

ระบบแจ้งเตือนแสดงผลสภาพอากาศ สำหรับการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ โดยใช้ IoT Weather Alert System for Air Cadet Training Using IoT

เฉลิมขวัญ ศิริพันธุ์^{1*}, สิริวิชญ์ ตันตรา² และ ภูมิพัฒน์ จบกมลศึก³

¹กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{2, 3}กองการฝึกบิน โรงเรียนการบิน

Chalermkwan Siripanth^{1*}, Sirawich Tantra² and Poomipat Jobkonsuek³

¹Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

^{2, 3}Flight Training Division, Flight Training School

chalermkwan_s@rtaf.mi.th

Received 17 December 2024

Revised 03 March 2025

Accepted 11 March 2025

บทคัดย่อ

จากการสำรวจในช่วงปีการศึกษา 2561 – 2564 พบว่า มีนักเรียนนายเรืออากาศได้รับการบาดเจ็บจากสภาพอากาศร้อนชนิดรุนแรงรวมทั้งสิ้น 13 นาย ทำให้ผู้ควบคุมการฝึกหลักสูตร Commander Ready ประจำปีการศึกษา 2565 ได้ให้ความสำคัญกับการบาดเจ็บจากความร้อนของนักเรียนนายเรืออากาศโดยให้นโยบายว่า “ต้องไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บจากสภาพอากาศร้อนระหว่างการฝึกปรับสภาพนักเรียนเตรียมทหารให้เป็นนักเรียนนายเรืออากาศ” เพื่อที่จะแก้ปัญหาการบาดเจ็บจากความร้อนระหว่างการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ คณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่าควรพัฒนาอุปกรณ์ วัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ดัชนีความร้อน และความเข้มข้นของฝุ่น ที่สามารถแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ต พร้อมสามารถให้คำแนะนำแจ้งเตือนแก่ผู้รับผิดชอบการฝึก โดยใช้เกณฑ์จาก US. Army Public Health Command (USAPHC) และ สมาคมพิษวิทยาแห่งประเทศไทย การพัฒนาอุปกรณ์สนับสนุนการฝึกโดยใช้ตัวควบคุมชนิด ESP32 ตัวรับรู้วัดอุณหภูมิความชื้นชนิด DHT22 ตัวรับรู้วัดความเข้มข้นฝุ่นชนิด PMS5003 ระบบการแสดงผลแบบออนไลน์ โดยไม่ใช้แม่ข่าย และ การแจ้งเตือนผ่านระบบ Line Notify โดยผลการทดลองใช้จากผู้รับผิดชอบการฝึกและครูฝึก จำนวน 22 นาย ทดสอบใช้งานอุปกรณ์สนับสนุนการฝึกต้นแบบได้รับความพึงพอใจอยู่ที่ร้อยละ 86

คำสำคัญ: ระบบแจ้งเตือนแสดงผลสภาพอากาศ, การบาดเจ็บจากความร้อน, ฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ, อุปกรณ์สนับสนุนการฝึก, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

A survey conducted during the academic years 2018–2021 found that 13 cadets from the Royal Thai Air Force Academy suffered from severe heat-related illnesses. As a result, the supervisor of the Commander Ready course for the academic year 2022 prioritized addressing heat-related injuries among cadets, implementing a policy that stated: *“There must be no heat-related injuries during the training of pre-cadet students transitioning into air cadets.”* To address this issue, the research team recognized the need to develop a device capable of measuring temperature, relative humidity, heat index, and dust concentration. The device should display real-time data via the internet and provide alerts and recommendations to those responsible for training, based on criteria from the U.S. Army Public Health Command (USAPHC) and the Thai Society of Toxicology. The proposed support device was developed using an ESP32 controller, a DHT22 sensor for temperature and humidity, a PMS5003 sensor for dust concentration, an online display system that operates without a central server, and a notification system through Line Notify. Testing by 22 training supervisors and instructors showed a satisfaction rate of 86% for the prototype device.

Keywords: Weather Alert System, Heat-Related Illnesses, Air Cadet Training, Training Support Device, IoT

1. บทนำ

จากวิสัยทัศน์ของกองทัพอากาศ ที่มุ่งสู่การเป็น “กองทัพอากาศชั้นนำในภูมิภาค” ตลอดจนยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ซึ่งในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 ได้ให้ความสำคัญกับการ เสริมสร้างสมรรถนะและความพร้อมในการป้องกันประเทศ และ กลยุทธ์ที่ 2.13 ที่มุ่งเน้นการ พัฒนาสมรรถนะและคุณภาพชีวิตของกำลังพล [1, 2] นอกจากนี้ โรงพยาบาลโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช มีภารกิจหลักในการให้บริการรักษาพยาบาล ควบคู่ไปกับการให้ความรู้และคำแนะนำในการป้องกันโรคและอาการบาดเจ็บทุกประเภท รวมถึงการเฝ้าระวังอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการฝึกของนักเรียนนายเรืออากาศ ไม่ว่าจะเป็นการบาดเจ็บจากอุปกรณ์ฝึก การบาดเจ็บจากสถานที่ฝึก และการบาดเจ็บจากสภาพอากาศร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะและความปลอดภัยของผู้เข้ารับการฝึก

ตามนโยบายของโรงพยาบาลโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชที่กำหนดไว้สำหรับ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 4 รุ่นที่ 67 ในหลักสูตร Commander Ready ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า ต้องไม่มีนักเรียนนายเรืออากาศได้รับบาดเจ็บจากสภาพอากาศร้อนระหว่างการฝึกปรับสภาพจากนักเรียนเตรียมทหารสู่การเป็นนักเรียนนายเรืออากาศ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยและสวัสดิภาพของผู้เข้ารับการฝึก นอกเหนือจากนี้สถานการณ์ฝุ่น PM2.5 ในปัจจุบันที่เพิ่มมากขึ้น ก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ เช่นเดียวกับความร้อน ดังนั้น การใช้เครื่องวัดที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่น PM2.5 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำหนดเวลาการฝึกของนักเรียนนายเรืออากาศให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ลดความเสี่ยงจากสภาวะอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสมรรถภาพของผู้ฝึก

คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบและพัฒนาระบบ รวมถึงทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ด้วยการนำอุปกรณ์ไปทดสอบการใช้งานจริง และให้ผู้เกี่ยวข้องกับการฝึกของนักเรียนนายเรืออากาศทดสอบความถูกต้องในการทำงาน รวมทั้งรับฟังความคิดเห็นเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ให้มีความเหมาะสม ตรงกับความต้องการต่อไป

การพัฒนาระบบที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่น PM2.5 ไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการฝึกของนักเรียนนายเรืออากาศ แต่ยังสอดคล้องกับเป้าหมายของกองทัพอากาศในการยกระดับคุณภาพชีวิตของกำลังพลและเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันประเทศ โดยระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการกำหนดเวลาฝึก การปรับแผนการฝึกให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ตลอดจนช่วยเฝ้าระวังสุขภาพของผู้ฝึกในสภาวะที่มีความร้อนและฝุ่นละอองสูง นอกจากนี้ การพัฒนาระบบยังเป็นตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานวิจัยและเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาในบริบทเฉพาะของกองทัพ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีและความต้องการทางยุทธศาสตร์ ทั้งนี้ ความสำเร็จของระบบจะขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้งานจริง การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และการประเมินผลจากผู้ใช้งานในบริบทที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบสำหรับวัดอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่น เพื่อใช้ในการสนับสนุนการฝึกของกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์ รวมถึงการฝึกของหน่วยเฉพาะกิจ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยติดตามและประเมินสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการฝึก

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ลมร้อน

ลมร้อน (Heat Exhaustion) เป็นภาวะที่เกิดจากการสัมผัสอากาศร้อนอบอ้าวเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้น กลไกของร่างกายจะปรับโดยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังผิวหนังเพื่อระบายความร้อนผ่านการขับเหงื่อ อย่างไรก็ตาม หากหัวใจไม่สามารถสูบฉีดเลือดได้เพียงพอเพื่อรองรับทั้งความต้องการของระบบไหลเวียนโลหิตที่ไปยังผิวหนัง กล้ามเนื้อ และสมอง อาจส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงสมองไม่เพียงพอ หากอยู่ในภาวะนี้เป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดอาการหน้ามืด หมดสติ หรือเป็นลมเนื่องจากสมองขาดออกซิเจน

บุคคลที่มีความเสี่ยงสูงต่อภาวะลมร้อน ได้แก่ ผู้ที่มีอาการเหนื่อยง่าย ผู้ที่ดื่มสุราเรื้อรัง ผู้ที่มีโรคเกี่ยวกับความดันโลหิต ผู้ที่มีน้ำหนักเกินเกณฑ์ รวมถึงบุคคลที่ไม่คุ้นชินกับการออกกำลังกายหรือทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อนและความชื้นสูง นอกจากนี้ การสูญเสียน้ำและเกลือแร่ผ่านทางเหงื่อในปริมาณมากโดยไม่ได้รับสารน้ำทดแทนอย่างเพียงพอ อาจนำไปสู่ภาวะขาดน้ำ (Dehydration) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากภาวะลมร้อนแล้ว สภาวะอากาศที่ร้อนจัดยังสามารถก่อให้เกิดอาการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลมแดด (Heat Stroke), ตะคริวจากความร้อน (Heat Cramps), ผดร้อน (Heat Rash) และผิวหนังไหม้แดด (Sunburn) ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสมรรถภาพของบุคคลที่ต้องทำงานหรือฝึกซ้อมในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูง

3.2 ดัชนีความร้อน

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา มีรายงานการเจ็บป่วยของทหารที่เข้ารับการฝึกเบื้องต้นจากทั่วประเทศไม่ต่ำกว่า 15 รายต่อปี และส่วนใหญ่พบในทหารที่เข้ารับการฝึกในผลัดที่ 1 ซึ่งเป็นการฝึกที่เริ่มตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคมของทุกปี และมักเป็นกับทหารที่อยู่หน่วยงานในภาคกลาง ทั้งนี้ กรมอุตุนิยมวิทยาได้ระบุถึงเกณฑ์การวัดอากาศร้อนไว้

ที่ 35.0-39.9 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิขึ้นสูงตั้งแต่ 40 องศาเซลเซียสขึ้นไป จัดว่าเป็นอากาศร้อนจัด ซึ่งบางครั้งตัวเลขบนเทอร์โมมิเตอร์ก็ไม่สามารถบอกความร้อนจริงได้ ต้องดูความชื้นในอากาศควบคู่กันไปด้วย จึงส่งผลให้มีการนิยาม ดัชนีความร้อน (Heat Index)

ดัชนีความร้อน คืออุณหภูมิที่มนุษย์เรารู้สึกได้ว่าขณะนั้นอากาศร้อนเป็นอย่างไรหรืออุณหภูมิที่ปรากฏในขณะนั้นเป็นเช่นไร ค่าดัชนีความร้อนเกิดจากการนำเอาค่าอุณหภูมิของอากาศที่ตรวจวัดได้จริงและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมาทำการวิเคราะห์หาค่าที่เป็นตัวแทนของอุณหภูมิที่รู้สึกได้ ตัวอย่างเช่น เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิได้ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 60% เมื่อเทียบค่าจากตารางดัชนีความร้อนตามตารางที่ 1 จะได้ว่าร่างกายจะรู้สึกเหมือนอยู่ในอุณหภูมิ 56 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในภาวะเสี่ยงสูงที่จะเกิดอาการบาดเจ็บของร่างกายได้ [3]

จากสภาพอากาศปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงและส่งผลให้เกิดสภาวะโรคลมร้อน กรมแพทย์ทหารบกจึงอ้างอิงค่าดัชนีความร้อนจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกำหนดธงสัญญาณสีสำหรับการฝึกปฏิบัติ ตามตารางที่ 2 และ 3 ลงในประกาศคำแนะนำการป้องกัน ฝึกระวัง และการปฐมพยาบาลการเจ็บป่วยจากความร้อนในปี 2563 [4]

ตารางที่ 1 แผนภูมิดัชนีความร้อนตามอ้างอิงจาก National Weather Service (NWS)

ความชื้นสัมพัทธ์(%)	อุณหภูมิ (°C)											
	21	24	27	29	32	35	38	41	43	46	49	
0	18	21	23	26	28	31	33	35	37	39	42	
10	18	21	24	27	29	32	35	38	41	44	47	
20	19	22	25	28	31	34	37	41	44	49	54	
30	19	23	26	29	32	36	40	45	51	57	64	
40	20	23	26	30	34	38	43	51	58	66		
50	21	24	27	31	36	42	49	57	65			
60	21	24	28	32	38	46	56	65				
70	21	25	29	34	41	51	62					
80	22	26	30	36	45	58						
90	22	26	31	39	50							
100	22	27	33	42								



ภาวะเสี่ยงสูง

กิจกรรมระยะยาวสามารถนำไปสู่โรคลมร้อน

กิจกรรมระยะยาวอาจเกิดความเหนื่อยล้า

ตารางที่ 2 การจัดตั้งสัญญาณ สำหรับการฝึกทหารใหม่

สัญญาณธง	ดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)	ปริมาณน้ำดื่ม (ลิตร/ชั่วโมง)	เวลาฝึกใน 1 ชั่วโมง (นาที)
ธงขาว	น้อยกว่า 27	อย่างน้อย ½ ลิตร	50
ธงเขียว	27 – 32	อย่างน้อย ½ ลิตร	50
ธงเหลือง	33 – 39	อย่างน้อย 1 ลิตร	45
ธงแดง	40 – 51	อย่างน้อย 1 ลิตร	30
ธงดำ	มากกว่า 51	อย่างน้อย 1 ลิตร	20

ตารางที่ 3 ดัชนีความร้อนตามกรมอุตุนิยมวิทยา พร้อมสีธงสัญญาณการฝึก

ปรอทแห้ง	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
ความชื้นสัมพัทธ์	40-44	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57	60
	45-49	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64
	50-54	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62	65	69
	55-59	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62	66	70	75
	60-64	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63	67	71	76	81
	65-69	29	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63	67	72	77	82	87
	70-74	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63	67	72	77	82	88	94
	75-79	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62	67	72	77	83	88	94	101
	80-84	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61	66	71	77	83	89	95	101	108
	85-89	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65	70	76	82	88	95	102	109	116
	90-94	31	34	37	41	45	49	54	58	64	69	75	81	88	95	102	109	117	125
	95-99	31	35	38	42	47	51	57	62	68	74	80	87	94	101	109	117	125	134
	100	32	36	40	44	49	54	60	66	72	78	85	92	100	108	116	125	134	143

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าการนำเทคโนโลยี IoT มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนภาวะลมร้อนสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากสภาพอากาศร้อนระหว่างการฝึกได้ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวพิจารณาทั้งปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิและความชื้น รวมถึงปัจจัยภายใน เช่น ดัชนีมวลกาย การใช้สารเสพติด และภาวะเจ็บป่วยเรื้อรังของผู้ฝึก [5-7] อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์รุ่นก่อนหน้ามีข้อจำกัดในหลายด้าน ได้แก่ ข้อจำกัดด้านพลังงานที่ใช้งานได้จำกัด ความไม่สะดวกในการขนย้าย และต้นทุนที่สูง คณะผู้วิจัยจึงเห็นถึงโอกาสในการพัฒนาและปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อบริบทการฝึกที่ต้องการความคล่องตัว ความแม่นยำในการแจ้งเตือน และการใช้งานที่สะดวกยิ่งขึ้น

4.2 ศึกษาและออกแบบฮาร์ดแวร์

คณะผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นแพลตฟอร์มหลักในการพัฒนา โดยทำงานร่วมกับ AM2302 (DHT22) ซึ่งเป็นตัวรับรู้วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ [8] ที่มีความสามารถในการทนต่อสภาวะอากาศร้อนและชื้นได้ดี นอกจากนี้ ยังใช้ PMS5003 ซึ่งเป็นตัวรับรู้ตรวจจับอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก [9] ที่สามารถวัดค่าฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศได้ในช่วง PM1.0 ถึง PM10

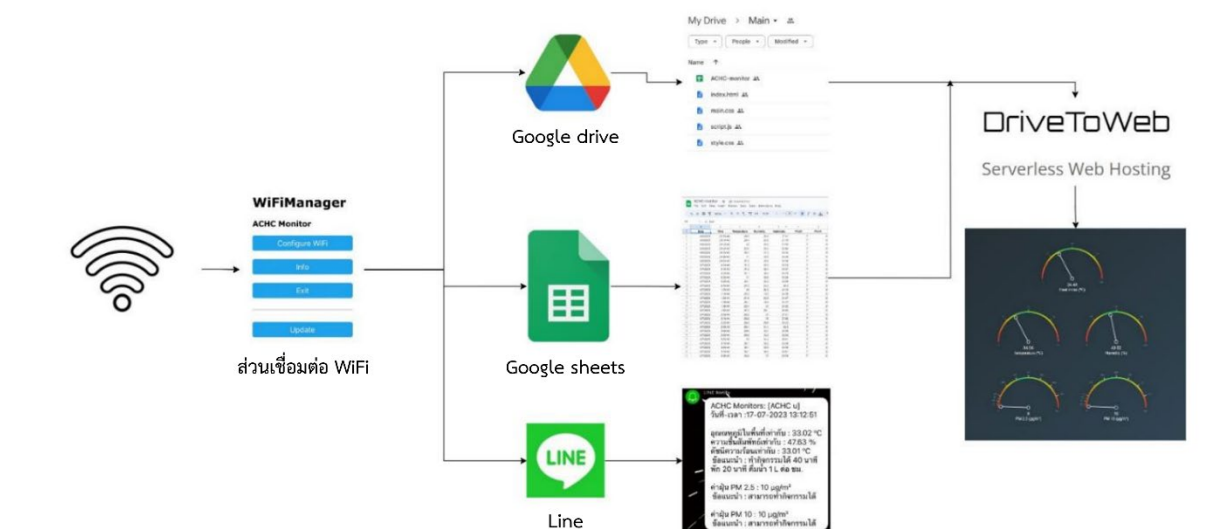
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผล คณะผู้วิจัยได้นำ LED WS2812 ซึ่งเป็นโมดูล LED ที่สามารถแสดงสีด้วยความละเอียด 24 บิต มาใช้ร่วมกับระบบ นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถพกพาและใช้งานได้สะดวก จึงออกแบบให้ระบบใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 18650 จำนวน 2 ก้อน รายละเอียดของผังวงจรและอุปกรณ์ต้นแบบแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 (ซ้าย) ผังวงจร (กลาง) อุปกรณ์ต้นแบบ (ขวา) วงจรภายใน

4.3 พัฒนาโปรแกรม

จากรูปที่ 2 กรอบการทำงานของระบบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนการรับค่าจากตัวรับรู้และเชื่อมต่อฐานข้อมูล และส่วนการแสดงผล [10, 11] โดยคณะผู้วิจัยเลือกใช้ Google Sheets [12] เป็นฐานข้อมูลหลักในการจัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศ และใช้ Line Notify [13] สำหรับการแจ้งเตือนข้อมูลสำคัญแก่ผู้ใช้งาน นอกจากนี้ระบบยังใช้ DriveToWeb เป็นแพลตฟอร์มแสดงผลผ่านเว็บโดยไม่ต้องใช้แม่ข่าย กระบวนการทำงานของระบบเริ่มต้นจากการเชื่อมต่อ WiFi ผ่าน WiFi Manager หลังจากที่ตัวรับรู้ (เซนเซอร์) ทำการอ่านค่าภาวะอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่นละออง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จะทำการส่งข้อมูลไปยัง Google Sheets เพื่อจัดเก็บ จากนั้นระบบจะแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่จัดเก็บไว้จะถูกนำไปใช้แสดงผลผ่าน DriveToWeb ในรูปแบบแดชบอร์ดออนไลน์ เพื่อให้สามารถติดตามและประเมินสถานการณ์ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 กรอบการทำงานระบบ (System Framework)

4.3.1 การโปรแกรมบน ESP32

คณะผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C ผ่าน Arduino IDE ซึ่งประกอบด้วยสองฟังก์ชันหลัก ได้แก่ setup() สำหรับกำหนดค่าตั้งต้น เช่น การเชื่อมต่อ WiFi การตั้งค่าเวลา และการเปิดใช้งานตัวรับรู้ และ loop() สำหรับการทำงานหลักที่ซ้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น การรับค่าจากตัวรับรู้ การหน่วงเวลา การคำนวณค่าเฉลี่ย การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล Google Sheets และการส่งแจ้งเตือนผ่าน Line

4.3.2 การเชื่อมต่อ Google Sheets และ Line

คณะผู้วิจัยใช้ความสามารถของ ภาษา C ในการส่งข้อมูลผ่าน URL ร่วมกับการจัดการ Google Sheets ด้วย Google Script และใช้มอดูล WiFiClientSecure สำหรับการเชื่อมต่อกับ Line Notify โดยกระบวนการดังกล่าวถูกดำเนินการในฟังก์ชัน loop() ซึ่งทำงานซ้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งข้อมูลและแจ้งเตือนตามที่กำหนด ดังแสดงรหัสเทียมในรูปที่ 3

```

DECLARE GOOGLE_SCRIPT_ID, root_ca, LINE_TOKEN as constants

FUNCTION loop():

    SET datasend TO formatted string containing: Temperature, Humidity, Air quality

    CALL sendData(datasend)

    SET message TO formatted string containing: Current time, Temperature, Humidity

    CALL Line_Notify(message)

FUNCTION sendData(params):

    INITIALIZE HTTPClient FROM GOOGLE_SCRIPT_ID and params

    EXECUTE HTTP GET request

FUNCTION Line_Notify(message):

    INITIALIZE WiFiClientSecure named client

    CONNECT to notify-api.line.me on port 443

    SET message TO HTTP request formatted string using LINE_TOKEN:

    CREATE HTTP request with message

```

รูปที่ 3 โค้ดส่วนหลักในการเชื่อมต่อ Google Sheets และ Line

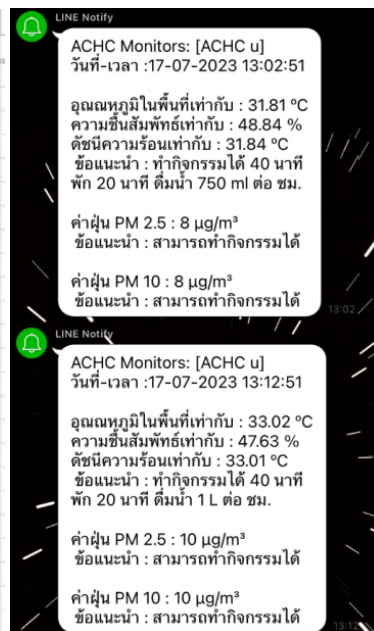
4.3.3 การอ่านค่าจากตัวรับรู้และส่งข้อมูลลงจัดเก็บในฐานข้อมูล

ตัวรับรู้ AM2302 (DHT22) ไม่มีค่ากำหนดเริ่มต้นสำหรับความถี่ในการอ่านข้อมูล ในขณะที่ตัวรับรู้ PMS5003 มีความถี่เริ่มต้นในการอ่านข้อมูลที่ทุก ๆ 1 วินาที อย่างไรก็ตาม จากการทดลองส่งข้อมูลจากตัวรับรู้ทั้งสองผ่านเครือข่าย WiFi ไปยังฐานข้อมูล Google Sheets พบว่าการตั้งค่าการอ่านและส่งข้อมูลในทุก ๆ 1 วินาทีส่งผลให้เกิดปัญหาหลายประการ ได้แก่ ความไม่คงที่ของค่าที่อ่านได้ ความไม่สอดคล้องกันของจังหวะการอ่านค่าระหว่างตัวรับรู้ และความล่าช้าจากกระบวนการเขียนข้อมูลลงใน Google Sheets

เมื่อพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงกระบวนการอ่านและแจ้งเตือนข้อมูล โดยคำนึงถึง รูปแบบการแจ้งเตือนของระบบแจ้งเตือนในโรงพยาบาลค่ายวชิรปราการ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลในสังกัดกองทัพภาคที่มีบทบาทสำคัญในการให้บริการทางการแพทย์และสนับสนุนภารกิจทางทหาร โดยโรงพยาบาลดังกล่าวได้พัฒนา เครื่องแจ้งเตือนดัชนีความร้อนต้นแบบ ซึ่งกำหนดให้มีการแจ้งเตือนทุก ๆ 1 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงดัชนีความร้อนตามกรมอุตุนิยมวิทยาและสัณฐานการณ์การฝึก พบว่า ระยะห่างของการแจ้งเตือนทุก 1 ชั่วโมงอาจไม่ทันทั่วถึงที่ต่ออาการบาดเจ็บจากสภาพอากาศร้อน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานตอบสนองต่อสภาพ

อากาศแบบเรียลไทม์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการแจ้งเตือน คณะผู้วิจัยจึงปรับจังหวะการอ่านข้อมูลของตัวรับรู้เป็นทุก ๆ 1 นาที และนำข้อมูลที่ได้ในช่วงเวลา 10 นาที มาคำนวณค่าเฉลี่ยก่อนนำไปแสดงผลและแจ้งเตือนผ่าน Line Notify การปรับปรุงดังกล่าวช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดความแปรปรวนของข้อมูล และสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ควบคุมการฟักให้สามารถดำเนินการได้อย่างเหมาะสมและทันเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4

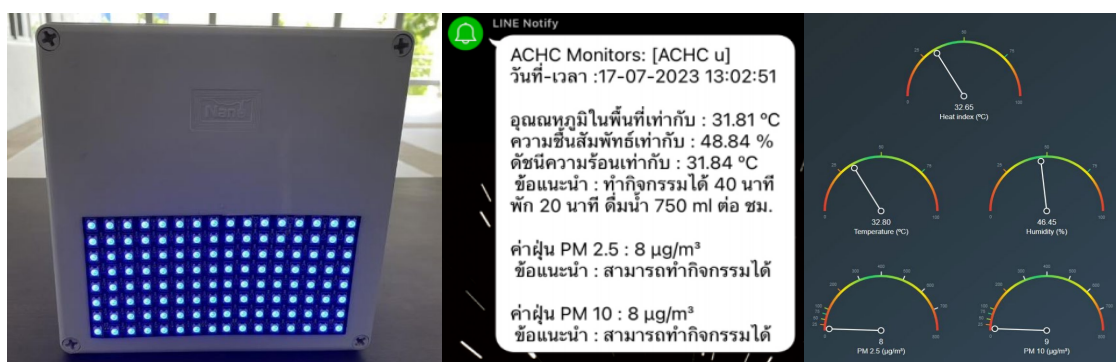
	A	B	C	D	E	F	G
1	Date	Time	Temperature	Humidity	Heatindex	Pm25	Pm10
628	6/25/2023	21:17:11	26.7	35.3	26.45	8	9
629	6/25/2023	21:25:22	27.7	41.4	27.5	10	10
630	6/25/2023	21:26:03	27.8	42.7	27.67	7	9
631	6/25/2023	21:35:56	31.45	45.11	31.12	9	11
632	6/25/2023	21:45:53	32.75	40.58	31.98	13	15
633	6/25/2023	21:55:53	33.26	38.95	32.34	14	16
634	6/25/2023	22:05:53	33.42	38.91	32.5	13	14
635	6/25/2023	22:15:53	33.89	39.98	33.03	11	13
636	6/25/2023	22:25:53	33.42	40.79	32.7	10	11
637	7/17/2023	9:06:01	25.9	36.1	25.49	1	1
638	7/17/2023	9:06:33	26.1	35.1	25.68	1	2
639	7/17/2023	9:16:34	27.7	33	27.02	2	2
640	7/17/2023	9:17:47	27.8	32	27.04	2	2
641	7/17/2023	9:27:19	30.92	33.66	29.93	1	1
642	7/17/2023	9:28:24	27.8	33	27.09	2	2
643	7/17/2023	12:42:48	28	29	27.05	12	12
644	7/17/2023	12:46:22	28.1	30.7	27.2	11	11
645	7/17/2023	12:49:31	27.8	30	26.95	8	8
646	7/17/2023	12:51:36	27.2	44.6	27.27	9	10
647	7/17/2023	12:52:56	28	46	28.11	6	7
648	7/17/2023	13:02:51	31.81	48.84	31.84	8	8
649	7/17/2023	13:12:51	33.02	47.63	33.01	10	10
650	7/17/2023	13:22:50	33.21	47.35	33.19	11	11
651	7/17/2023	13:32:50	33.23	46.83	33.15	11	12



รูปที่ 4 ข้อมูลที่เก็บใน Google Sheets และการแสดงผลผ่าน Line Notify

4.4 พัฒนาระบบแสดงผลและแจ้งเตือนสภาพอากาศ

คณะผู้วิจัยมองเห็นปัญหาของการแสดงผลเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง จึงออกแบบการแสดงผลออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงผลผ่านสัญญาณไฟ LED สำหรับบุคคลที่อยู่ในบริเวณการฟัก การแจ้งเตือนผ่าน Line Notify สำหรับครูฟัก และการแสดงผลผ่าน Dashboard หรือเว็บไซต์สำหรับผู้บังคับบัญชาหรือผู้สนใจทั่วไป ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 การแสดงผลในรูปแบบต่างๆ

4.5 ทดสอบประสิทธิภาพ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ระหว่างการฝึกภาคสนาม ณ โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิริราช โดยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกของนักเรียนนายเรืออากาศทำการประเมินการทำงานของเครื่องวัด พร้อมทั้งรวบรวมความคิดเห็นเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ให้เหมาะสมและตรงกับความต้องการของ โรงพยาบาลโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชดิริราช

ในการประเมินความพึงพอใจ คณะผู้วิจัยใช้แบบสอบถามที่อ้างอิงมาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ผลการประเมินจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการปรับปรุงระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ให้ตอบสนองต่อข้อกำหนดและความต้องการของผู้ใช้งานในบริบทของการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศได้อย่างเหมาะสม

5. ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาระบบตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อสนับสนุนภารกิจฝึกของกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์และหน่วยเฉพาะกิจ โดยเน้นการติดตามและประเมินสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการฝึก การประเมินผลสำเร็จของงานวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลักได้แก่

5.1 ความสำเร็จในการพัฒนาอุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นบอร์ดที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi ในมาตรฐาน 802.11 b/g/n คณะผู้วิจัยใช้การปล่อยสัญญาณเครือข่ายจากโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้ในการส่งค่าที่อ่านได้จากตัวรับรู้ไปยังฐานข้อมูล Google sheet ผลการส่งข้อมูลเป็นไปอย่างราบรื่นตามมาตรฐาน WiFi ดังกล่าว แต่เนื่องจากตัวรับรู้มีการวัดและส่งข้อมูลตลอดเวลา ทำให้ค่าที่ได้มีความแปรปรวน ส่งผลต่อการแปรความหมาย คณะผู้วิจัยจึงใช้การเฉลี่ยค่าในช่วงเวลา 10 นาที ก่อนนำมาแสดงผล

5.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

จากการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์และตอบข้อคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ ในส่วนของกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์ จำนวน 22 คน ซึ่งประกอบด้วย นายทหารผู้ควบคุมภาพรวมการฝึก (รองผู้บังคับการกรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์) นายทหารควบคุมการฝึกในส่วนของการกำลังพล (ผู้บังคับบัญชากองร้อย 2 กองพันที่ 5 กรมนักเรียนนายเรืออากาศรักษาพระองค์) และครูฝึกกำลังพล (นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 4) จำนวน 20 คน จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจรวมอยู่ที่ 4.3 คิดเป็นร้อยละ 86 ซึ่งเมื่อแปลความหมายตามเกณฑ์มาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) สามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	ความเหมาะสมในการออกแบบ	4.32	0.65
2	ความเหมาะสมในการจัดวางส่วนประกอบต่างๆ	4.18	0.85
3	ความเหมาะสมของการใช้งาน	4.23	0.69
4	ขั้นตอนในการใช้งานมีความง่ายเหมาะสมต่อการฝึก	4.23	0.75
5	สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์	4.36	0.66
6	ช่วงเวลาการวัดค่าเหมาะสมกับการป้องกันโรคลมร้อน	4.27	0.70
7	สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน	4.45	0.67
8	รองรับการเปลี่ยนแปลงผู้ใช้งาน	4.23	0.75
9	ช่วยลดปัญหาการบาดเจ็บที่เกิดจากความร้อน	4.45	0.67
10	ผู้เข้ารับการฝึกมีขวัญกำลังใจมากขึ้น	4.23	0.75
รวม		4.30	0.71

5.3 อภิปรายผล

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการใช้ Internet of Things (IoT) ในการติดตามสภาพอากาศและแจ้งเตือนภาวะลมร้อน โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ตัวรับรู้ร่วมกับแพลตฟอร์มคลาวด์ในการบันทึกข้อมูลและแจ้งเตือน แต่มีข้อจำกัดด้าน พลังงาน การขนย้าย และต้นทุน คณะผู้วิจัยได้นำปัจจัยเหล่านี้มาปรับปรุงให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้สะดวกขึ้น ลดภาระในการติดตั้ง และรองรับการทำงานแบบเรียลไทม์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น

แม้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะสามารถวัดและแจ้งเตือนสภาพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความเสถียร ความแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งาน ได้แก่ ความเสถียรของเครือข่าย WiFi พลังงานของอุปกรณ์ และการตั้งค่าช่วงเวลาการอ่าน

6. สรุป

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์ ศึกษา ออกแบบและทดสอบอุปกรณ์ที่สร้างด้วยตัวรับรู้ แผงวงจร ในการส่งข้อมูลอุณหภูมิและค่าฝุ่น PM2.5 คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนในการทำงานอย่างละเอียด และแก้ปัญหาต่างๆ ที่พบระหว่างการดำเนินการวิจัย เมื่อทุกขั้นตอนเสร็จสิ้น คณะผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลและอธิบายการทำงานจริงของอุปกรณ์นี้ได้ข้อสรุปว่าอุปกรณ์สามารถส่งและวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิและค่าฝุ่น PM2.5 ได้ในระดับที่ดีมาก สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลเมื่อเทียบกับการดูค่าจากปรอทและสัญญาณธงแบบเดิมได้ ผู้ควบคุมการฝึกเข้าใจได้ง่ายและไม่เกิดปัญหาขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนผู้ควบคุมการฝึก มีรูปแบบการแสดงผลที่สวยงาม รวมทั้งยังมีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นมาจากเดิมคือสามารถส่งข้อมูลลงไลน์กลุ่ม ซึ่งตอบโจทย์กับการตอบสนองความต้องการของผู้บังคับบัญชาในการทราบแนวทางการฝึกอีกด้วย

7. ข้อเสนอแนะ

ระบบแจ้งเตือนแสดงผลสภาพอากาศ สำหรับการฝึกนักเรียนนายเรืออากาศ โดยใช้ระบบ IoT นี้เป็นระบบต้นแบบเพื่อให้เกิดการนำความรู้การเขียนโปรแกรม ร่วมกับการจัดการฮาร์ดแวร์ นำไปสู่การพัฒนาต่อยอดด้าน IoT คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะและแนวทางสำหรับการพัฒนาต่อยอดดังนี้

7.1 ควรปรับปรุงขั้นตอนการตั้งค่าเชื่อมต่อ Access Point ให้สะดวกและง่ายขึ้น พร้อมทดสอบระยะทางเชื่อมต่อสูงสุดตามขีดจำกัดของบอร์ด ESP32 (50-200 เมตร) รวมทั้งประเมินความถูกต้องของตัวรับรู้ด้วยการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากตัวรับรู้ชนิดเดียวกันในหลายตำแหน่ง และดำเนินการสอบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน โดยแสดงผลในรูปแบบตารางเพื่อแสดงค่าความแม่นยำและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานให้ชัดเจน

7.2 ควรออกแบบการทดลองเพิ่มเติมเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอ่านค่าและแจ้งเตือน และการคำนวณค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงในระยะยาว พร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลสถิติจำนวนผู้บาดเจ็บก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบในการลดอัตราการบาดเจ็บ โดยพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพแวดล้อม ลักษณะการฝึก และมาตรการเสริมอื่น ๆ

7.3 เนื่องจากบอร์ด ESP32 รองรับตัวรับรู้ได้หลากหลายประเภท จึงสามารถต่อยอดเป็นระบบ IoT ในรูปแบบอื่นได้ โดยควรมีการประเมินจากกลุ่มผู้ใช้งานจริง และผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายสาขา เช่น ด้านเทคโนโลยี IoT และระบบแจ้งเตือน เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะที่รอบด้าน นำไปสู่การพัฒนาต่อยอดระบบให้มีมาตรฐานและคุณภาพสูงขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทัพอากาศ, “หลักนิยมกองทัพอากาศ พ.ศ.2562,” [ออนไลน์]. Available: http://www.rtaf.mi.th/th/Documents/Publication/RTAF_Doctrine_2020.pdf. (เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2567).
- [2] กองทัพอากาศ, “ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2563),” [ออนไลน์]. Available: http://www.rtaf.mi.th/th/Documents/Publication/RTAF_Strategy_Final_04122563.pdf. (เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2567).
- [3] R.G. Steadman, “The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science,” *J. Appl. Meteorol*, vol. 18, pp. 861–873, 1979.
- [4] กองทัพบก, “ประกาศกรมแพทย์ทหารบก เรื่อง คำแนะนำการป้องกัน การแผ่รังสี และการปฐมพยาบาลการเจ็บป่วยจากความร้อน,” [ออนไลน์]. Available: <https://amed.rta.mi.th/main/download/upload/upload-20210427161318.pdf>. (เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2567).
- [5] ปณิดดา หัตถโชติ, “การจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมแอปพลิเคชัน RTA Heat Stroke เพื่อการป้องกันการบาดเจ็บจากความร้อนในห้วงการฝึกทหารใหม่,” รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย, ภาควิชาสรีรวิทยา กองการศึกษา, วิทยาลัยแพทย์พระมงกุฎเกล้า, 2560.
- [6] โรงพยาบาลค่ายวชิรปราการ, 2565. “เครื่องแจ้งเตือนดัชนีความร้อน,” [ออนไลน์]. Available: <http://app.amedstgy.com/>. (เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2567).
- [7] T. W. Son, D. A. Ramli, and A. A. Aziz, “Wearable heat stroke detection system in IoT-based environment,” *Procedia Computer Science*, vol. 192, pp. 3686–3695, 2021.

- [8] CyberTic, "บทความสอนใช้งาน Arduino DHT22," *CyberTic*, 2021. [Online]. Available: [https://www.cybertice.com/article/430/สอนใช้งาน-arduino-dht22-module-โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น. \(เข้าถึงเมื่อ: 25 มกราคม 2567\).](https://www.cybertice.com/article/430/สอนใช้งาน-arduino-dht22-module-โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น. (เข้าถึงเมื่อ: 25 มกราคม 2567).)
- [9] CyberTic, "การใช้งาน Laser Dust Sensor PMS5003," *CyberTic*, 2021. [Online]. Available: [https://www.cybertice.com/article/375/เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง-วัดคุณภาพอากาศ-laser-dust-sensor-pms5003-g5. \(เข้าถึงเมื่อ: 25 มกราคม 2567\).](https://www.cybertice.com/article/375/เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นละออง-วัดคุณภาพอากาศ-laser-dust-sensor-pms5003-g5. (เข้าถึงเมื่อ: 25 มกราคม 2567).)
- [10] CyberTic, "บทความสอนการใช้งาน NodeMCU ESP32 ส่งข้อความ สติกเกอร์, รูปภาพ, แจ้งเตือนผ่านระบบ LINE Notify Tokens (2022)," *CyberTic*, 2022. [Online]. Available: [https://www.cybertice.com/article/638/สอนใช้งาน-nodemcu-esp32-ส่งข้อความ-สติกเกอร์-รูปภาพ-แจ้งเตือนผ่าน-line-notify-2022. \(เข้าถึงเมื่อ: 27 มกราคม 2567\).](https://www.cybertice.com/article/638/สอนใช้งาน-nodemcu-esp32-ส่งข้อความ-สติกเกอร์-รูปภาพ-แจ้งเตือนผ่าน-line-notify-2022. (เข้าถึงเมื่อ: 27 มกราคม 2567).)
- [11] CyberTic, "การบันทึกข้อมูล Arduino NodeMCU ESP32 ลง Google Sheet แบบเรียลไทม์," *CyberTic*, 2021. [Online]. Available: [https://www.allnewstep.com/article/365/วิธีเซฟข้อมูล-arduino-nodemcu-ลง-google-sheet-แบบเรียลไทม์-arduino-esp8266-ifttt-google-sheet. \(เข้าถึงเมื่อ: 27 มกราคม 2567\).](https://www.allnewstep.com/article/365/วิธีเซฟข้อมูล-arduino-nodemcu-ลง-google-sheet-แบบเรียลไทม์-arduino-esp8266-ifttt-google-sheet. (เข้าถึงเมื่อ: 27 มกราคม 2567).)
- [12] GoogleWorkspace, "AppScript เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน, GoogleWorkspace" [Online]. Available: [https://workspace.google.com/intl/th/products/apps-script/. \(เข้าถึงเมื่อ: 11 มีนาคม 2567\).](https://workspace.google.com/intl/th/products/apps-script/. (เข้าถึงเมื่อ: 11 มีนาคม 2567).)
- [13] P. Bua-ngam and S. Thanompolkrang, "The Application of Line BOT and Encryption Techniques in Securing Data from Screen Capturing of Online Social Media Conversations," *Journal of Information Science Research and Practice*, vol. 42, No. 4, pp. 102-116, October-December, 2024.