification based on decision tree algorithm for machine learning," *Journal of Applied Science and Technology Trends*, vol. 2, no. 01, pp. 20-28, 2021.
- [6] N. S. Chauhan. "Decision Tree Algorithm, Explained," <https://www.kdnuggets.com/2020/01/decision-tree-algorithm-explained.html> (Accessed: February 19, 2024).
- [7] T. N. Viet, H. Le Minh, H. Le Cong, and T. Anh, "The Naive Bayes algorithm for learning data analytics," *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, vol. 12, no. 4, 2021, pp. 1038-1043
- [8] R. Akbani, S. Kwek, and N. Japkowicz, "Applying support vector machines to imbalanced datasets," *Machine Learning: ECML 2004: 15th European Conference on Machine Learning*, Pisa, Italy, September 20-24, 2004. Proceedings 15, 2004: Springer, pp. 39-50.
- [9] S. Bandgar. "Support Vector Machine," Medium.com. [Online]. <https://medium.com/nerd-for-tech/support-vector-machine-92fa3c57d33b> (Accessed February 19, 2024).
- [10] A. C. Müller and S. Guido, "Introduction to machine learning with Python: a guide for data scientists," United States: O'Reilly Media, Inc., 2016.
- [11] S. Krishna. "Building an Artificial Neural Network(ANN)," <https://medium.com/@saiKrishna3599/building-an-artificial-neural-network-ann-502a63d76fb3> (Accessed: June 30, 2020).
- [12] S. Pal and S. Paul, "Linking hydrological security and landscape insecurity in the moribund deltaic wetland of India using tree-based hybrid ensemble method in python," *Ecological Informatics*, vol. 65, p. 101422, 2021.
- [13] J. Zhao, J. Jin, S. Chen, R. Zhang, B. Yu, and Q. Liu, "A weighted hybrid ensemble method for classifying imbalanced data," *Knowledge-Based Systems*, vol. 203, p. 106087, 2020.
- [14] T. Srivastava. "12 Important Model Evaluation Metrics for Machine Learning Everyone Should Know (Updated 2023)," [Online]. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/08/11-important-model-evaluation-error-metrics/> (Accessed: Jan 08, 2024).
- [15] A. Elmouatamid, B. Fricke, J. Sun, and P. W. Pong, "Air Conditioning Systems Fault Detection and Diagnosis-Based Sensing and Data-Driven Approaches," *Energies*, vol. 16, no. 12, p. 4721, 2023.
- [16] L. C. Min Yang, Minjun Cao and Xiongfeng Yan, "A Stacking Ensemble Learning Method to Classify the Patterns of Complex Road Junctions," *International Journal of Geo-Information*, vol. 11, no. 10, 2022, 17 Oct 2022, doi: 10.3390/ijgi11100523.

www.ijert.org



International Journal of Engineering Research & Technology
 ISSN : 2278-0181
www.ijert.org

Provisional Acceptance Letter

Dear Warit Siricharoensuk,

Thank you for your contribution in our journal. At the same time we gladly inform you that your submitted paper, for which you are the correspondence author, has been passed through our initial screening stage and is accepted for further publication process in IJERT.

As a result, your paper will publish in the **Volume 13 , Issue 06 , June - 2024 of IJERT** according to the further review process & priorities.

Your Manuscript details are as follow:

Paper Title : The Development of a System to Analyze, Inspect and Predict in Advance the Failure of Centralized Variable Refrigerant Flow Air Conditioners Using Machine Learning

Paper Id : IJERTV13IS060146

Your Paper will publish in online & print version, after once you finish **simple 3 Step registration process.**

Please Log in to your online IJERT-EMS author manger account, **for detailed registration procedure.**

Looking forward to a good collaboration,



Thanking You,

Yours Faithfully,

Editor, IJERT

www.ijert.org

The Development of a System to Analyze, Inspect and Predict in Advance the Failure of Centralized Variable Refrigerant Flow Air Conditioners Using Machine Learning

Warit Siricharoensuk, Prasong Praneetpolgrang, Surasak Mungsing
Information Technology Program
Faculty of Information Technology Sripatum University,
Bangkok, Thailand

Abstract—This research is to develop a system for, analyzing, inspecting and predicting failures in centralized variable refrigerant flow air conditioners using machine learning. Researchers propose to develop the prediction system through the Cloud for ease of use, utilizing platforms such as Google Drive, Google Sheet, Google AppSheet, and Google Cloud Function. TensorFlow is used with Python scripts from Neural Networks algorithms, with a learning cycle set to 500 rounds. Data is fetched from Google Sheet, analysis, sent back and displayed through an application created with Google AppSheet to show the prediction results of system failures.

Keywords— Variable Refrigerant Flow; Deep Learning; Predictive Model

I. INTRODUCTION

Variable refrigerant flow (VRF) air conditioners [1] have gained widespread popularity in large buildings due to their high cooling efficiency and precise temperature control. However, such systems are complex in components and mechanisms, making them prone to malfunctions and damages, affecting cooling efficiency, energy consumption, and user satisfaction. Therefore, developing a system that can analyze, inspect, and predict potential failures in such air conditioning systems is crucial. Applying machine learning techniques allows it to efficiently analyze data from various sensors, detect patterns and early signs of anomalies, and plan appropriate preventive maintenance. This leads to a longer system lifespan, reduced energy loss, continuous operational efficiency, and increased user satisfaction.

II. RESEARCH OBJECTIVES

The objective of this research is to develop a system for inspecting, analyzing and predicting the failure symptoms of a central air conditioner with variable refrigerant based on the amount of refrigerant using machine learning.

III. RELATED THEORIES AND RESEARCH

A. Neural Networks

Neural networks are mathematical models inspired by the functioning of the human brain in processing information and learning from experiences. They consist of numerous small

processing units connected in a network, capable of processing various types of input data such as images, sounds, and text.

The working process of neural networks [2], [3] begins with receiving input data, which is then processed through mathematical computations on different processing units. Parameters such as weights and constants are set to control the flow and transmission of information between processing units. The learning process of neural networks adjusts these parameters through supervised learning or unsupervised learning methods to achieve accurate results with minimal error. This enhances the efficiency of neural networks in processing and classifying data over time. The model structure is illustrated in Fig. 1.

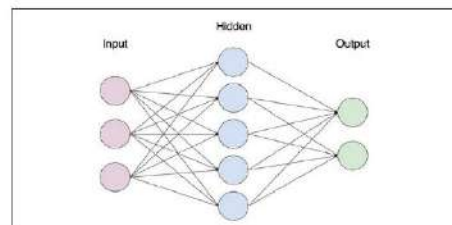


Fig. 1. Neural Networks Decision

B. The Synthetic Minority Over-sampling Technique

The Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) [4], [5] is used to address the problem of data imbalance in machine learning by creating new samples in the minority class through synthetic data generation. The main steps involve selecting samples in the minority class and generating new samples using data from nearby samples. Using SMOTE helps improve the performance of learning models and reduces the risk of overfitting. However, it involves complex processing and the risk of generating unreasonable data. The use of SMOTE should consider the characteristics of the data and the specific application of each case.

Having balanced data is crucial for the performance of machine learning. Imbalanced data refers to situations where the number of samples in each class differs significantly, which can cause the model to bias towards the class with more samples. SMOTE is a technique used to create synthetic samples in the minority class to increase the number of samples to be closer to other classes, helping to reduce bias and improve model performance. However, SMOTE has limitations in terms of computational complexity, the risk of generating unreasonable synthetic data, and is not suitable for high-dimensional data. Therefore, it should be used cautiously and combined with other techniques to achieve the best results. SMOTE is a useful tool for managing data imbalance problems, helping to increase the accuracy and reliability of the system.

C. Model Evaluation

In the model evaluation step [6], [7], the performance of the model is assessed using various metrics, including accuracy, precision, recall, and F-measure. These can be calculated using Equation (1) – (4) as follows:

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)}{(TP+FP+TN+FN)} \quad (1)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (3)$$

$$F1 - \text{Score} = 2 \times \left(\frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \right) \quad (4)$$

TP is the value that the machine learning can decide correctly as expected.

TN is the value that the machine learning can decide to match the unexpected value.

FP is the value that the machine learning decides to be negative but not match the expected value.

FN is the value that the machine learning decides to be negative and match the unexpected value.

Accuracy is the accuracy value that occurs after the machine learning, equal to the total true positives and true negatives divided by the total number of predictions.

Precision is the precision value, which is the value that occurs when repeating the same thing.

Recall is the recall value, which is the value that is interested in the prediction value that is true according to the data.

F1-Score is the value that combines Precision and Recall to give a balanced value between the two values.

D. Related Research

Z. Hou et al. [8] developed a strategy using data mining (DM) principles to detect and diagnose sensor faults based on past performance data in heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems. This approach combines rough set theory and artificial neural networks (ANN). The reduced data is used to develop classification rules and train the neural network to infer appropriate parameters. The difference between the measured thermodynamic state and the predicted state from the normal performance model (residuals) is used as a performance index to detect and diagnose sensor faults. Real test results from actual HVAC systems show that only the temperature and humidity measurements of many air handling units (AHUs)

work well, as the measurements distinguish between simultaneous faults of the supply chilled water (SCW) and return chilled water (RCW) temperature sensors.

Y. Guo et al. [9] used 22 expert rule-based diagnosis rules, divided into 10 rules for the hot coil set and 12 rules for the cold coil set. These rules were created from expert knowledge and the operational characteristics of VRF systems. When tested on nine types of actual faults, such as refrigerant shortage within the system and pressure reducing valve blockage under cooling mode, the method achieved an overall correct diagnosis rate of 85.13%. This demonstrates that the rule-based fault diagnosis strategy is effective in identifying various faults in VRF systems and can be applied to building automation systems.

IV. METHODOLOGY

In this research, researchers imported the dataset of variable refrigerant flow (VRF) air conditioning systems into RapidMiner Studio.[14] then created the model by using SMOTE method to adjust the imbalance of the dataset, then imported the dataset into Google Sheet and used Google Cloud [10], [11] to create API for TensorFlow [15], [16] then used Python language [12] to retrieve the dataset to train Neural Networks model, then measured the performance, and created Google AppSheet and used Bot command menu to run API to predict the result of the failure of central air conditioner with variable refrigerant flow.

A. Conceptual Framework

The conceptual framework of the research consists of 3 steps as follows:

1. Importing and managing the dataset.
2. Creating a model using machine learning.
3. Use the model to develop a system for detecting the malfunction of a central air conditioner with variable refrigerant using machine learning as shown in Fig. 2.

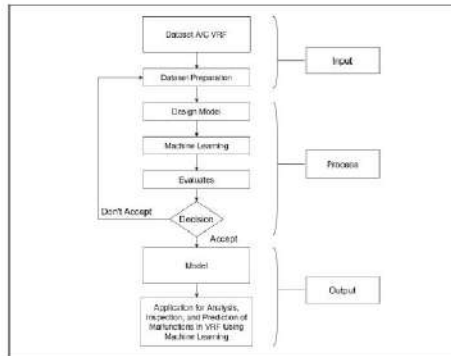


Fig. 2. Conceptual Framework

B. VRF Air Conditioning System Dataset

The dataset details include refrigerant pressure, average superheat temperature, average subcooling temperature, the number of units operating, the number of units not operating, and the status of normal and abnormal operation. The dataset consists of 402 records, with the data attributes detailed in Table 1.

TABLE I. DETAIL OF ATTRIBUTE

Attribute	Attribute Description	Detail
Pres_HL	Average Refrigerant Pressure	Min: 0 Psi/g Max: 316.73 Psi/g
SH_Temp.	Average Superheat Temperature	Min: -1.85 °C Max: 15.71 °C
SC_Temp.	Average Subcool Temperature	Min: -90.17 °C Max: 32.93 °C
Start	Total of Operation FCU	Min: 0 FCU Max: 14 FCU
Stop	Total of Shutdown FCU	Min: 0 FCU Max: 14 FCU
Label	Normal / Abnormal Operating Status	Status Fail / Normal

TABLE II. LABEL RATIO

Label	Amount	Ratio
Normal	323	80.35%
Fail	79	19.65%
Total	402	100.00%

Table 2. shows that the "Normal" operation status accounts for 80.35%, which is higher than the "Fail" operation status at 19.65%. Therefore, researchers used the SMOTE Upsampling command from RapidMiner Studio to balance the two operation statuses to 50%.

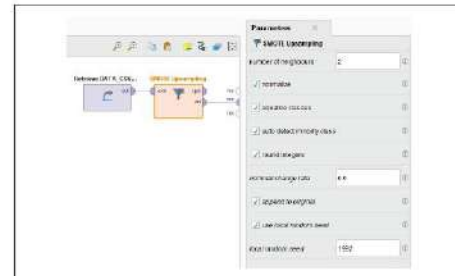


Fig. 3. Operator SMOTE in RapidMiner Studio

As shown in Fig. 3, researchers set the Nominal Charge Rate to 0.5 to increase the number of records from 79 to 323, adding 244 records, resulting in a balanced ratio of Normal 50%: Fail 50%, as shown in Table 3 comparing the Label Ratio.

TABLE III. COMPARE LABEL RATIO OF SMOTE

Label	Amount	Ratio	SMOTE	SMOTE Ratio
Normal	323	80.35%	323	50%
Fail	79	19.65%	323	50%
Total	402	100.00%	646	100%

C. SYSTEM ARCHITECTURE

The system design and structure include three main components: Google Sheet, Google AppSheet, and Google Cloud Function. These components are used for inspecting, analyzing, and predicting failures in VRF air conditioning systems based on refrigerant quantity using machine learning, as shown in Fig. 4. The details are as follows:

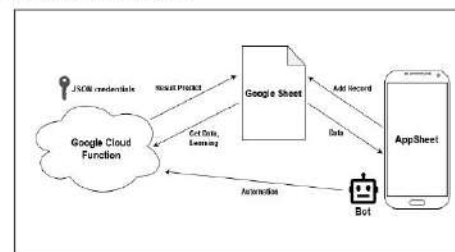


Fig. 4. System Architecture

1) Google Sheet: Used to record data for learning and prediction. Researchers imported the VRF air conditioning system dataset using the SMOTE Upsampling technique into Google Sheet, totaling 646 records as shown in Fig. 5.

1. Importing the air conditioning data into the application for analysis, inspection, and prediction.
2. Recording the data into Google Sheet and sending the prediction results to Google Sheet.
3. Google Sheet records the learning data and prediction data, then displays the prediction results through the application as shown in Fig. 9.

V. RESEARCH RESULTS

This research aims to develop a system for inspecting, analyzing, and predicting failures in VRF air conditioning systems based on refrigerant quantity using machine learning. Researchers used the SMOTE technique to balance the data and imported the dataset into the developed system using Google Cloud, Google Sheet and Google AppSheet.

In model creation, researchers used Neural Networks algorithms through TensorFlow on Google Cloud Function, dividing the data into 80% for training and 20% for testing. The research results showed that the model achieved the highest performance at 500 learning rounds, with an Accuracy of 0.91, Precision of 0.91, Recall of 0.91, and F1-Score of 0.91.

The outcome of this research includes the development of an application that operates through the Cloud for predicting failures using a Neural Networks algorithm to make decisions based on refrigerant quantity in VRF air conditioning systems as shown in Fig. 10.

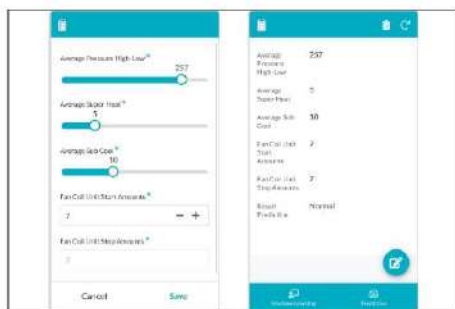


Fig. 10. Application for Failure Prediction

VI. RESEARCH LIMITATIONS

This research aims to develop a system for inspecting, analyzing and predicting failures in VRF air conditioning systems based on refrigerant quantity using machine learning. The limitations include the diversity of hot coil and cold coil quantities, as well as biased data in operational scenarios, which may lead to prediction bias.

VII. FUTURE RESEARCH

For future research on developing a system for inspecting, analyzing, and predicting failures in VRF air conditioning systems based on refrigerant quantity using machine learning, researchers suggest the following:

1. The system requires a larger amount of data to improve prediction accuracy.
2. It can be used to predict failures caused by other factors.
3. The development of this prediction system can be applied through the Cloud, making it more convenient to use.

REFERENCES

- [1] W. Goetzler, "Variable refrigerant flow systems," *Ashrae Journal*, vol. 49, no. 4, pp. 24-31, 2007.
- [2] S. Krishna, "Building an Artificial Neural Network(ANN)," <https://medium.com/@sankrishna3599/building-an-artificial-neural-network-ann-502a63d76fb3> (accessed June 30, 2020).
- [3] R. Zuhinov, U. Akhmedjanov, K. Musayev, B. Soliyev, A. Kayumov, and M. Asraev, "Building and predicting a neural network in python," in *E3S Web of Conferences*, 2024, vol. 508, EDP Sciences, p. 04005.
- [4] M. Mujahid et al., "Data oversampling and imbalanced datasets: an investigation of performance for machine learning and feature engineering," *Journal of Big Data*, vol. 11, no. 1, pp. 1-32, 2024.
- [5] N. V. Chawla, K. W. Bowyer, L. O. Hall, and W. P. Kegelmeyer, "SMOTE: synthetic minority over-sampling technique," *Journal of artificial intelligence research*, vol. 16, pp. 321-357, 2002.
- [6] T. Srivastava, "12 Important Model Evaluation Metrics for Machine Learning Everyone Should Know (Updated 2023)," <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/08/11-important-model-evaluation-error-metrics/> (accessed Jan 08, 2024).
- [7] Ž. Vujović, "Classification model evaluation metrics," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 6, pp. 599-606, 2021.
- [8] Z. Hou, Z. Lian, Y. Yao, and X. Yuan, "Data mining based sensor fault diagnosis and validation for building air conditioning system," *Energy Conversion and Management*, vol. 47, no. 15-16, pp. 2479-2490, 2006.
- [9] Y. Guo et al., "An expert rule-based fault diagnosis strategy for variable refrigerant flow air conditioning systems," *Applied Thermal Engineering*, vol. 149, pp. 1223-1235, 2019.
- [10] E. Buong, *Building machine learning and deep learning models on Google cloud platform*. Springer, 2019.
- [11] A. Gupta, P. Goswami, N. Chaudhary, and R. Bansal, "Deploying an application using google cloud platform," in *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, 2020, IEEE, pp. 236-239.
- [12] G. Van Rossum and F. L. Drake Jr., "Python tutorial," ed: Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, The Netherlands, 1995.
- [13] T. Hope, Y. S. Resheff, and I. Lieder, *Learning tensorflow: A guide to building deep learning systems*. O'Reilly Media, Inc., 2017.
- [14] N. Baharun, N. F. M. Razi, S. Masrom, N. A. M. Yusri, and A. Rahman, "Auto modelling for machine learning: a comparison implementation between rapid miner and python," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 12, no. 5, pp. 15-27, 2022.
- [15] P. Samang, "Artificial neural networks with TensorFlow 2," Apress: Berkeley, CA, USA, 2021.
- [16] S. Pattenayak, J. S. Pattenayak, and S. John, *Pro deep learning with tensorflow*. Springer, 2017.

ภาคผนวก ซ

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์



หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)..... กมลกร โตดัดธรรม์
ตำแหน่ง กมลกร โตดัดธรรม์ ชื่อหน่วยงาน มจร. มหาสารคาม
สถานที่ตั้ง 111 หมู่ 5 ถนนพหลโยธิน กม. 12+500 (สี่แยก) กรุงเทพมหานคร
โทรศัพท์ 02-5103233 Email.....

ขอรับรองว่าได้นำผลงานทางวิชาการ/วิจัยเรื่อง/งานสร้างสรรค์ เรื่อง **“การพัฒนาแบบ
วิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่ออาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การ
เรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)”** โดยเป็นผลงานของ นายวรินทร์ ศิริเจริญสุข สามารถนำมาใช้
ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้ในระหว่างวันที่ 1/5/67
ถึงวันที่ ไม่มี

ก่อให้เกิดผลดีในด้านต่อไปนี้ (ทำเครื่องหมาย ☒ เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- | | |
|--|---|
| ☐ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ | ☐ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ |
| ☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย | ☒ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ |
| ☐ การใช้ประโยชน์ทางอื่น | |

(โปรดระบุรายละเอียด).....

ข้าพเจ้าขอลงนาม ในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยความจริงทุกประการ ทั้งนี้เพื่อ
เป็นหลักฐานการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ ของ นายวรินทร์ ศิริเจริญสุข นักศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ลงลายมือชื่อ

(กมลกร โตดัดธรรม์)

ตำแหน่ง

กมลกร โตดัดธรรม์

วันที่

17/6/67



หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ตำแหน่ง.....

ชื่อหน่วยงาน.....

สถานที่ตั้ง.....

โทรศัพท์.....

Email.....

ขอรับรองว่าได้นำผลงานทางวิชาการ/วิจัยเรื่อง/งานสร้างสรรค์ เรื่อง “การพัฒนาระบบ

วิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่อความเสี่ยงของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การ

เรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)” โดยเป็นผลงานของ นายวิรัช ศรีเจริญสุข สามารถนำมาใช้

ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้ในระหว่างวันที่.....

ถึงวันที่.....

ก่อให้เกิดผลดีในด้านต่อไปนี้ (ทำเครื่องหมาย ☒ เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ

☐ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ

☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย

☒ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

☐ การใช้ประโยชน์ทางอื่น

(โปรดระบุรายละเอียด).....

ข้าพเจ้าขอสงวน ในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยความจริงทุกประการ ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ ของ นายวิรัช ศรีเจริญสุข นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ลงลายมือชื่อ

ตำแหน่ง

วันที่

นายวิรัช ศรีเจริญสุข
(
18/6/67



หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว)..... ร.น.พร ด.ญ.สรวงศ์
 ตำแหน่ง..... ผู้จัดการทั่วไป..... ชื่อหน่วยงาน..... บริษัท สบู่ตึงวิศวกรรม จำกัด
 สถานที่ตั้ง..... 300/142 หมู่ 13 ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี
 โทรศัพท์..... 092-932-0040..... Email..... sobtueengineering@hotmail.com

ขอรับรองว่าได้นำผลงานทางวิชาการ/วิจัยเรื่อง/งานสร้างสรรค์ เรื่อง “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่อการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)” โดยเป็นผลงานของ นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้ในระหว่างวันที่..... 1 สิงหาคม 2567.....
 ถึงวันที่..... 19 สิงหาคม 2567.....

ก่อให้เกิดผลดีในด้านต่อไปนี้ (ทำเครื่องหมาย ☒ เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ ☐ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ
☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย ☒ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์
☐ การใช้ประโยชน์ทางอื่น

(โปรดระบุรายละเอียด).....

ข้าพเจ้าขอลงนาม ในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยความจริงทุกประการ ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ของ นายวริษฐ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ลงลายมือชื่อ..... ร.น.พร ด.ญ.สรวงศ์

(..... ผู้จัดการทั่วไป.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่..... 19 สิงหาคม พ.ศ. 2567.....



หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) ชานนท์ อดัมภัก
 ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ - ชื่อหน่วยงาน บริษัท มีคูล โซลูชั่น จำกัด.
 สถานที่ตั้ง 5/333 หมู่ 23 ต.พื้งระหว้า อ.พื้งระหว้า จ.พื้งระหว้า 10220
 โทรศัพท์ 086-1457624 Email Chanant.02@hotmail.com

ขอรับรองว่าได้นำผลงานทางวิชาการ/วิจัยเรื่อง/งานสร้างสรรค์ เรื่อง “การพัฒนาระบบวิเคราะห์ตรวจสอบและทำนายผลล่วงหน้าต่อการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)” โดยเป็นผลงานของ นายวิชญ์ ศิริเจริญสุข สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่มของข้าพเจ้า โดยใช้ในระหว่างวันที่ 19 มิถุนายน 2567 ถึงวันที่ ๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๗

ก่อให้เกิดผลดีในด้านต่อไปนี้ (ทำเครื่องหมาย ☒ เลือกได้มากกว่า ๑ ข้อ)

- ☐ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ ☐ การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ
☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย ☒ การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์
☐ การใช้ประโยชน์ทางอื่น

(โปรดระบุรายละเอียด).....

ข้าพเจ้าขอลงนาม ในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยความจริงทุกประการ ทั้งนี้เพื่อเป็นหลักฐานการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ ของ นายวิชญ์ ศิริเจริญสุข นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ลงลายมือชื่อ ชานนท์ อดัมภัก
 (นาย ชานนท์ อดัมภัก)
 ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ
 วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2567

ภาคผนวก ณ

โครงการเปิดบ้านสานฝัน ปีที่ 8

[illegible]

ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ – นามสกุล	วริษฐ์ ศิริเจริญสุข
วัน เดือน ปี เกิด	5 กรกฎาคม 2527
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม พ.ศ. 2550 หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต วารสารศาสตร์สื่อประสม คณะเทคโนโลยีการสื่อสารมวลชนรามคำแหง
ประสบการณ์ทำงาน	พ.ศ. 2555 บริษัท เบตเตอร์ คูล จำกัด ตำแหน่ง : ผู้แทนขายฝ่ายขายงานโครงการ
ที่อยู่ปัจจุบัน	90/22 ม.โกลเด้นเพลส ซอยวัชรพล 1/4 ถนนวัชรพล แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพฯ

ผลงานทางวิชาการ

- [1] วริษฐ์ ศิริเจริญสุข, ประสงค์ ปราณีตพลกรัง และสุรศักดิ์ มั่งสิงห์, “ตัวแบบทำนายอาการเสียของเครื่องปรับอากาศชนิดรวมศูนย์แบบปรับน้ำยาแปรผันโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง,” วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม, 2567.
- [2] Warit Siricharoensuk, Prasong Praneetpolgrang and Surasak Mungsing, “The Development of a System to Analyze, Inspect and Predict in Advance the Failure of Centralized Variable Refrigerant Flow Air Conditioners Using Machine Learning,” *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT)*, Volume 13, Issue 06, 2024.