



ระบบแจ้งเตือนฮีทสโตรก

Heatstroke warning system

โดย

นายภัทรกร แก้วชูกุล 6310611030

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบแจ้งเตือนฮีทสโตรก

Heatstroke warning system

โดย

นายภัทรกร แก้วชุกุล 6310611030

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Heatstroke warning system

By

Phattarakorn Kaewchukul

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING / COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2023
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSIT

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบแจ้งเตือนฮีทสโตรก

Heatstroke warning system

ชื่อผู้เขียน

นาย ภัทรกร แก้วชุกุล

ชื่อปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

.....กาญจนา ศีลวราเวช
(อาจารย์ ดร.กาญจนา ศีลวราเวช)

.....พิศาล
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศาล แก้วประภา)

บทคัดย่อ

ฮีทสโตรกเป็นภาวะที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิที่สูงเกินไปจนกระทั่งร่างกายปรับสภาพไม่ทัน เกิดจากการอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนจัดเป็นเวลานานซึ่งอาจทำให้เสียชีวิตได้ ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการแจ้งเตือนการเกิดภาวะฮีทสโตรก โครงการนี้จึงสร้างระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนฮีทสโตรก ที่ประกอบด้วยเว็บไซต์ที่ใช้ Django Framework และอุปกรณ์ IoT โดยที่อุปกรณ์ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น เซอร์วิโดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยรอบ เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และลำโพง Buzzer โดยอุปกรณ์สามารถวัดค่าอุณหภูมิภายในอุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก และแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านลำโพง Buzzer และเว็บไซต์ รวมถึงเก็บข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อได้ จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์สามารถวัดค่าแล้วส่งข้อมูลไปเก็บบนเว็บไซต์ได้ และสามารถส่งเสียงเตือนผ่านลำโพง Buzzer ได้ ในส่วนของเว็บไซต์ก็สามารถแจ้งเตือนได้เมื่อข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์มีค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกสูง

คำสำคัญ: ฮีทสโตรก, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, เซนเซอร์

Abstract

Heatstroke is a condition caused by the body's temperature being too high. It occurs when the body temperature reaches 40 degrees Celsius or more and usually occurs in the summer or in areas with high relative humidity in the air. It is considered one of the most serious medical emergencies. It can cause harm to vital organs such as the brain, heart, lungs, kidneys, and muscles. This is because there is no notification tool which can lead to death.

This project therefore had the idea to create a heatstroke monitoring and warning system that consists of a website using Django framework and IoT device, where the device consists of a microcontroller, infrared temperature sensor, temperature and humidity sensor, Heart Rate Sensor, and Buzzer to keep track of the body temperature Ambient temperature relative humidity and heart rate to use all this information to calculate the risk of heatstroke and notify users then store information in a database on the website so that those who are interested can analyze and use the information.

Keyword: Heatstroke, IoT, Sensor

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2. วัตถุประสงค์	1
1.3. ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5. ตารางดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี งานวิจัย/โครงการ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	5
2.1. อาการของฮีสโตรก	5
2.2. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	5
2.3. เทอโมมิเตอร์วัดไข้	5
2.4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	6
2.5. เทอร์โมมิเตอร์ติดตั้งแบบปรอท.....	6
2.6. ไฮโกรมิเตอร์.....	7
2.7. ESP32.....	7
2.8. Active Buzzer.....	7
2.9. เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ.....	7

2.10. เครื่องวัดความดัน.....	8
2.11. Django framework	8
2.12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีในการดำเนินโครงการ	11
3.1. ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ	11
3.2. การคิดคำนวณความเสี่ยงที่จะเป็นฮิสโตรก	11
3.3. Flowchart ของการแจ้งเตือน.....	14
3.4. Site map ของเว็บไซต์	15
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ	16
4.1. อุปกรณ์ตรวจวัด	16
4.2. เว็บไซต์.....	29
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	35
5.1. สรุปผลโครงการ	35
5.2. ปัญหาและอุปสรรค	35
5.3. การพัฒนาในอนาคต	35

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง

หน้า

รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ของ Design and Development of a Wearable Device for Heat Stroke Detection...	9
รูปที่ 2.2 ผังการทำงานของ Wearable Heat Stroke Detection System in IoT-based Environment...	10
รูปที่ 3.1. แผนผังการทำงานของระบบ	11
รูปที่ 3.2. Flowchart แสดงการแจ้งเตือนของอุปกรณ์	14
รูปที่ 3.3. Site map ของเว็บไซต์	15
รูปที่ 4.1. อุปกรณ์ตรวจวัด	16
รูปที่ 4.2. ตัวอย่าง HTTP respond จากการส่งข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล	16
รูปที่ 4.3. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิก่อนปรับ	20
รูปที่ 4.4. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิหลังปรับ	20
รูปที่ 4.5. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ก่อนปรับค่า	24
รูปที่ 4.6. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์หลังปรับค่า	24
รูปที่ 4.7. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิภายในร่างกาย	26
รูปที่ 4.8. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอัตราการเต้นของหัวใจของเครื่องวัดความดันและเซนเซอร์	27
รูปที่ 4.9. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในร่างกาย	28
รูปที่ 4.10. หน้า Home	29
รูปที่ 4.11. หน้า Login	30
รูปที่ 4.12. หน้า Sign up	30
รูปที่ 4.13. หน้า Latest data	31
รูปที่ 4.14 หน้า Risk Information	32
รูปที่ 4.15. หน้า Display data	33
รูปที่ 4.16. ตัวอย่างการแจ้งเตือนบนเว็บไซต์	34

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 3.1. แสดง input และค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก	12
ตารางที่ 3.2. แสดง Heat index	12
ตารางที่ 3.3. แสดงค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกจาก Heat index	13
ตารางที่ 3.4. แสดงสถานะของค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก	13
ตารางที่ 4.1. แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์.....	17
ตารางที่ 4.2. แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หลังปรับค่า	19
ตารางที่ 4.3. แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากไฮโกรมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์.....	21
ตารางที่ 4.4. แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากไฮโกรมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หลังปรับค่า	23
ตารางที่ 4.5. แสดงค่าอุณหภูมิภายในร่างกายที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์.....	25
ตารางที่ 4.6. แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้จากเครื่องวัดความดันและเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์.....	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

ฮีทสโตรก (Heatstroke) เป็นภาวะที่เกิดจากร่างกายมีอุณหภูมิที่สูงเกินไป เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิร่างกายสูงถึง 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า และมักจะเกิดในช่วงฤดูร้อนหรือบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง นับเป็นหนึ่งในภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ที่ร้ายแรง และอาจทำให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะสำคัญ เช่น สมอง หัวใจ ปอด ไต และกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากประเทศไทยในฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงในหลายภูมิภาค จากข้อมูลการเฝ้าระวังเรื่องการเสียชีวิตจากภาวะอากาศร้อนของกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค ระหว่าง มีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2558 - 2564 มีข้อมูลผู้เสียชีวิตจากภาวะอากาศร้อนจำนวนทั้งสิ้น 234 ราย ที่เกิดจากการอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนจัดเป็นเวลานานจนกระทั่งร่างกายปรับสภาพไม่ทัน การเกิดภาวะฮีทสโตรกบุคคลทั่วไปไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้เลยว่าจะเกิดภาวะฮีทสโตรกเมื่อไหร่ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือในการแจ้งเตือนซึ่งอาจทำให้เสียชีวิตได้

โครงการนี้จึงมีความคิดที่สร้างระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนฮีทสโตรก เพื่อติดตามอุณหภูมิภายใน อุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก และแจ้งเตือนผู้ใช้งานรวมถึงเก็บข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลบนเว็บไซต์เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์

- 1.2.1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับและเฝ้าระวังฮีทสโตรกที่สามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้
- 1.2.2. เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในร่างกาย อุณหภูมิโดยรอบ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการเต้นของหัวใจ และคำนวณค่าความเสี่ยงที่จะเกิดฮีทสโตรก
- 1.2.3. เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับผู้สนใจนำไปวิเคราะห์หรือใช้งานต่อไป

1.3. ขอบเขตของโครงการ

1.3.1. ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนที่ประกอบไปด้วย

- อุปกรณ์ตรวจวัดที่วัดค่าได้ ดังนี้ อุณหภูมิร่างกาย ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิโดยรอบ และอัตราการเต้นของหัวใจ ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิพื้นผิว, เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยรอบ, เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ติดไว้ที่นิ้วมือ และ Buzzer
- อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปให้ฐานข้อมูล เมื่อเซนเซอร์วัดค่าได้ค่าสูงในระดับที่เสี่ยงต่อการเกิดอีพัสโตรระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานมีโอกาสเกิดอีพัสโตรกผ่านเสียงด้วย Buzzer มี 2 ระดับดังนี้
 - ค่าความเสี่ยงสูง ใช้เสียงความถี่สูงส่งเสียงและหยุดเป็นระยะ
 - ค่าความเสี่ยงสูงมาก ใช้เสียงความถี่สูงส่งเสียงต่อเนื่อง
- เว็บไซต์แสดงผลระดับความเสี่ยงและกราฟของข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด
- วิเคราะห์ คำนวณค่าความเสี่ยงในการเกิดอีพัสโตรก แบ่งเป็นระดับ 4 ระดับ
 - ความเสี่ยงระดับปกติ
 - ความเสี่ยงระดับปานกลาง
 - ความเสี่ยงระดับสูง
 - ความเสี่ยงระดับสูงมาก

1.3.2. แสดงผลผ่านเว็บไซต์ด้วย Django framework ประกอบด้วยหน้าดังนี้

- หน้า Sign up สามารถให้ผู้สนใจสมัครมาเป็นผู้ใช้งานทั่วไปได้
- หน้า Login สามารถเข้าสู่ระบบและใช้ฟังก์ชัน Notification ได้
- หน้า Home เป็นหน้าแรกของเว็บไซต์
- หน้า Display data แสดงกราฟและสถานะความเสี่ยงที่ได้รับมาจากอุปกรณ์
- หน้า Latest data แสดงผลข้อมูลล่าสุดที่เก็บค่าได้ถ้าผู้ใช้เข้าสู่ระบบ
- หน้า Risk info แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณหาความเสี่ยง

1.3.3. ระบบจะรองรับผู้ใช้งาน 2 ประเภทดังนี้

- ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถดูข้อมูลดังต่อไปนี้

บทที่ 2

ทฤษฎี งานวิจัย/โครงการ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

2.1. อาการของฮีทสโตรก

อาการของฮีทสโตรกที่สามารถตรวจวัดได้ อุณหภูมิภายในร่างกายที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียสเกิดพร้อมอากาศร้อน ผิวแห้งและอาจทำให้เกิดอาการแพ้ อาการชัก หรืออาการโคม่า [1]

2.2. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

2.2.1. GY-906-BAA MLX90614

GY-906-BAA MLX90614 [2] คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิแบบอินฟราเรด สามารถวัดค่าอุณหภูมิโดยรอบได้ตั้งแต่ -40 ถึง 125 °C และวัดค่าอุณหภูมิของผิววัตถุได้ตั้งแต่ -70 ถึง 380 °C ค่าความแม่นยำ ± 0.5 °C โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เซนเซอร์จะวัดสเปกตรัมการแผ่รังสีอินฟราเรดจากวัตถุที่อยู่ในขอบเขตการมองเห็นของเซนเซอร์ จากนั้นทำการแปลงค่าเป็นอุณหภูมิโดยใช้กฎของสเตฟาน-โบลทซ์มานน์ โดยที่ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของวัตถุที่อยู่ในระยะการมองเห็นของเซนเซอร์ทั้งหมด

2.2.2. LM35

LM35 [3] คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิแบบ IC สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55 ถึง 150 °C และมีค่าความแม่นยำ ± 0.5 °C โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เซนเซอร์จะวัดค่าโดยอ้างอิงจากแรงดันไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่แรงดัน 10 มิลลิโวลต์เท่ากับ 1 องศาเซลเซียส

2.3. เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้

ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิร่างกายแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยจะทำการปรับค่าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 32.0 ถึง 42.0 °C และมีค่าความแม่นยำ ± 0.1 °C

2.4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2.4.1 BME280

BME280 [4] คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดความกดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความแม่นยำ $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ความแม่นยำ $\pm 3\%$ และวัดค่าความกดอากาศตั้งแต่ 300 ถึง 1100 hPa ความแม่นยำ $\pm 1\text{ Pa}$

2.4.2. DHT22

DHT22 [5] คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มีราคาถูก สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความแม่นยำ $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ และวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ค่าความแม่นยำ ± 2 ถึง 5%

2.4.3. SHT35

SHT35 [6] คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความแม่นยำ $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ และวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ค่าความแม่นยำ $\pm 1.5\%$

2.4.4. HDC1080

HDC1080 [7] คือ เซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความแม่นยำ ± 0.2 และวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ค่าความแม่นยำ $\pm 2\%$

2.5. เทอร์โมมิเตอร์ติดผนังแบบปรอท

ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิในอากาศแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยจะทำการปรับค่าเซนเซอร์ให้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์ติดผนังเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 ถึง $+50$ องศาเซลเซียส

2.6. ไฮโกรมิเตอร์

ใช้เพื่อวัดความชื้นสัมพัทธ์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยจะทำการปรับค่าเซนเซอร์ให้ใกล้เคียงกับไฮโกรมิเตอร์เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -15 ถึง 50 °C และวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 %

2.7. ESP32

ESP32 [8] คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาถูก ที่ใช้พลังงานต่ำ และมี Wi-Fi กับ Bluetooth ในตัว ESP32 จะใช้ Tensilica Xtensa LX6 microprocessor ในแบบ dual-core และแบบ single-core ใช้ Xtensa LX7 microprocessor แบบ dual-core หรือใช้ RISC-V microprocessor ในแบบ single-core และรวมทั้งมี built-in antenna switch, RF balun power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, และ power-management modules ESP32 สร้างและพัฒนาโดยบริษัท Espressif Systems ใช้เพื่อเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ทั้งหมด และส่งข้อมูลผ่านทาง WiFi

2.8. Active Buzzer

Active Buzzer คือ อุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงโดยแปลงจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นเสียง ใช้เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือนเมื่อค่าความเสี่ยงในการเกิดฮิทสโตรกถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.9. เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

2.9.1. XD-58C Pulse Sensor

XD-58C Pulse Sensor [9] เป็นเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจที่สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกชนิดได้รับการออกแบบและผลิตโดยบริษัท World Famous Electronics ใช้เพื่อวัดค่าชีพจรจากปลายนิ้วจากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ

2.9.2. MAX30102

MAX10102 [10] เป็นเซนเซอร์วัดออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถวัดค่าได้จากข้อมือ นิ้วมือ หรือตึงหู

2.10. เครื่องวัดความดัน

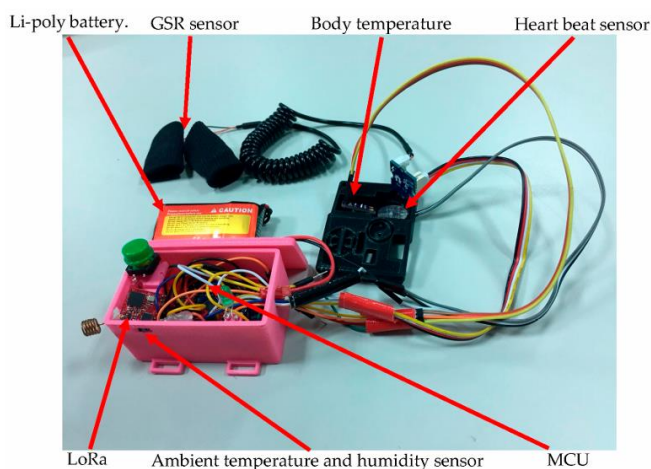
ใช้เพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยจะทำการปรับค่าเซนเซอร์ให้ใกล้เคียงกับเครื่องวัดความดันเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำที่สุด สามารถวัดค่าได้ตั้งแต่ 40 ถึง 180 ครั้ง/นาที

2.11. Django framework

Django framework [11] เป็นเว็บเฟรมเวิร์ก open-source ที่ใช้ภาษา python และมีสถาปัตยกรรมแบบ model-template-views ที่ได้รับการดูแลโดย Django Software Foundation ใช้เพื่อสร้างเว็บไซต์สำหรับการแสดงผลและเก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูล เลือกใช้ Django framework เพราะว่าเป็น framework ที่ใช้งานง่ายใช้ร่วมกับภาษา python มีความปลอดภัยสูง มี admin interface ในตัว และใช้ฐานข้อมูล SQLite

2.12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

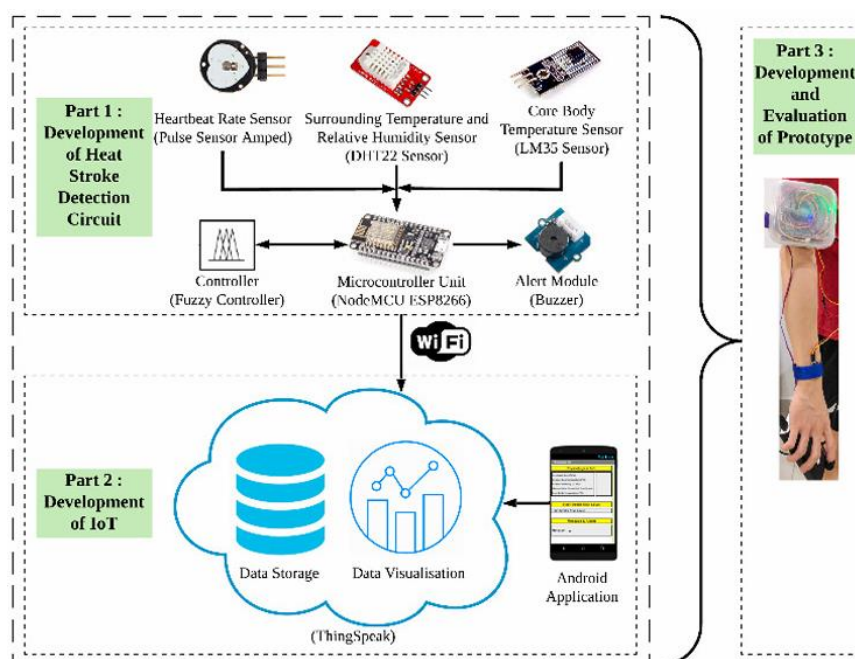
2.12.1. Design and Development of a Wearable Device for Heat Stroke Detection [12]



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ของ Design and Development of a Wearable Device for Heat Stroke Detection

เป็นงานวิจัยของ Sheng-Tao Chen , Shih-Sung Lin , Chien-Wu Lan และ Hao-Yen Hsu มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันสถานการณ์อันตรายจากฮีทสโตรกสำหรับผู้ที่ออกกำลังกายในสภาวะอากาศร้อน งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สวมใส่เพื่อตรวจจับฮีทสโตรกโดยที่ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ผิวหนัง Galvanic skin response sensor เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ MLX90614 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ SHT75 เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ Pulse Sensor ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano และ LoRa โดยอุปกรณ์สวมใส่นี้จะทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ผิวหนัง วัดอุณหภูมิภายในร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิภายนอก และความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นจะทำการส่งค่าด้วย Bluetooth ผ่าน LoRa ไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อคำนวณหาความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกโดยใช้ fuzzy logic เมื่ออุปกรณ์ปลายทางได้รับค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกแล้วจะส่งค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกกลับไปยังอุปกรณ์สวมใส่เพื่อให้อุปกรณ์ทำการแจ้งเตือนหากมีความเสี่ยงสูง โดยจะแจ้งเตือนผ่าน LED และ Buzzer

2.12.2. Wearable Heat Stroke Detection System in IoT-based Environment [13]



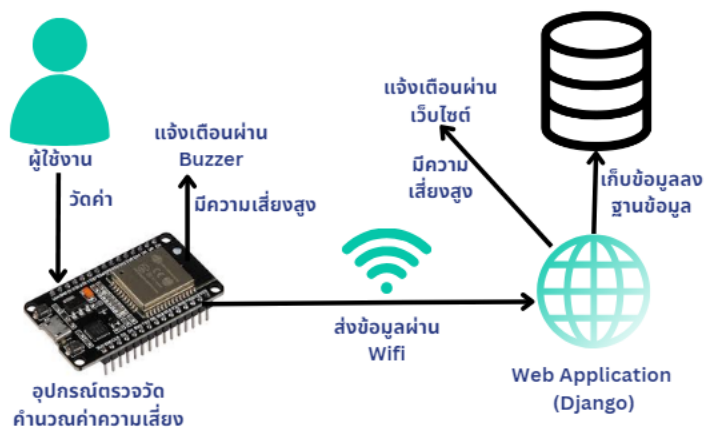
รูปที่ 2.2 ผังการทำงานของ Wearable Heat Stroke Detection System in IoT-based Environment

เป็นงานวิจัยของ Teo Wil Sona, Dzati Athiar Ramlia และ Azniza Abd Aziza มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับฮีทสโตรกแบบ IoT ที่สามารถสวมใส่ได้ โดยอุปกรณ์ตรวจจับนี้ สามารถวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิภายในร่างกาย โดยการใช้เซนเซอร์ซึ่งคำนวณค่าความเสี่ยงที่เป็น heat Stroke ผ่าน fuzzy Controller และแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน alert module ในส่วนของ IoT จะใช้ think speak Server และ Application Android เพื่อแสดงข้อมูลผ่านกราฟและตัวเลข ซึ่งได้ทำการทดสอบด้วยกัน 5 เฟสคือ ยืน เดิน วิ่ง เดินแล้วยืน ซึ่งได้ผลลัพธ์คือ THSRC เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดฮีทสโตรก ตามด้วยปัจจัยรองอีก 2 อย่างคืออุณหภูมิภายในร่างกาย และอัตราการเต้นของหัวใจ อุปกรณ์นี้สามารถที่จะตรวจจับฮีทสโตรก และแจ้งเตือนผู้ใช้งานก่อนที่จะเกิดฮีทสโตรกได้ จากงานวิจัยนี้สรุปออกมาได้ว่าฮีทสโตรกจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อค่าความเสี่ยงฮีทสโตรกมากกว่า 25 และอยู่ภายใต้เงื่อนไขของ THSRC มากกว่า 37.5 อุณหภูมิภายในร่างกายมากกว่า 38.5 องศาเซลเซียส และอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 135 ครั้ง/นาที

บทที่ 3

วิธีในการดำเนินโครงการ

3.1. ออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.1. แผนผังการทำงานของระบบ

โครงการนี้จะพัฒนาระบบที่ประกอบด้วยอุปกรณ์และเว็บไซต์ โดยผู้ใช้งานจะทำการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิโดยรอบ ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับที่ประกอบด้วย ESP32 DHT22 MAX30102 Active Buzzer และ GY-906-BAA MLX90614 จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคิดค่าความเสี่ยงที่จะเป็นอีทสโตรก เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับคำนวณค่าความเสี่ยงแล้วมีความเสี่ยงสูงก็จะทำการแจ้งเตือนผ่านลำโพง Buzzer ต่อไปอุปกรณ์จะทำการส่งข้อมูลที่วัดได้รวมถึงค่าความเสี่ยงไปยังเว็บไซต์ที่พัฒนาด้วย Django framework ผ่านสัญญาณ Wi-Fi เว็บไซต์จะทำการเก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ และทำการแจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์เมื่อข้อมูลที่ได้รับเข้ามามีความเสี่ยงสูง

3.2. การคิดคำนวณความเสี่ยงที่จะเป็นอีทสโตรก

ในการคิดคำนวณความเสี่ยงโครงการนี้ได้ทำการดัดแปลงข้อมูลตาราง input จาก Wearable Heat Stroke Detection System in IoT-based Environment [13] ซึ่งเป็น fuzzy logic เพื่อความเข้าใจง่ายจึงได้ทำการแปลงเป็น crisp logic ทำการเปลี่ยนค่าอัตราการเต้นของหัวใจ จากเดิมที่อ้างอิงเป็นอัตราการเต้นของหัวใจของคนที่ยออกกำลังกาย เป็นอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใหญ่ทั่วไปที่ 60 ถึง 100 ครั้ง/นาที และทำการเปลี่ยนอุณหภูมิภายในร่างกายใหม่ให้เป็นอุณหภูมิร่างกายปกติของคนทั่วไปที่ 35.4 ถึง 37.4 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ตารางคำนวณความเสี่ยงดังนี้

ตารางที่ 3.1. แสดง input และค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก

Input	สถานะ	ค่าที่อ่าน	ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	ปกติ	60 – 100	0
	ปานกลาง	101 – 120	1
	สูง	≥ 121	2
อุณหภูมิร่างกาย (°C)	ปกติ	35.4 - 37.4	0
	ปานกลาง	37.5 - 38.4	1
	สูง	38.5 - 39.4	2
	สูงมาก	≥ 39.5	3

นอกจากนั้นได้ทำการปรับ THSRC เป็น Heat index เพื่อให้เข้ากับสภาพอากาศของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง

ตารางที่ 3.2. แสดง Heat index

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) °C																	
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		27°C	28°C	29°C	30°C	31°C	32°C	33°C	34°C	36°C	37°C	38°C	39°C	40°C	41°C	42°C	43°C
	40%	27	27	28	29	31	33	34	36	38	41	43	46	48	51	54	58
	45%	27	28	29	31	32	34	36	38	40	43	46	48	51	54	58	
	50%	27	28	29	31	33	35	37	39	42	45	48	51	55	58		
	55%	27	29	30	32	34	36	38	41	44	47	51	54	58			
	60%	28	29	31	33	35	38	41	43	47	51	54	58				
	65%	28	29	32	34	37	39	42	46	49	53	58					
	70%	28	30	32	35	38	41	44	48	52	57						
	75%	29	31	33	36	39	43	47	51	56							
	80%	29	32	34	38	41	45	49	54								
	85%	29	32	36	39	43	47	52	57								
	90%	30	33	37	41	45	50	55									
	95%	30	34	38	42	47	53										
	100%	31	35	39	44	49	56										

ที่มา: [14] <http://www.rnd.tmd.go.th/heatindexanalysis/>

ตารางที่ 3.3. แสดงค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกจาก Heat index

สถานะ	สถานะ	ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก
	เฝ้ารวัง	0
	เตือนภัย	1
	อันตราย	2
	อันตรายมาก	3

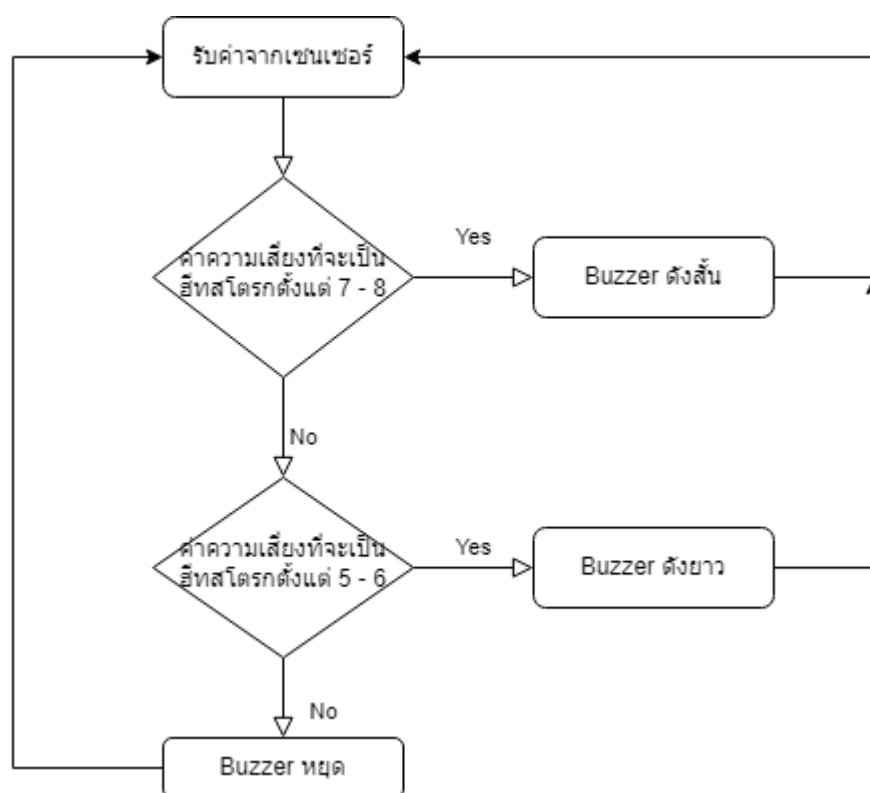
จากนั้นทำการรวมค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกจากตาราง 3.1 และ 3.2 แล้วทำการวิเคราะห์ว่ามีสถานะความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกเท่าใด โดยที่สถานะปกติมักจะเป็นผู้มีโอกาสเสี่ยงน้อย เช่น ผู้ที่อยู่ในห้องแอร์ ผู้ที่อยู่ในสถานะปานกลางมักจะเป็นผู้ที่อยู่ในห้องที่มีอากาศถ่ายเทและเปิดพัดลม ผู้ที่อยู่ในสถานะสูงมักจะเป็นผู้ที่อยู่กลางแจ้งโดยที่อาจมีร่มเงาอยู่ หรือผู้ที่อยู่ในที่ที่อากาศถ่ายเทและเปิดพัดลมแต่มีอุณหภูมิภายนอกที่สูงทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้นตาม ผู้ที่อยู่ในสถานะสูงมากมักจะเป็นผู้ที่อยู่กลางแจ้งโดยที่ไม่มีร่มเงา

ตารางที่ 3.4. แสดงสถานะของค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก

Output	สถานะ	ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก
ความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก	ปกติ	0 – 2
	ปานกลาง	3 - 5
	สูง	5 - 6
	สูงมาก	7 - 8

โดยที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ และค่าความเสี่ยง ไปให้เว็บไซต์เพื่อเก็บเข้าฐานข้อมูล และเว็บไซต์จะนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และเมื่อฐานข้อมูลได้รับข้อมูลว่ามีความเสี่ยงจะมีการแจ้งเตือนผ่าน Notification บนเว็บไซต์ และในส่วนของอุปกรณ์จะมีการส่งเสียงผ่าน Buzzer ที่จะทำการแจ้งเตือนหากมีสถานะสูง และสูงมาก

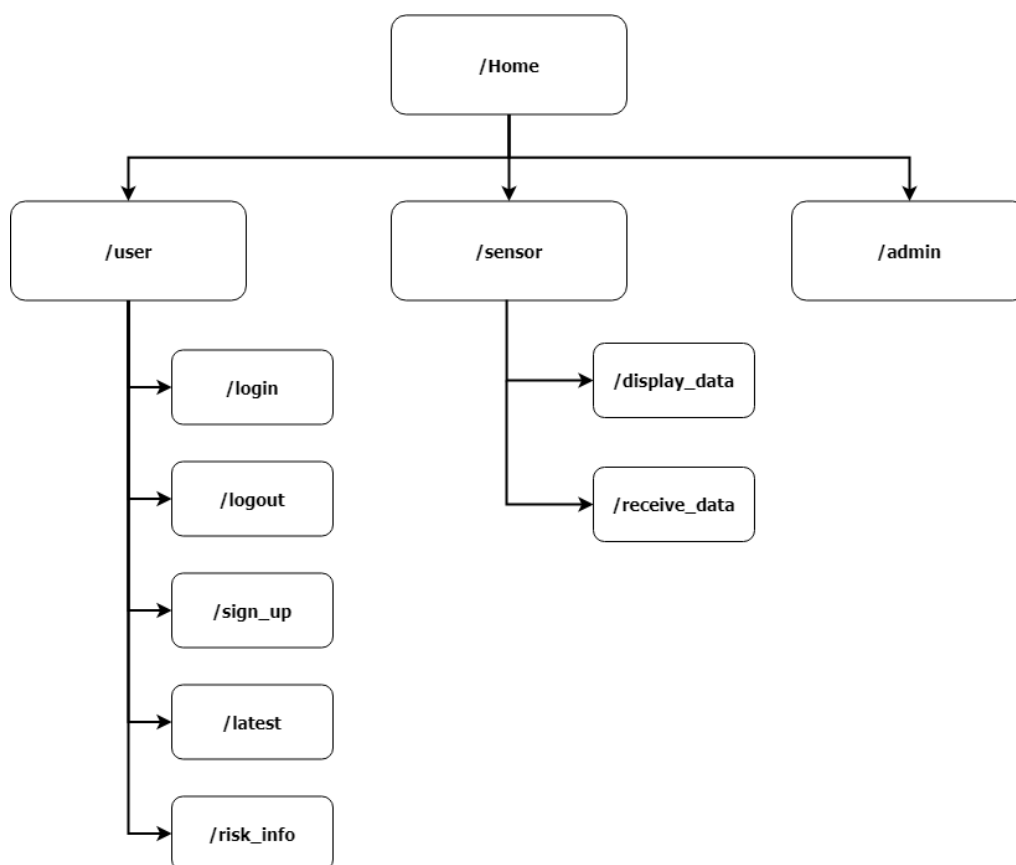
3.3. Flowchart ของการแจ้งเตือน



รูปที่ 3.2. Flowchart แสดงการแจ้งเตือนของอุปกรณ์

เมื่ออุปกรณ์อ่านค่าจากเซนเซอร์ อุปกรณ์จะทำการคำนวณค่าความเสี่ยง ถ้าหากว่ามีค่าความเสี่ยงตั้งแต่ 7 ถึง 8 Buzzer จะทำการส่งเสียงสั้นและหยุดไปเรื่อย ๆ จนกว่าค่าความเสี่ยงจะลดลง และเมื่อมีค่าความเสี่ยงตั้งแต่ 5 ถึง 6 Buzzer จะทำการส่งเสียงยาวและหยุดจนกว่าค่าความเสี่ยงจะลดลง และเมื่อค่าความเสี่ยงลดลงต่ำกว่า 5 Buzzer ก็หยุดส่งเสียง

3.4. Site map ของเว็บไซต์



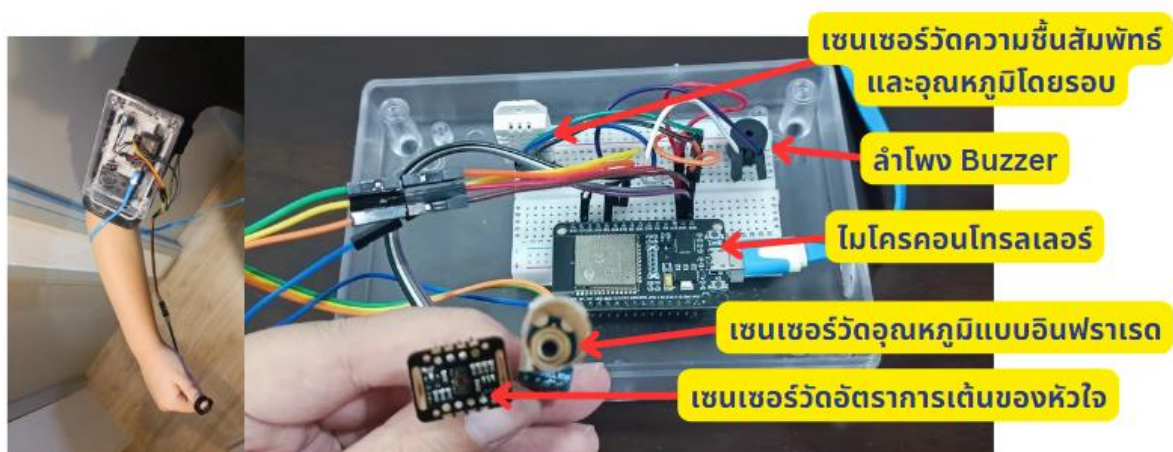
รูปที่ 3.3. Site map ของเว็บไซต์

เมื่อผู้ใช้งานเข้ามาที่เว็บไซต์ก็จะพบกับหน้า Home ก่อน ในหน้า Home ก็จะมีข้อมูลเกี่ยวกับโครงงานนี้และ link ไปยังหน้าทั้งหมดยกเว้นหน้า admin เมื่อผู้ใช้งานที่ไม่ได้ทำการ login จะสามารถใช้งานหน้า login หน้า sign_up และหน้า risk_info ได้ โดยที่หน้า sign_up ผู้ใช้งานสามารถสมัคร user เว็บไซต์ได้ และเข้าสู่ระบบด้วยหน้า login ในส่วนหน้า risk_info จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับตารางการคิดคำนวณสถานะความเสี่ยงและข้อมูลการปฏิบัติตัวเมื่อมีความเสี่ยง เมื่อผู้ใช้งานได้ทำการ login เข้ามาในเว็บไซต์ก็จะสามารถใช้หน้า latest และ path ที่เป็น sensor ได้ ในหน้า latest จะเป็นข้อมูลล่าสุดที่วัดได้ของผู้ใช้งาน ในส่วนหน้า display data ที่จะแสดงข้อมูลที่ได้อาจจากอุปกรณ์เป็นกราฟแสดงผลของค่าทั้งหมดและค่าเฉลี่ย ส่วนหน้า receive จะเป็นส่วนของ API ที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ ในส่วนของ admin จะสามารถดูข้อมูลทั้งหมดที่เก็บอยู่ในเว็บไซต์ได้

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงการ

4.1. อุปกรณ์ตรวจวัด



รูปที่ 4.1. อุปกรณ์ตรวจวัด

- 4.1.1. อุปกรณ์ตรวจวัดประกอบด้วย ESP32 (ไมโครคอนโทรลเลอร์) DHT22 (เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิโดยรอบ) MAX30102 (เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ) ติดไว้ที่นิ้วมือ Active Buzzer และ GY-906-BAA MLX90614 (เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด) วัดที่รักแร้
- 4.1.2. สามารถวัดค่าต่อไปนี้ได้ อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิร่างกาย และ ความชื้นสัมพัทธ์ และคำนวณค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก
- 4.1.3. สามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปให้ฐานข้อมูลโดยใช้ HTTP Client

```
Temp: 24.1 C
Humidity: 46.20 %
Body Temp: 34.8 C
BPM: 87.98
Risk: 1
-----
HTTP Response code: 200
{"temperature": 24.1, "humidity": 46.2, "body_temp": 34.8, "heart_rate": 87.98, "risk": 1, "user": "test4", "message": "Sensor data received successfully."}
```

รูปที่ 4.2. ตัวอย่าง HTTP respond จากการส่งข้อมูลเข้าฐานข้อมูล

ข้อมูลที่ส่งจะส่งในรูปแบบของ JSON โดยที่จะส่งค่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิร่างกาย ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก

- 4.1.4. สามารถแจ้งเตือนผ่านเสียงด้วยลำโพง Buzzer มี 2 ระดับ
 - ค่าความเสี่ยงสูง ส่งเสียงยาวและหยุดไปเรื่อย ๆ จนกว่าค่าความเสี่ยงจะลดลง

- ค่าความเสี่ยงสูงมาก ส่งผลเสี่ยงสูงและหยุดไปเรื่อย ๆ จนกว่าค่าความเสี่ยงจะลดลง

4.1.5. ตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่าอุณหภูมิภายนอกของ DHT22

โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (เนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวัดไม่สามารถวัดจุดทศนิยมได้จึงอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน) เริ่มการตั้งค่าโดยนำ DHT22 และเทอร์โมมิเตอร์มาไว้ที่จุดเดียวกัน รอจนอุณหภูมิคงที่และทำการวัดค่าที่ได้ ทำการวัดทุกๆ 20 วินาทีเป็นเวลา 1,000 วินาที หากค่าที่ได้จากเซนเซอร์ DHT22 มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จะทำการปรับให้ใกล้เคียง

จากตารางที่ 4.1. จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์อยู่ 1 ค่าซึ่งเป็นค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.16 เปอร์เซ็นต์ จึงทำการปรับค่าให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการเพิ่มค่าชดเชยในส่วนที่มีความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.1. แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์

ลำดับที่	อุณหภูมิจาก เทอร์โมมิเตอร์ (°C)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
1	33	32.5	1.52
2	33	32.5	1.52
3	33	32.5	1.52
4	33	32.6	1.21
5	33	32.6	1.21
6	33	32.6	1.21
7	33	32.6	1.21
8	33	32.6	1.21
9	33	32.6	1.21
10	33	32.5	1.52
11	33	32.5	1.52
12	33	32.5	1.52
13	33	32.5	1.52
14	33	32.5	1.52

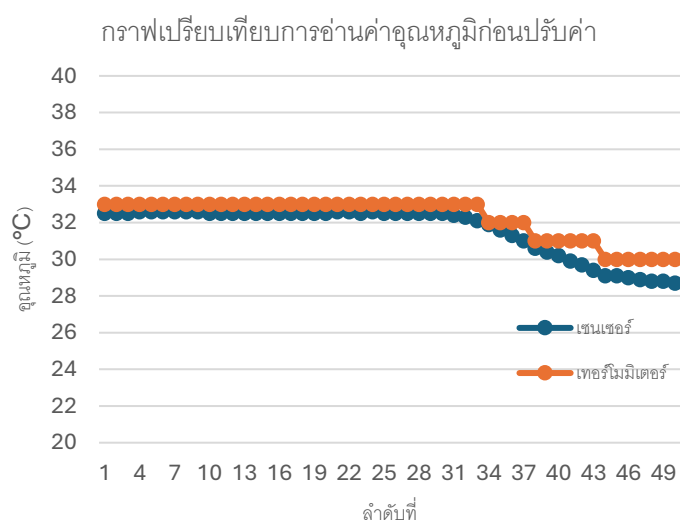
ลำดับที่	อุณหภูมิจาก เทอร์โมมิเตอร์ (°C)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
15	33	32.5	1.52
16	33	32.5	1.52
17	33	32.5	1.52
18	33	32.5	1.52
19	33	32.5	1.52
20	33	32.5	1.52
21	33	32.6	1.21
22	33	32.6	1.21
23	33	32.5	1.52
24	33	32.6	1.21
25	33	32.5	1.52
26	33	32.5	1.52
27	33	32.5	1.52
28	33	32.5	1.52
29	33	32.5	1.52
30	33	32.5	1.52
31	33	32.4	1.82
32	33	32.3	2.12
33	33	32.1	2.73
34	32	31.9	0.31
35	32	31.6	1.25
36	32	31.3	2.19
37	32	31	3.13
38	31	30.6	1.29
39	31	30.4	1.94
40	31	30.2	2.58
41	31	29.9	3.55
42	31	29.7	4.19
43	31	29.4	5.16
44	30	29.1	3.00
45	30	29.1	3.00
46	30	29	3.33
47	30	28.9	3.67
48	30	28.8	4.00
49	30	28.8	4.00
50	30	28.7	4.33

จากตารางที่ 4.2. จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับค่าแล้วมีข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดจะอยู่ที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดหลังจากปรับค่าอื่นๆ

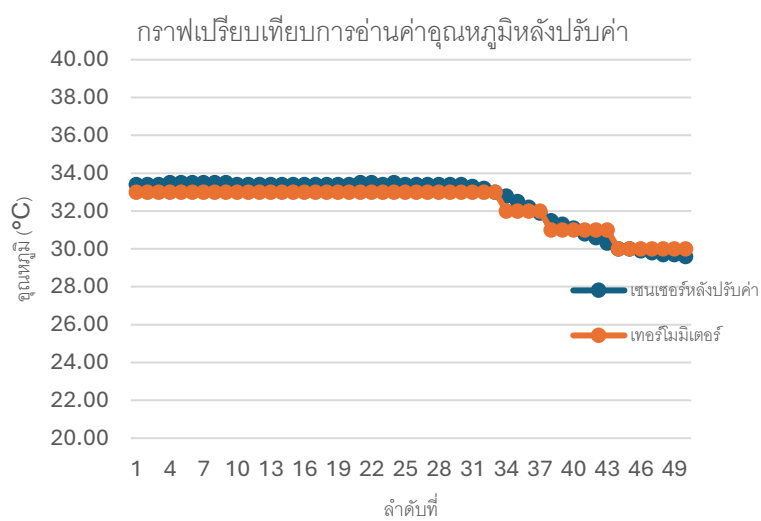
ตารางที่ 4.2. แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หลังปรับค่า

ลำดับที่	อุณหภูมิจาก เทอร์โมมิเตอร์ (°C)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ หลังปรับค่า (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
1	33	33.4	1.21
2	33	33.4	1.21
3	33	33.4	1.21
4	33	33.5	1.52
5	33	33.5	1.52
6	33	33.5	1.52
7	33	33.5	1.52
8	33	33.5	1.52
9	33	33.5	1.52
10	33	33.4	1.21
11	33	33.4	1.21
12	33	33.4	1.21
13	33	33.4	1.21
14	33	33.4	1.21
15	33	33.4	1.21
16	33	33.4	1.21
17	33	33.4	1.21
18	33	33.4	1.21
19	33	33.4	1.21
20	33	33.4	1.21
21	33	33.5	1.52
22	33	33.5	1.52
23	33	33.4	1.21
24	33	33.5	1.52
25	33	33.4	1.21
26	33	33.4	1.21
27	33	33.4	1.21

ลำดับที่	อุณหภูมิจาก เทอร์โมมิเตอร์ (°C)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ หลังปรับค่า (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
28	33	33.4	1.21
29	33	33.4	1.21
30	33	33.4	1.21
31	33	33.3	0.91
32	33	33.2	0.61
33	33	33.0	0.00
34	32	32.8	2.50
35	32	32.5	1.56
36	32	32.2	0.63
37	32	31.9	0.31
38	31	31.5	1.61
39	31	31.3	0.97
40	31	31.1	0.32
41	31	30.8	0.65
42	31	30.6	1.29
43	31	30.3	2.26
44	30	30.0	0.00
45	30	30.0	0.00
46	30	29.9	0.33
47	30	29.8	0.67
48	30	29.7	1.00
49	30	29.7	1.00
50	30	29.6	1.33



รูปที่ 4.3. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิก่อนปรับ



รูปที่ 4.4. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิหลังปรับ

จากรูปที่ 4.4. กราฟหลังปรับค่าจะเห็นได้ว่าค่าของเซนเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์มีความใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

4.1.6. ตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ของ DHT22

โดยการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์กับไฮโกรมิเตอร์ (เนื่องจากไฮโกรมิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวัดไม่สามารถวัดจุดดศนิยมได้จึงอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน) เริ่มการตั้งค่าโดยนำ DHT22 และไฮโกรมิเตอร์มาไว้ที่จุดเดียวกัน รอจนความชื้นสัมพัทธ์คงที่และทำการวัดค่าที่ได้ ทำการวัดทุกๆ 20 วินาทีเป็นเวลา 1,000 วินาที หากค่าที่ได้จากเซนเซอร์ DHT22 มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จะทำการปรับให้ใกล้เคียง

จากตารางที่ 4.3. จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้งหมดมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์และมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดที่ 15.1 เปอร์เซ็นต์ จึงทำการปรับค่าให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการเพิ่มค่าชดเชยในส่วนที่มีความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.3. แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากไฮโกรมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์

ลำดับที่	ความชื้นสัมพัทธ์จาก ไฮโกรมิเตอร์ (%)	ความชื้นสัมพัทธ์จาก เซนเซอร์ (%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
1	51	56.7	11.18
2	52	56.9	9.42
3	52	57.1	9.81
4	52	57.1	9.81
5	52	57.1	9.81
6	52	57	9.62
7	52	56.8	9.23
8	52	56.8	9.23
9	52	57.2	10.00
10	51	56.8	11.37
11	51	57.2	12.16
12	51	56.7	11.18
13	51	57.3	12.35

ลำดับที่	ความชื้นสัมพัทธ์จาก ไฮโกรมิเตอร์ (%)	ความชื้นสัมพัทธ์จาก เซนเซอร์ (%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
14	51	56.6	10.98
15	51	56.9	11.57
16	51	56.9	11.57
17	51	56.9	11.57
18	52	57	9.62
19	52	57.8	11.15
20	52	57.9	11.35
21	52	58.2	11.92
22	52	58	11.54
23	52	58.2	11.92
24	52	57.7	10.96
25	52	57.7	10.96
26	52	57.5	10.58
27	52	58.7	12.88
28	52	58.1	11.73
29	52	58.7	12.88
30	51	58	13.73
31	51	56.1	10.00
32	50	55.5	11.00
33	50	54.8	9.60
34	50	55.4	10.80
35	50	55.1	10.20
36	50	55.3	10.60
37	50	55.1	10.20
38	50	56.1	12.20
39	50	56.1	12.20
40	50	56.3	12.60
41	50	56.3	12.60
42	49	56.3	14.90
43	49	56.2	14.69
44	49	56.4	15.10
45	49	56.3	14.90
46	49	56.2	14.69
47	49	55.7	13.67
48	49	55.8	13.88
49	49	55.8	13.88
50	50	55.7	11.40

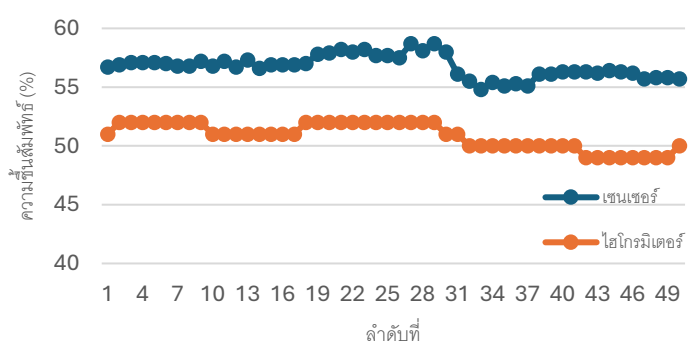
จากตารางที่ 4.4. จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุด จะอยู่ที่ 2.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดหลังจากปรับค่าอื่นๆ

ตารางที่ 4.4. แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากไฮโกรมิเตอร์และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์หลังปรับค่า

ลำดับที่	ความชื้นสัมพัทธ์จาก ไฮโกรมิเตอร์ (%)	ความชื้นสัมพัทธ์จาก เซนเซอร์หลังปรับค่า (%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
1	51	50.60	0.78
2	52	50.80	2.31
3	52	51.00	1.92
4	52	51.00	1.92
5	52	51.00	1.92
6	52	50.90	2.12
7	52	50.70	2.50
8	52	50.70	2.50
9	52	51.10	1.73
10	51	50.70	0.59
11	51	51.10	0.20
12	51	50.60	0.78
13	51	51.20	0.39
14	51	50.50	0.98
15	51	50.80	0.39
16	51	50.80	0.39
17	51	50.80	0.39
18	52	50.90	2.12
19	52	51.70	0.58
20	52	51.80	0.38
21	52	52.10	0.19
22	52	51.90	0.19
23	52	52.10	0.19
24	52	51.60	0.77
25	52	51.60	0.77
26	52	51.40	1.15
27	52	52.60	1.15
28	52	52.00	0.00
29	52	52.60	1.15
30	51	51.90	1.76
31	51	50.00	1.96

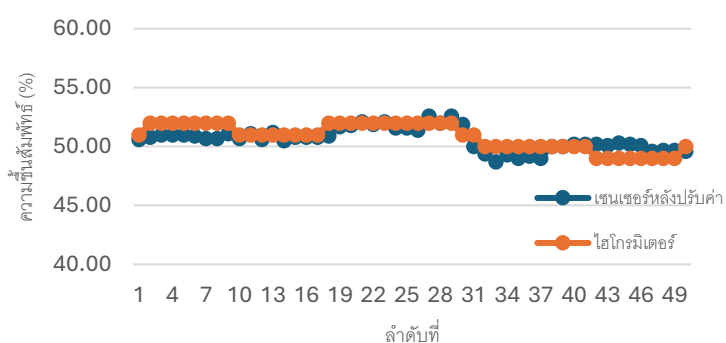
ลำดับที่	ความชื้นสัมพัทธ์จาก ไฮโกรมิเตอร์ (%)	ความชื้นสัมพัทธ์จาก เซนเซอร์หลังปรับค่า (%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
32	50	49.40	1.20
33	50	48.70	2.60
34	50	49.30	1.40
35	50	49.00	2.00
36	50	49.20	1.60
37	50	49.00	2.00
38	50	50.00	0.00
39	50	50.00	0.00
40	50	50.20	0.40
41	50	50.20	0.40
42	49	50.20	2.45
43	49	50.10	2.24
44	49	50.30	2.65
45	49	50.20	2.45
46	49	50.10	2.24
47	49	49.60	1.22
48	49	49.70	1.43
49	49	49.70	1.43
50	50	49.60	0.80

กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ก่อนปรับค่า



รูปที่ 4.5. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ก่อนปรับค่า

กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์หลังปรับค่า



รูปที่ 4.6. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์หลังปรับค่า

จากรูปที่ 4.6. กราฟหลังปรับค่าจะเห็นว่าค่าของเซนเซอร์และไฮโกรมิเตอร์มีความใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

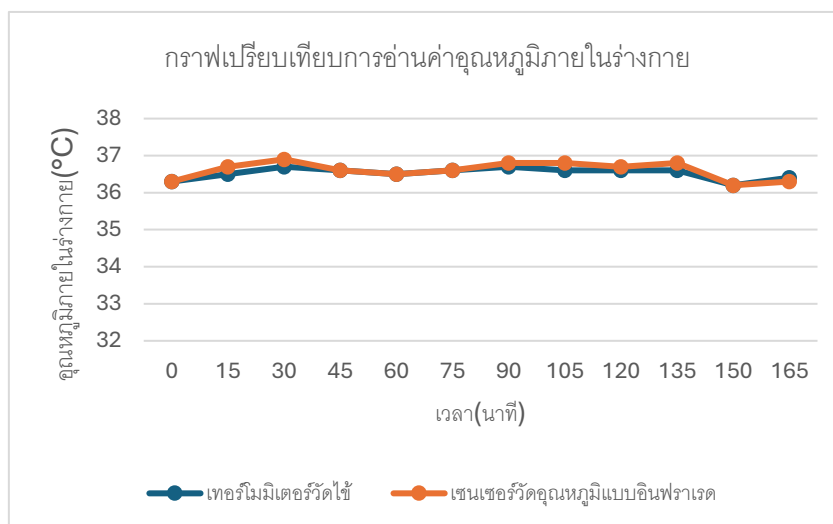
4.1.7. ตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่าอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

ตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้กับเทอร์มิสเตอร์วัดไข้ เริ่มการตั้งค่าโดยการนำเทอร์มิสเตอร์วัดไข้มาเสียบไว้ที่รักแร้รอจนได้ค่าออกมา จากนั้นนำเซนเซอร์มารักแร้ข้างเดียวกันโดยมีระยะห่าง 4 เซนติเมตรโดยใช้หลอดสวมรอบกับเซนเซอร์ไว้เพื่อให้มีค่ารบกวนน้อยที่สุด รอจนเซนเซอร์วัดแล้วอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ทำการวัดทุกๆ 15 นาทีเป็นเวลา 3 ชั่วโมง หากค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จะทำการปรับให้ใกล้เคียง

จากตารางที่ 4.5. จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากที่สุดจะอยู่ที่ 0.55 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่ได้ทำการปรับค่า

ตารางที่ 4.5. แสดงค่าอุณหภูมิภายในร่างกายที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์วัดไข้และเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์

เทอร์มิสเตอร์ วัดไข้ (°C)	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ แบบอินฟราเรด (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาด เคลื่อน (%)
36.3	36.3	0.00
36.5	36.7	0.55
36.7	36.9	0.54
36.6	36.6	0.00
36.5	36.5	0.00
36.6	36.6	0.00
36.7	36.8	0.27
36.6	36.8	0.55
36.6	36.7	0.27
36.6	36.8	0.55
36.2	36.2	0.00
36.4	36.3	0.27



รูปที่ 4.7. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิภายในร่างกาย

จากรูปที่ 4.7. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอุณหภูมิภายในร่างกายจะเห็นได้ว่าค่าของเซนเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ มีความใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

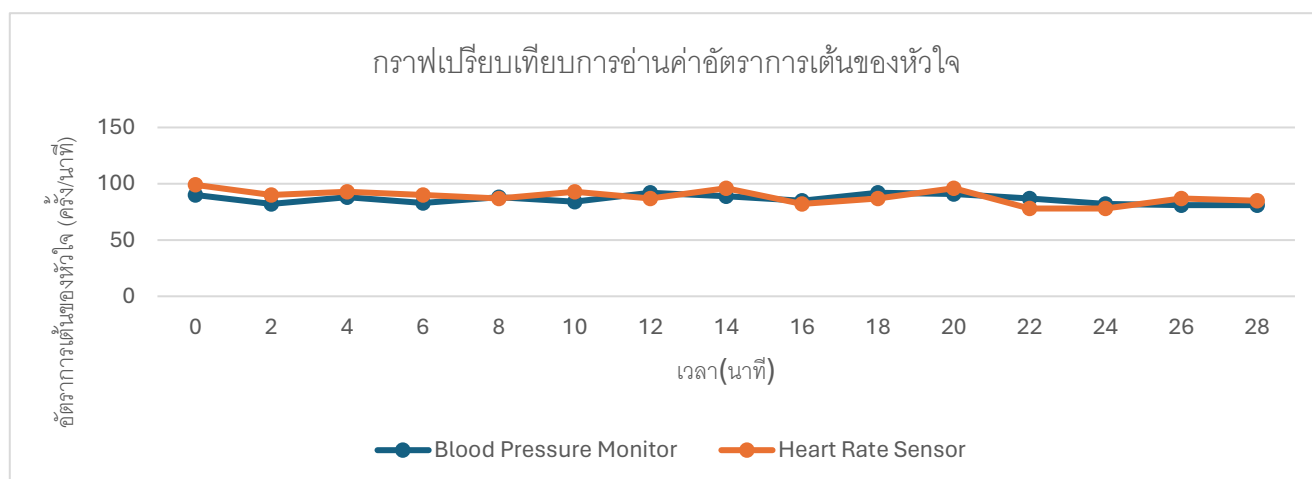
4.1.8. ตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านค่าอัตราการเต้นของหัวใจของเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความดัน โดยนำปลอกแขนของเครื่องวัดความดันใส่ไว้ที่แขนข้างใดข้างหนึ่ง นำเซนเซอร์มาสวมไว้ที่นิ้วโป้งรัดด้วยหนังยางหรือตีนตุ๊กแกที่แขนข้างเดียวกัน จากนั้นทำการวัดค่าด้วยเครื่องวัดความดัน เมื่อวัดเสร็จนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ของเซนเซอร์ในเวลาเดียวกัน ทำการวัดทุกๆ ครึ่งชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง หากค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จะทำการปรับให้ใกล้เคียง

จากตารางที่ 4.6. แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์สูงสุดอยู่ที่ 10.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่ตั้งไว้จึงทำการปรับค่า

ตารางที่ 4.6. แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้จากเครื่องวัดความดันและเซนเซอร์พร้อมทั้งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์

เครื่องวัดความดัน (ครั้ง/นาที)	เซนเซอร์ (ครั้ง/นาที)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาดเคลื่อน (%)
90	99	10.00
82	90	9.76
88	93	5.68
83	90	8.43
88	87	1.14
84	93	10.71
92	87	5.43
89	96	7.86
85	82	3.53
92	87	5.43
91	96	5.49
87	78	10.34
82	78	4.88
81	87	7.41
81	85	4.94



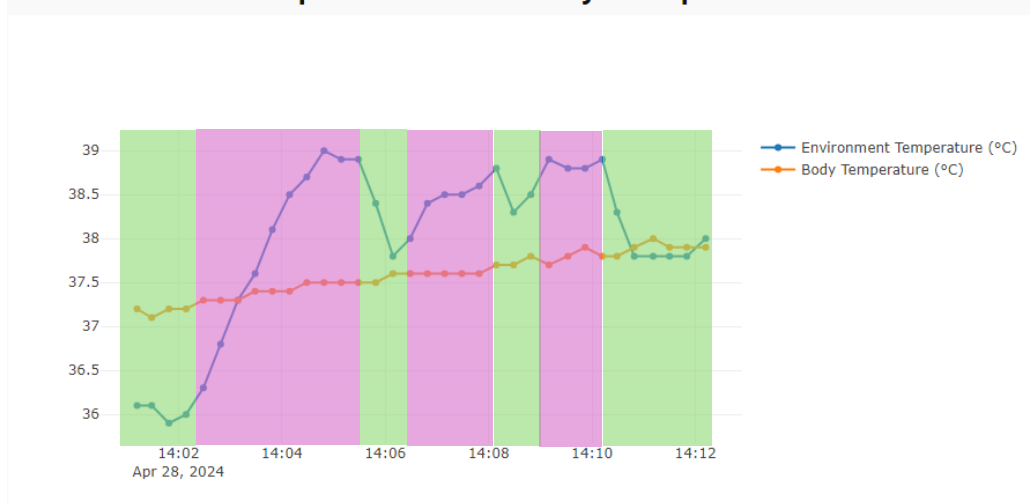
รูปที่ 4.8. กราฟเปรียบเทียบการอ่านค่าอัตราการเต้นของหัวใจของเครื่องวัดความดันและเซนเซอร์

จากรูปที่ 4. 8. กราฟมีแนวโน้มค่าที่คลาดเคลื่อนไม่ไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้เมื่อปรับค่าแล้วยังมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่สูงอยู่ซึ่งไม่อาจหลีกเลี่ยงได้จึงไม่ได้ทำการปรับค่า

4.1.9. ทำการทดลองเพื่อวัดผลว่าอุณหภูมิภายนอกส่งผลต่ออุณหภูมิภายในร่างกายหรือไม่

โดยใช้เซนเซอร์ DHT 22 และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด เริ่มการทดลองโดยการนั่งรอจนอุณหภูมิร่างกายคงที่ จากนั้นจึงทำการวัดค่าและบันทึกผลทุกๆ 20 วินาทีเป็นเวลา 10 นาที

Environment Temperature and Body Temperature

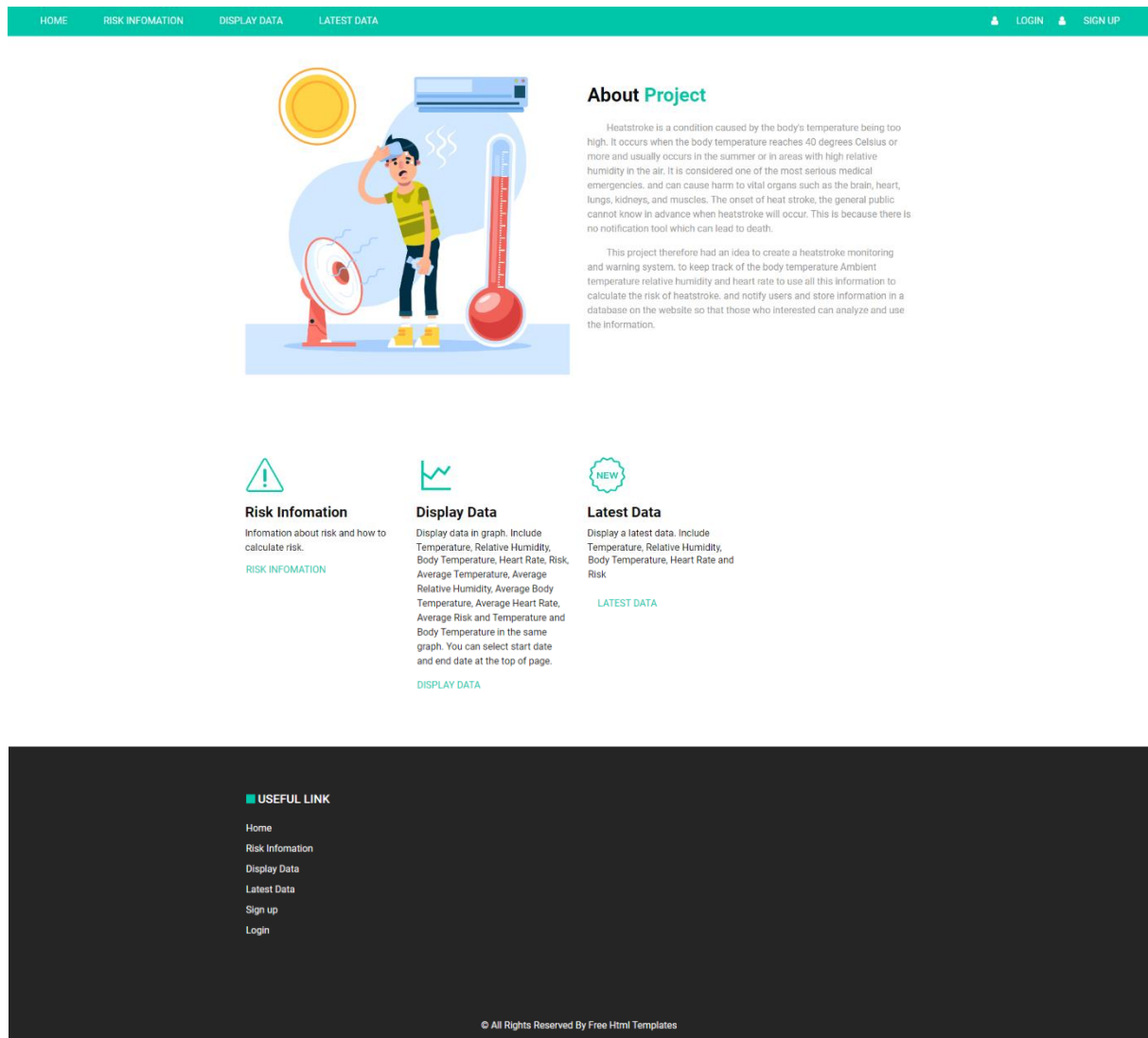


รูปที่ 4.9. กราฟแสดงค่าอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในร่างกาย

จากรูปที่ 4.9. ผู้ทดลองได้ทำการทดลองในขณะที่แดดจ้าและมีร่มเงา โดยที่เวลาที่เข้าร่มเงาจะอยู่ในช่วงของสีเขียว และออกแดดในช่วงสีม่วง จากการทดลองทำให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกที่สูงขึ้นมีผลเล็กน้อยที่ทำให้อุณหภูมิภายในสูงขึ้นด้วย สาเหตุที่อุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างคงที่เพราะกลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายยังคงรักษาอุณหภูมิภายในให้สม่ำเสมอ

4.2. เว็บไซต์

4.1.10. หน้า Home



รูปที่ 4.10. หน้า Home

แสดงข้อมูลเกี่ยวกับโครงการนี้และลิงก์ไปยังหน้า Home หน้า Risk Information หน้า Display Data หน้า Latest Data หน้า Sign up และหน้า Login

4.1.11. หน้า Login

รูปที่ 4.11. หน้า Login

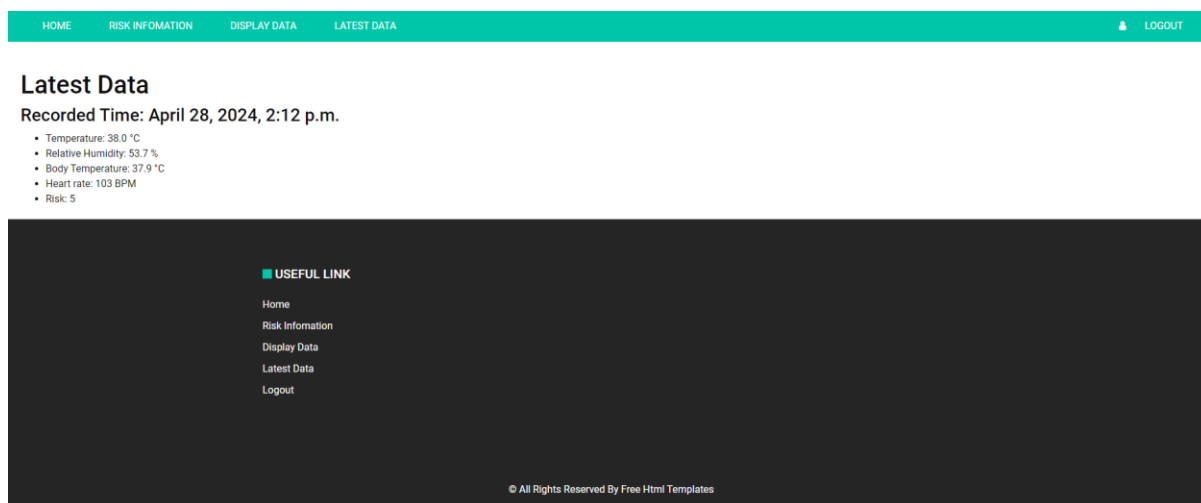
เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบแล้วจะสามารถใช้หน้า Display data และหน้า Latest data ได้

4.1.12. หน้า Sign up

รูปที่ 4.12. หน้า Sign up

สำหรับผู้ใช้งานใหม่สามารถสมัครเพื่อเข้าใช้งานได้





4.1.13. หน้า Latest data



รูปที่ 4.13. หน้า Latest data

แสดงผลข้อมูลปัจจุบันที่ล่าสุดที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดแยกแต่ละผู้ใช้งาน โดยจะแสดงผลก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบ

This table shows how to calculate risk.

Input	Status	Data	Risk
Heart Rate (BPM)	Normal	0 - 100	0
	Moderate	101 - 120	1
	High	≥ 121	2
Body Temperature (°C)	Normal	35.4 - 37.4	0
	Moderate	37.5 - 38.4	1
	High	38.5 - 39.4	2
	Very High	≥ 40	3
Heat index	Normal		0
	Moderate		1
	High		2
	Very High		3

Heat Index Table

[illegible]

Output	Status	Risk
Heat Stroke Risk	Normal	0 - 2
	Moderate	3 - 4
	High	5 - 6
	Very High	7 - 8

Normal: Individuals in this category have a low risk of heat stroke.

Moderate: Individuals with moderate heat stroke risk may experience some discomfort.

It's important for individuals in this category to stay hydrated and take breaks in cool environments when exposed to heat.

High: Individuals at high risk of heat stroke are more susceptible to heat-related illnesses.

It's crucial for people in this category to take precautions such as staying hydrated, avoiding prolonged exposure to heat, and seeking shade or air-conditioned environments when possible.

Very High: This is the highest level of heat stroke risk, indicating a serious threat to health.

People in this category are at significant risk of heat-related illnesses, including heat stroke. Symptoms may include severe dehydration, exhaustion, dizziness, and confusion. It's essential for individuals in this category to avoid outdoor activities in hot weather, stay in air-conditioned spaces, drink plenty of fluids, and seek medical attention if they experience symptoms of heat stroke.

■ USEFUL LINK

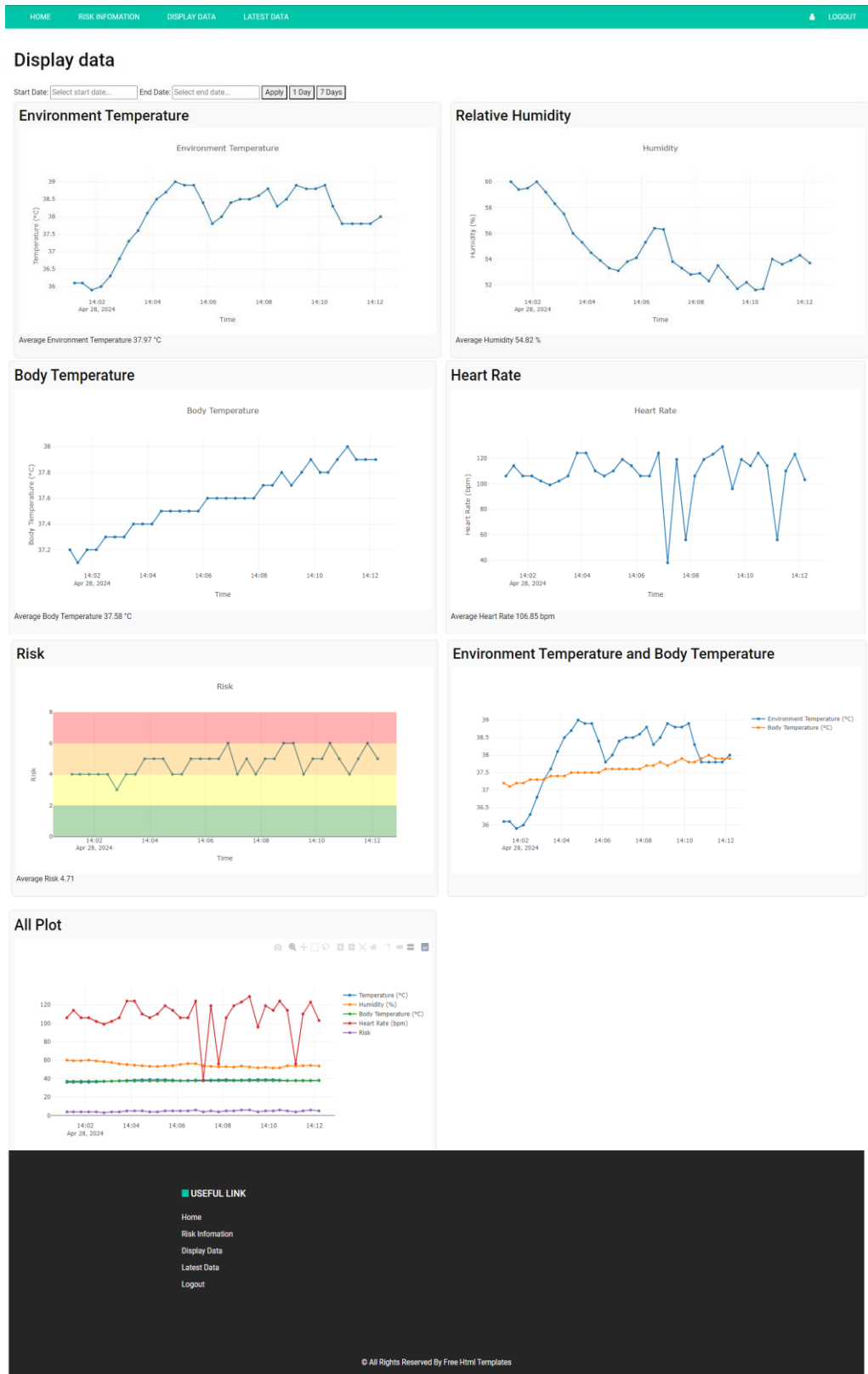
- Home
- Risk Information
- Display Data
- Latest Data
- Logout

© All Rights Reserved By Free Html Templates

รูปที่ 4.14 หน้า Risk Information

มีตารางแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการคิดคำนวณความเสี่ยง พร้อมข้อมูลการปฏิบัติตนเมื่อมีความเสี่ยง

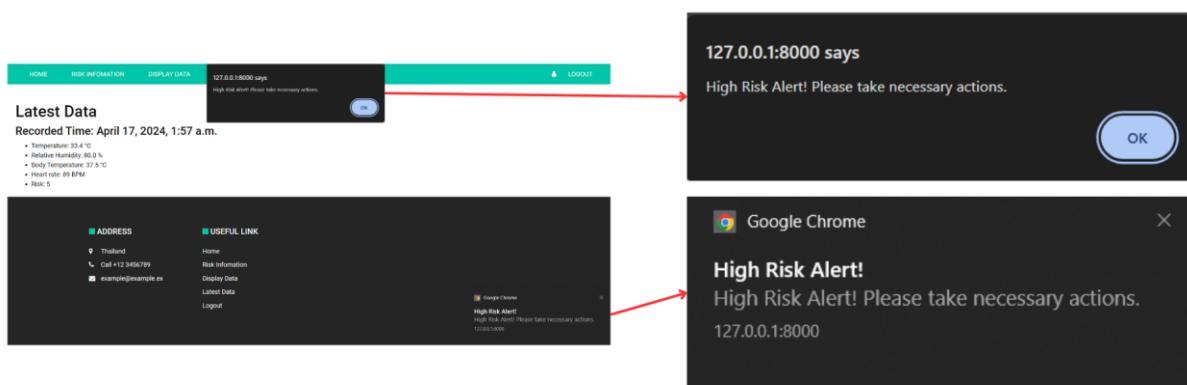
4.1.15. หน้า Display data



รูปที่ 4.15. หน้า Display data

มีกราฟแสดงผลพร้อมค่าเฉลี่ยของค่าต่อไปนี้ อุณหภูมิโดยรวม ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายในร่างกาย ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก อุณหภูมิโดยรวมและอุณหภูมิภายในร่างกายในกราฟเดียวกัน และกราฟของค่าทั้งหมดในกราฟเดียวกัน โดยแยกแต่ละผู้ใช้งาน โดยที่กราฟแสดงค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกจะแบ่งแถบสีตามความเสี่ยงตามตารางที่ 3.2.3.

4.1.16. การแจ้งเตือนบนเว็บไซต์



รูปที่ 4.16. ตัวอย่างการแจ้งเตือนบนเว็บไซต์

เมื่อข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกสูงหรือสูงมาก เว็บไซต์จะทำการแจ้งเตือน โดยจะมีการแจ้งเตือน 2 แบบด้วยกันคือ 1. แบบ JavaScript alert 2. แบบ local notification

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลโครงการ

โครงการนี้ได้พัฒนาระบบแจ้งเตือนฮีสโตรกที่วัดค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่ประกอบไปด้วย Esp32 DHT22 Max30102 Active buzzer และ GY-906-BAA MLX90614 แล้วนำค่าที่วัดได้ ไปคำนวณเป็นค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีสโตรก และแจ้งเตือน ผ่าน buzzer เมื่อมีค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีสโตรกสูง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปบันทึกลงฐานข้อมูลและแสดงบนเว็บไซต์พร้อมแจ้งเตือนเมื่อมีค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีสโตรกสูง โดยที่เว็บไซต์แสดงข้อมูลเป็นกราฟของอุณหภูมิภายในร่างกาย อุณหภูมิภายนอก ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเสี่ยงที่เป็นฮีสโตรก และอัตราการเต้นของหัวใจ

5.2. ปัญหาและอุปสรรค

- 5.2.1. ปัญหาการแจ้งเตือนไม่สามารถแจ้งเตือน push notification ผ่าน firebase
- 5.2.2. ปัญหาเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ MAX30100(สีม่วง) และ XD-58C Pulse Sensor ไม่สามารถใช้งานได้
- 5.2.3. ปัญหาเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจไม่สามารถอ่านค่าได้ถูกต้องถ้าสวมใส่แน่นหรือหลวมเกินไป
- 5.2.4. ไม่สามารถแจ้งเตือนในมือถือได้

5.3. การพัฒนาในอนาคต

- 5.3.1. พัฒนาเป็นแอปพลิเคชันมือถือเพื่อเข้าถึงผู้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกขึ้น
- 5.3.2. ขอความเห็นจากแพทย์เพื่อให้อาจพัฒนาระบบแจ้งเตือนได้แม่นยำมากขึ้น
- 5.3.3. เพิ่มกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้งานอุปกรณ์จริง เพื่อให้ได้สถานการณ์จริงที่หลากหลายมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] D. Ruthirago and P. Laengvejkal, “Be careful of heatstroke – a potentially life-threatening form of heat illness | Bangkok International Hospital,” www.bangkokinternationalhospital.com. <https://www.bangkokinternationalhospital.com/health-articles/disease-treatment/hot-weather-must-be-careful-of-heatstroke> (accessed Nov. 13, 2023).
- [2] Mouser Electronics, “MLX90614 family,” Mouser Electronics. https://th.mouser.com/ProductDetail/Melexis/MLX90614ESF-BAA-000-TU?qs=KuGPmAKtFKVScNDmoJmFVw%3D%3D&_gl=1*41x8p3*_ga*MTg2NTM4MTQ3Ni4xNzE2Mjl2Mzk4*_ga_15W4STQT4T*MTcxNjlyNjM5Ny4xLjAuMTcxNjlyNjQwMi41NS4wLjA (accessed Nov. 20, 2023).
- [3] Texas Instruments, “LM35 data sheet, product information and support | TI.com,” Ti.com, 2017. <https://www.ti.com/product/LM35> (accessed Nov. 20, 2023).
- [4] Bosch Sensortec GmbH, “BME280 sensor API,” GitHub, Nov. 03, 2023. https://github.com/BoschSensortec/BME280_driver (accessed Nov. 20, 2023).
- [5] Adafruit Industries, “DHT22 temperature-humidity sensor + extras,” Adafruit.com, 2019. <https://www.adafruit.com/product/385> (accessed Nov. 20, 2023).
- [6] Sensirion AG, “SHT35-DIS-F,” sensirion.com. <https://sensirion.com/products/catalog/SHT35-DIS-F> (accessed Nov. 20, 2023).
- [7] Texas Instruments Incorporated, “HDC1080 data sheet, product information and support | TI.com,” www.ti.com. <https://www.ti.com/product/HDC1080> (accessed Nov. 20, 2023).
- [8] Espressif, “ESP32 Series Datasheet .” Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (accessed Nov. 20, 2023).

heat-stroke-

%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%A1/(accessed Feb. 5, 2024).

[17] สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น, “แพทย์เตือน ภาวะเจ็บป่วยจากลมร้อน ‘ฮีทสโตรก’ เสี่ยงอาการรุนแรง และอาจเสียชีวิตได้,” ddc.moph.go.th, Mar. 25, 2022.

https://ddc.moph.go.th/odpc7/news.php?news=24196&deptcode=odpc7&news_views=4272 (accessed Nov. 20, 2023).

[18] Centers for Disease Control and Prevention, “Frequently Asked Questions (FAQ) About Extreme Heat | Natural Disasters and Severe Weather | CDC,” www.cdc.gov, Apr. 14, 2020.

<https://www.cdc.gov/disasters/extremeheat/faq.html#:~:text=Heat%20stroke%20is%20the%20most> (accessed Feb. 5, 2024).

[19] T. Durongbhandhu, “โรคลมร้อน (Heat Stroke) ,” Thailand Digital Journal, Oct. 2019.

<https://thaidj.org/index.php/CHJ/article/download/7412/7641/11666> (accessed Feb. 5, 2024).

[20] Adafruit, “adafruit/DHT-sensor-library,” GitHub, May 04, 2020.

<https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library> (accessed Nov. 20, 2023).

[21] โรงพยาบาลศิริรินทร์, “วิธีเช็ดตัว ‘ลดไข้’ ที่ถูกต้อง ควรทำอย่างไร ? - โรงพยาบาลศิริรินทร์,” โรงพยาบาลศิริรินทร์, Aug. 19, 2021.

<https://www.sikarin.com/health/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%8A%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%94%E0%B9%84%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%96%E0%B8%B9> (accessed Feb. 5, 2024).