**รายงานความคืบหน้าโครงงาน 1**

**ชื่อโครงงานภาษาไทย:** ระบบแจ้งเตือนฮีทสโตรก

**ชื่อโครงงานภาษาอังกฤษ:** Heatstroke warning system

**ชื่อและเลขทะเบียนนักศึกษา:** ภัทรกร แก้วชูกุล 6310611030

**อาจารย์ที่ปรึกษา:** อ.ดร.กาญจนา ศิลาวราเวทย์

1. **เค้าโครงของโครงงาน**
   1. **ที่มาและความสำคัญ**

ฮีทสโตรก (Heatstroke) เป็นภาวะที่เกิดจากร่างกายมีอุณหภูมิที่สูงเกินไป เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิร่างกายสูงถึง 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า และมักจะเกิดในช่วงฤดูร้อนหรือบริเวณที่มีความชื้นในอากาศสูง นับเป็นหนึ่งในภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ที่ร้ายแรงและอาจทำให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะสำคัญ เช่นสมอง หัวใจ ปอด ไต และกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากในประเทศไทยในฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูงในหลายภูมิภาค จากข้อมูลการเฝ้าระวังเรื่องการเสียชีวิตจากภาวะอากาศร้อนของ กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค ระหว่าง มีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ.2558-2564 มีข้อมูลผู้เสียชีวิตจากภาวะอากาศร้อนจำนวนทั้งสิ้น 234 ราย ที่เกิดจากการอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนจัดเป็นเวลานานจนกระทั่งร่างกายปรับสภาพไม่ทัน การเกิดภาวะฮีทสโตรกบุคคลทั่วไปไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้เลยว่าจะเกิดภาวะฮีทสโตรกเมื่อไหร่ เนื่องจากไม่มีเครื่องมือในการแจ้งเตือนซึ่งอาจทำให้เสียชีวิตได้

โครงงานนี้จึงมีความคิดที่สร้างระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนฮีทสโตรก เพื่อติดตามอุณหภูมิภายในและภายนอกร่างกาย ความชื้นและอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกและแจ้งเตือนผู้ใช้งานรวมถึงเก็บข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ด้วยเพื่อให้ผู้ที่สนใจนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อได้

* 1. **วัตถุประสงค์**
     1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับและเฝ้าระวังฮีทสโตรกที่สามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานได้
     2. เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในร่างกาย อุณหภูมิภายนอก ค่าความชื้น อัตราการเต้นของหัวใจ และคำนวณค่าความเสี่ยงที่จะเกิดฮีทสโตรก
     3. เพื่อรวบรวมข้อมูลสำหรับผู้สนใจนำไปวิเคราะห์หรือใช้งานต่อได้
  2. **ขอบเขต**
     1. ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนที่ประกอบไปด้วย
        1. อุปกรณ์ตรวจวัดที่วัดค่าได้ ดังนี้ อุณหภูมิร่างกาย ความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ และอัตราการเต้นของหัวใจ
        2. เว็บไซต์
        3. วิเคราะห์ คำนวณค่าความเสี่ยงในการเกิดฮีทสโตรก
     2. พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดที่จะประกอบด้วยปลอกแขน Microcontroller, เซนเซอร์ และBuzzer
     3. อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปให้ฐานข้อมูล
     4. สร้างการแจ้งเตือน เมื่อเซนเซอร์วัดค่าได้ค่าสูงในระดับที่เสี่ยงต่อการเกิดฮีทสโตรกระบบจะแจ้งเตือนผู้ใช้หากมีโอกาสเกิดฮีทสโตรกผ่านเสียงด้วย Buzzer มี 2 ระดับดังนี้
        1. ค่าความเสี่ยงต่ำ ใช้ความถี่ต่ำ
        2. ค่าความเสี่ยงสูง ใช้ความถี่สูง
     5. เซนเซอร์จะประกอบด้วย
        1. เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิร่างกาย
        2. เซนเซอร์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิภายนอก
        3. เซนเซอร์ตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจโดยจะติดไว้ที่นิ้วมือ
     6. แสดงผลผ่านเว็บไซต์ด้วย Django framework ประกอบด้วยหน้าดังนี้
        1. หน้า Sign-up สามารถให้ผู้ที่สนใจสมัครมาเป็นผู้ใช้งานทั่วไปได้
        2. หน้า Login สามารถเข้าสู่ระบบและใช้หน้า Notification ได้
        3. หน้า Notification แสดงข้อมูลและสถานะความเสี่ยงที่ได้รับมาจากอุปกรณ์
     7. ระบบจะรองรับผู้ใช้งาน 2 ประเภทดังนี้
        1. ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถดูข้อมูลดังต่อไปนี้
           1. สถานะความเสี่ยง
           2. ค่าอุณหภูมิภายในร่างกาย ค่าอุณหภูมิภายนอก ค่าความชื้น ณ ขณะนั้น
           3. ส่วนสูง(ซม.)
           4. อายุ
           5. น้ำหนัก(กก.)
           6. กราฟแสดงผลรายวันของอุณหภูมิภายในร่างกาย อุณหภูมิภายนอก ค่าความชื้น และค่าความเสี่ยงฮีทสโตรก
        2. ผู้ดูและระบบ สามารถดูข้อมูลดังต่อไปนี้
           1. เลือกข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละคน
           2. กราฟแสดงผลภาพรวมรายวันจากทุกผู้ใช้งานโดยรวม อุณหภูมิภายในร่างกาย อุณหภูมิภายนอก ค่าความชื้น และค่าความเสี่ยงฮีทสโตรก
           3. สถานะความเสี่ยงย้อนหลังได้ของแต่ละผู้ใช้งาน
  3. **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**
     1. ได้ระบบแจ้งเตือนฮีทสโตรกที่แจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดและเว็บไซต์ที่แสดงผลเป็นระดับความเสี่ยงและกราฟของข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด
     2. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับฮีทสโตรกที่เป็นข้อมูลพื้นฐานให้ผู้ที่สนใจนำไปวิเคราะห์และใช้งานต่อได้

1. **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**
   1. อาการของฮีทสโตรกที่สามารถตรวจวัดได้อุณหภูมิภายในร่างกายที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียสเกิดพร้อมอากาศร้อน ผิวแห้งและอาจทำให้เกิดอาการเพ้อ อาการชัก หรืออาการโคม่า[1]
   2. การตรวจวัดอุณหภูมิภายในร่างกายจากการคำนวนจากอุณหภูมิผิวหนังและอุณหภูมิโดยรอบ เพื่อให้ได้อุณภูมิภายในร่างกาย [6]

อุณหภูมิภายในร่างกาย = อุณหภูมิผิวหนัง + ɑ × (อุณหภูมิผิวหนัง − อุณหภูมิโดยรอบ)

ตารางที่ 1 แสดงค่า ɑ ของแต่ละตำแหน่งบนร่างกาย

|  |  |
| --- | --- |
| ตำแหน่ง | ɑ |
| ทวาร | 0.0699 |
| หัว | 0.3094 |
| ลำตัว | 0.5067 |
| มือ | 0.7665 |
| เท้า | 2.1807 |

* 1. **เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ** [13]
     1. แบบสัมผัส

เป็นเซนเซอร์ที่ต้องนำไปแตะกับวัตถุที่ต้องการวัดอุณหภูมิถึงจะวัดค่าได้ ใช้งานได้กับวัตถุที่เป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ส่วนใหญ่จะใช้วัดค่าอุณหภูมิตั้งแต่ -40°C ถึง 1700 °C มี 2 ประเภทคือ

* + - 1. Resistance Temperature Detectors (RTDs)
      2. Thermistors (Negative Temperature Coefficient (NTC))
    1. แบบไร้การสัมผัส

เป็นเซนเซอร์ที่ไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรงแต่จะใช้เทคโนโลยีอินฟราเรดเพื่อวัดอุณหภูมิที่พื้นผิวแทน ใช้งานได้กับวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ วัตถุที่อุณหภูมิจะคลาดเคลื่อนหากมีอะไรไปรบกวน วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงมาก หรือวัตถุที่อยู่ไกลมากมี 2 ประเภทคือ

* + - 1. Thermocouples
      2. Semiconductor-Based Sensors

* 1. **เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น**
     1. BME280 [16]

คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดความกดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 85 °C ความแม่นยำ ± 0.5 °C (ที่ 25 °C) วัดค่าความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ความแม่นยำ ± 3 % และวัดค่าความกดอากาศตั้งแต่ 300 ถึง 1100 hPa ความแม่นยำ ± 1 Pa

* + 1. DHT

DHT11 [20] คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่มีราคาถูก สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50 °C ความแม่นยำ ± 2 °C และวัดค่าความชื้นตั้งแต่ 20 ถึง 80 % ค่าความแม่นยำ ± 5 %

DHT22 [19] คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่มีราคาถูก สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 80 °C ความแม่นยำ ± 0.5 °C และวัดค่าความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ค่าความแม่นยำ ± 2 ถึง 5 %

* + 1. SHT

SHT31 [17] คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 125 °C ความแม่นยำ ± 0.2 °C และวัดค่าความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ค่าความแม่นยำ ± 2 %

SHT35 [18] คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 125 °C ความแม่นยำ ± 0.1 °C และวัดค่าความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ค่าความแม่นยำ ± 1.5 %

* + 1. HDC1080 [21]

HDC1080 คือเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 ถึง 125 °C ความแม่นยำ ± 0.2 และวัดค่าความชื้นตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ค่าความแม่นยำ ± 2 %

* 1. **Microcontroller**
     1. ESP32 [22]

คือไมโครคอนโทรลเลอร์ราคาถูก 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

* 1. **เซนเซอร์วัดชีพจร**

XD-58C Pulse Sensor [14] เป็นเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจที่สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกชนิดได้รับการออกแบบและผลิตโดยบริษัท World Famous Electronics

* 1. **Django framework**

Django framework [23] เป็นเว็บเฟรมเวิร์ก open-source ที่ใช้ภาษา python และมีสถาปัตยกรรมแบบ model–template–views ที่ได้รับการดูแลโดย Django Software Foundation

1. **เทคโนโลยีที่ใช้ในการทำโครงงาน**
   1. ESP32

ใช้เพื่อเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ทั้งหมด และส่งข้อมูลผ่านทาง WiFi เลือกใช้ ESP32 เพราะว่าสามารถส่งข้อมูลผ่าน WiFi ได้ มีราคาถูกและมีขา GPIO ที่หลากหลาย

* 1. DHT22

ใช้เพื่อวัดค่าอุณหภูมิภายนอกและค่าความชื้นสัมพัทธ์จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวนค่าอุณหภูมิภายในและค่าความเสี่ยงในการเกิดฮีทสโตรก เลือกใช้ DHT22 เพราะว่าเป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูง ราคาถูก ใช้งานง่าย และมีความมนทานต่อสภาพแวดล้อม

* 1. XD-58C Pulse Sensor

ใช้เพื่อวัดค่าชีพจรจากปลายนิ้วจากนั้นนำมาคำนวนหาอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงในการเกิดฮีทสโตรก เลือกใช้ XD-58C Pulse Sensor เพราะว่ามีตัวอย่างการใช้งานที่หลากหลาย ราคาถูก และมีความแม่นยำ

* 1. Active Buzzer

ใช้เพื่อส่งเสียงแจ้งเตือนเมื่อค่าความเสี่ยงในการเกิดฮีทสโตรกถึงเกณฑ์ที่กำหนด GY-906-BAA MLX90614

ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิจากผิวหนังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าอุณหภูมิภายในร่างกาย เลือกใช้ GY-906-BAA MLX90614 เพราะมีความสะดวกสบายเวลาตรวจวัดเพราะไม่ติดกับผิวหนัง บางครั้งผิวหนังอาจจะมีเหงื่อรบกวนหากใช้เซนเซอร์แบบสัมผัส

* 1. Django framework

ใช้เพื่อสร้างเว็บไซต์สำหรับการแสดงผลและเก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูล เลือกใช้ Django framework เพราะว่าเป็น framework ที่ใช้งานง่ายใช้ร่วมกับภาษา python มีความปลอดภัยสูง มี admin interface ในตัว และใช้ฐานข้อมูล SQLite

* 1. ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก

Microcontroller จะนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์มาคำนวนหาค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรกโดยจะแบ่งเป็นดังนี้

ตารางที่ 2 แสดง input และค่าความเสี่ยงจะเป็นฮีทสโตรก

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Input | สถานะ | ค่าที่อ่าน | ค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก |
| อัตราการเต้นของหัวใจ  (bpm) | ปกติ  ปานกลาง  สูง | แปรผันตามเพศและอายุ | 0  1  2 |
| อุณหภูมิร่างกาย  (°C) | ปกติ  ปานกลาง  สูง  สูงมาก | 35.4 - 37.4  37.5 - 38.4  38.5 - 39.4  ≥ 40 | 0  1  2  3 |
| ความชื้นสัมพัทธ์และ  อุณหภูมิภายนอก | ปกติ  ปานกลาง  สูง  สูงมาก | ≤27  28 - 34  35 - 37  38 - 50 | 0  1  2  3 |

ความชื้นและอุณหภูมิภายนอกคำนวณโดยใช้ อุณหภูมิภายนอก + ความชื้นสัมพัทธ์ \* 0.1 เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์อย่างเดียวนั้นมีน้ำหนักน้อยมากถ้าเทียบกับอุณหภูมิจึงกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์มีน้ำหนักที่ 20 % โดยกำหนดให้อุณหภูมิภายนอกสูงสุดที่ 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ 100 %

ตารางที่ 3 แสดงสถานะของค่าความเสี่ยงที่จะเป็นฮีทสโตรก

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

โดยที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์และค่าความเสี่ยงทุกๆ 15 นาที ไปให้เว็บไซต์เพื่อเก็บเข้าฐานข้อมูลและเมื่อเว็บไซต์ได้รับข้อมูลว่ามีความเสี่ยงจะมีการแจ้งเตือนผ่าน Notification บนเว็บไซต์ และในส่วนของอุปกรณ์จะมีการส่งเสียงผ่าน Buzzer ที่จะทำการแจ้งเตือนหากมีสถานะสูงและสูงมาก

1. **โครงงานหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)**

จากการสืบค้นพบว่ามีอุปกรณ์ตรวจจับฮีทสโตรกที่พัฒนาอยู่แล้วในงานวิจัยก่อนหน้าเช่น Design and Development of a Wearable Device for Heat Stroke Detection [5] ซึ่งเป็นงานวิจัยของ Sheng-Tao Chen, Shih-Sung Lin ,Chien-Wu Lan และHao-Yen Hsu พวกเขาได้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับฮีทสโตรกโดยจะมีการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิโดยรอบและความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายในร่างกาย และค่าความต้านทานต่อผิวหนัง(skin resistance) โดยใช้เซนเซอร์ชีพจร เซนเซอร์ SHT75, เซนเซอร์ MLX90614 เซนเซอร์ Grove-GSR(เซนเซอร์วัดค่าความต้านทานต่อผิวหนัง) และ Arduino Nano เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่งข้อมูลโดยใช้โมดูลในการส่งข้อมูล IL-LoRa 1272 ไปคำนวณข้อมูลที่ PC จากนั้นก็ส่งข้อมูลกลับไปที่อุปกรณ์เพื่อแจ้งเตือนข้อเสียของอุปกรณ์นี้ก็คือการอ่านข้อมูลเนื่องจากผู้ใช้งานยังไม่สามารถดูข้อมูลจากอุปกรณ์ได้ทันทีและไม่มีหน้า interface ราคาแพงเนื่องจากการใช้งานเซนเซอร์ที่มีราคาสูงและโมดูลในการรับส่งข้อมูล

1. **ผลการดำเนินงาน**
   1. **อุปกรณ์ตรวจวัด**
      1. สามารถวัดค่าต่อไปนี้ได้ อุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิจากผิวหนังและค่าความชื้นสัมพัทธ์
      2. สามารถส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยังเว็บไซต์
      3. สามารถส่งเสียงแจ้งเตือนเมื่อถึงจุดที่มีความเสี่ยง
   2. **เว็บไซต์**
      1. สามารถรับข้อมูลจากอุปกรณ์มาเก็บเข้าฐานข้อมูล
2. **ปัญหาและอุปสรรค**
3. ของขาดตลาดทำให้การซื้อวัสดุและการจัดทำอุปกรณ์ล่าช้า
4. การใช้งาน XD-58C Pulse Sensor ยังมีปัญหาบางอย่างที่ยังต้องแก้ไข
5. **แผนดำเนินงานต่อไป**
6. ทำหน้าแสดงผลข้อมูลที่จะประกอบไปด้วยกราฟของค่าที่อุปกรณ์วัดได้และค่าความเสี่ยง
7. แก้ปัญหาการใช้งาน XD-58C Pulse Sensor
8. หาวัสดุเพื่อให้สามารถเอาอุปกรณ์ไปสวมใส่ได้
9. **บรรณานุกรม**

[1] A. Bouchama and J. P. Knochel, “Heat Stroke,” *New England Journal of Medicine*, vol. 346, no. 25, pp. 1978–1988, Jun. 2002, doi: https://doi.org/10.1056/nejmra011089.

[2] 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).

[3] 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, doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.142.

[4] C. Tamantini, Cristiana Rondoni, F. Cordella, E. Guglielmelli, and L. Zollo, “A Classification Method for Workers’ Physical Risk,” *Sensors*, vol. 23, no. 3, pp. 1575–1575, Feb. 2023, doi: https://doi.org/10.3390/s23031575.

[5] S.-T. Chen, S.-S. Lin, C.-W. Lan, and H.-Y. Hsu, “Design and Development of a Wearable Device for Heat Stroke Detection,” *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 17, Dec. 2017, doi: https://doi.org/10.3390/s18010017.

[6] J. G. Labs Principal Application Engineer, Sensor Products, Silicon, “High-Precision Temperature Sensing for Core Temperature Monitoring in Wearable Electronics,” *Electrical Engineering News and Products*, Nov. 23, 2016. https://www.eeworldonline.com/high-precision-temperature-sensing-for-core-temperature-monitoring-in-wearable-electronics/

[7] R. Eichner, “Heat Stroke in Sports: Causes, Prevention and Treatment,” *Gatorade Sports Science Institute*, 2018. https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article/sse-86-heat-stroke-in-sports-causes-prevention-and-treatment

[8] S.-S. Lin, C.-W. Lan, H.-Y. Hsu, and S.-T. Chen, “Data Analytics of a Wearable Device for Heat Stroke Detection,” *Sensors*, vol. 18, no. 12, p. 4347, Dec. 2018, doi: https://doi.org/10.3390/s18124347.

[9] SYNPHAET HOSPITAL, “โรคฮีทสโตรก (Heat Stroke) หรือโรคลมแดด - โรงพยาบาลสินแพทย์,” *โรงพยาบาลสินแพทย์*, Mar. 28, 2023. https://www.synphaet.co.th/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%AE%E0%B8%B5%E0%B8%97%E0%B8%AA%E0%B9%82%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%81-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/

[10] 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

[11] 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

[12] T. Durongbhandhu, “โรคลมร้อน (Heat Stroke) ธราธร ดุรงค์พันธุ ์ พ.บ.,” Dec. 2019.

[13] “4 Types Of Temperature Sensors,” Atlas Scientific, Oct. 17, 2022. https://atlas-scientific.com/blog/types-of-temperature-sensors/

[14] World Famous Electronics LLC, “WorldFamousElectronics/PulseSensorPlayground,” GitHub, May 19, 2023. https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensorPlayground

[15] Adafruit, “adafruit/DHT-sensor-library,” GitHub, May 04, 2020. https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library

[16] Bosch Sensortec GmbH, “BME280 sensor API,” GitHub, Nov. 03, 2023. https://github.com/BoschSensortec/BME280\_driver (accessed Nov. 20, 2023).

[17] Sensirion AG, “SHT31-DIS-B,” sensirion.com. https://sensirion.com/products/catalog/SHT31-DIS-B/

[18] Sensirion AG, “SHT35-DIS-F,” sensirion.com. https://sensirion.com/products/catalog/SHT35-DIS-F (accessed Nov. 20, 2023).

[19] Adafruit Industries, “DHT22 temperature-humidity sensor + extras,” Adafruit.com, 2019. https://www.adafruit.com/product/385

[20] A. Industries, “DHT11 basic temperature-humidity sensor + extras,” www.adafruit.com. https://www.adafruit.com/product/386

[21] 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).

[22] Espressif, “ESP32 Series Datasheet .” Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\_datasheet\_en.pdf

[23] Django, “Django,” Django Project. https://docs.djangoproject.com/en/4.2/