



กรมอุตุนิยมวิทยา

๔๓๕๓ ถนนสุขุมวิท บางนา กรุงเทพฯ ๑๐๒๖๐

METEOROLOGICAL DEPARTMENT

4353 SUKHUMVIT ROAD, BANGKOK 10260, THAILAND

เอกสารวิชาการ

การประมาณค่าดัชนีความร้อนโดยวิธีของ Steadman

นายปรเมศร์ อมาตยกุล

Estimating Heat Index Value Using Steadman's Method

Porrames Amatayakul

เอกสารวิชาการเลขที่

๕๕๑.๕๑๑-๓๓-๐๑-๒๕๔๕

TECHNICAL DOCUMENT No.

551.511-33-01-2006

ISBN: 974-9616-30-8

การประมาณค่าดัชนีความร้อนโดยวิธีของ Steadman

Estimating Heat Index Value Using Steadman's Method

นายปรเมศร์ อมาตยกุล

กลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร

สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา

พฤษภาคม 2549

Porrames Amatayakul

Agro - meteorological Academic Group

Meteorological Department Bureau

May 2006

บทคัดย่อ

สาเหตุที่ทำการศึกษาเรื่อง “การประมาณค่าดัชนีความร้อนโดยวิธีของ Stedman” เนื่องจากกรมอุตุนิยมวิทยายังไม่เคยมีการตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนมาก่อน ซึ่งค่านี้สามารถประมาณได้จากอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนเป็นกรณีพิเศษที่บ่งบอกว่ามนุษย์มีความรู้สึกที่แท้จริงต่ออากาศร้อนอย่างไร ดังนั้นเราจึงสามารถนำค่าดัชนีความร้อนไปประยุกต์ใช้ในการเตือนภัยจากอากาศร้อน เพื่อลดอันตรายจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนของมนุษย์ได้

วิธีการศึกษาได้ใช้สมการประมาณค่าดัชนีความร้อนของ Steadman ในการประมาณค่าดัชนีความร้อน โดยกำหนดค่าอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งระหว่าง 21-50 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่าง 0-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพอากาศช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย จากนั้นจะเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อประมาณค่าดัชนีความร้อน และสร้างเป็นตารางค่าดัชนีความร้อน

ผลจากการศึกษาพบว่าในวันที่มีอากาศร้อนและความชื้นในอากาศสูง ค่าดัชนีความร้อนจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งที่เราตรวจวัดได้ และจะเพิ่มมากขึ้นตามความชื้นของอากาศที่เพิ่มขึ้น ค่าดัชนีความร้อนสามารถแบ่งเป็นระดับความรุนแรงได้ 5 ระดับ คือระดับที่ 1 ค่าดัชนีความร้อนน้อยกว่า 27 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้ง 21-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 15-75 เปอร์เซ็นต์ ปกติไม่อันตราย สามารถทำกิจกรรมต่อไปได้ ระดับที่ 2 ค่าดัชนีความร้อน $27 \leq HI \leq 32$ องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศดุ่มแห้ง 26-34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ความระมัดระวัง เกิดอาการเหนื่อยอ่อนเมื่อยล้า ระดับที่ 3 ค่าดัชนีความร้อน $32 < HI \leq 41$ องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศดุ่มแห้ง 28-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้น เกิดอาการเพลียแดด (Heat Exhaustion) ระดับที่ 4 ค่าดัชนีความร้อน $41 < HI \leq 54$ องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศดุ่มแห้ง 30-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ อันตราย เกิดอาการตะคริวแดด (Heat Cramps) ระดับที่ 5 ค่าดัชนีความร้อน $HI > 54$ องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศดุ่มแห้ง 33-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ อันตรายนรุนแรงที่สุด เกิดโรคลมร้อน (Heat Stroke)

Abstract

The caused to study “Estimating Heat Index Value Using Steadman’s Method.” Because the meteorological department have never measured the heat index value before. We can estimate the heat index value from dry temperature and relative humidity of the air and no need to use meteorological instruments. Heat index is an index to show how hot it actually feels of human. So we can apply heat index value for hot warning to reduce heat injury for human being.

The way for studying use Steadman’s heat index equation to estimate the heat index value with fixed dry temperature range 21-50 °C and relative humidity range 0-100%, this ranges suitable for the hot season in Thailand. After that we will create computer program for estimate heat index values and use these values to create heat index tables.

The result of this study found that, when the weather is hot and high humidity the value of heat index will higher than the actual dry air temperature and rises as the humidity in the air increases. We can define heat index values for five level such as level 1 normal, heat index values less than 27 °C with the dry air temperature 21-27 °C and relative humidity 15-75% range the people can do continuously activity. Level 2 caution, heat index values $27 \leq HI \leq 32$ °C with the dry air temperature 27-32 °C range and relative humidity higher than 40% possible heat disorders for people in fatigue possible with prolonged exposure and/or physical activity. Level 3 extreme caution heat index values $32 < HI \leq 41$ °C with the dry air temperature 28-49 °C range and relative humidity higher than 25% possible heat disorders for people in heat exhaustion. Level 4 danger, heat index values $41 < HI \leq 54$ °C with the dry air temperature 30-50 °C range and relative humidity higher than 15% possible heat disorders for people in heat cramps. Level 5 extreme danger, heat index values higher than 54 °C with the dry air temperature 33-50 °C range and relative humidity higher than 25% possible heat disorders for people in heat stroke or sunstroke likely.

สารบัญเรื่อง
(Table of Contents)

บทที่		หน้า
1	บทนำ(INTRODUCTION)	1
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.2	วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาวิจัย	3
1.3	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง(Literature review)	4
1.4	ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย	10
1.5	การทบทวนการศึกษาค่าดัชนีความร้อนของ Steadman	12
1.6	วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัยโดยสรุป	13
1.7	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	14
2	ข้อมูลและวิธีดำเนินการวิจัย(Material & Method)	15
2.1	ข้อมูลที่ใช้(Material)	15
2.2	วิธีการดำเนินงานวิจัย(Method)	16
3	ผลการวิจัย(Result)	18
3.1	ผลลัพธ์จากการประมาณค่าดัชนีความร้อนและการสร้างตารางค่าดัชนี ความร้อน	18
3.2	ผลลัพธ์จากการเขียนโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน	31

บทที่		หน้า
3.3	ตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง (21-50 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (0-100 เปอร์เซ็นต์) ในโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”	32
4	ข้อวิจารณ์(Discussion)	37
4.1	ข้อวิจารณ์ค่าดัชนีความร้อน	37
4.2	ข้อวิจารณ์โปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”	42
5	สรุปและข้อเสนอแนะ(Conclusion and Recommendation)	44
5.1	สรุป(Conclusion)	44
5.2	ข้อเสนอแนะ(Recommendation)	45
	คำนิยาม	46
	บรรณานุกรม(Bibliography)	47
	ภาคผนวก(Appendix)	48

สารบัญตาราง
(List of Tables)

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าความรุนแรงระดับต่าง ๆ ของดัชนีความร้อนตามวิธีการ ของ Stedman ร่วมกับสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA	13
2	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 0-25 เปอร์เซ็นต์	19
3	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 26-50 เปอร์เซ็นต์	20
4	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 51-75 เปอร์เซ็นต์	21
5	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 21-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76-100 เปอร์เซ็นต์	22
6	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 31-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 0-25 เปอร์เซ็นต์	23
7	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 31-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 26-50 เปอร์เซ็นต์	24
8	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 31-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 51-75 เปอร์เซ็นต์	25
9	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 31-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76-100 เปอร์เซ็นต์	26
10	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 41-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 0-25 เปอร์เซ็นต์	27
11	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 41-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 26-50 เปอร์เซ็นต์	28

ตารางที่		หน้า
12	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 41-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 51-75 เปอร์เซ็นต์	29
13	ค่าดัชนีความร้อน อุณหภูมิ 41-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76-100 เปอร์เซ็นต์	30
14	การดัดแปลงค่าดัชนีความร้อนตามค่าความรุนแรงระดับต่าง ๆ ของ Stedman ร่วมกับสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์	39
15	ค่าดัชนีความร้อนของ Stedman จำแนกตามระดับความรุนแรง ร่วมกับสีสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA	41

สารบัญรูป
(List of Illustrations)

รูปที่		หน้า
1	แสดงกราฟเปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีความร้อนที่ประมาณได้จากวิธี Wet-Bulb-Globe Method และวิธี Stedman's Heat Index	11
2	แสดงการคาดการณ์ภาวะโลกร้อนปี พ.ศ.2543-2643	16
3	แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 23 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 24 เปอร์เซ็นต์	32
4	แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 26 เปอร์เซ็นต์	33
5	แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์	34
6	แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์	35
7	แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์	36

สารบัญภาคผนวก
(list of Appendix)

ภาคผนวกที่		หน้า
1	รายละเอียดของโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”เขียนโดยใช้ภาษา Visual Basic	49
2	ตัวอย่างเครื่องมือวัดอุณหภูมิพิเศษที่ใช้ในการตรวจวัดดัชนี ความร้อนของ Stedman	51

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี อุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล พื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินบริเวณ ตั้งแต่ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ระหว่างกลางวันกับกลางคืน ส่วนความชื้นสัมพัทธ์บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินตั้งแต่ภาคกลาง ขึ้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่ ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำสุดในรอบปี แต่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะสูงขึ้น ขณะที่ฝนตก ในช่วงฤดูร้อน

ฤดูร้อนของประเทศไทยเริ่มระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม มีระยะ นานประมาณ 3 เดือน เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัด เนื่องจากในระยะนี้ดวงอาทิตย์ กำลังเคลื่อนผ่านเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ ซึ่งตรงกับบริเวณที่ประเทศไทยตั้งอยู่ บริเวณ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง มีช่วง อากาศร้อนอยู่นาน ส่วนบริเวณ ชายฝั่งทะเลมีช่วงฤดูร้อนสั้นกว่า โดยเฉพาะภาคใต้เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากทะเลทั้งสองฝั่งจึง ทำให้อากาศไม่ร้อนมากนักและมีฝนตกบ้างเล็กน้อย

คณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ ที่มีองค์การ วิทยาศาสตร์ ได้ร่วมมือกับองค์การสหประชาชาติ ฝ้าสังเกตผลกระทบต่างๆ ในช่วง 50 กว่าปีมานี้ และได้พบหลักฐานว่า อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นในทุกหนทุกแห่งประมาณ 1.4-5.8 องศาเซลเซียส จากการที่ภาวะโลกร้อนขึ้น ทำให้เกิดปัญหาด้านต่าง ๆ ตามมา โดยเฉพาะปัญหาด้านสุขภาพ ก็เป็น เรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงนี้ด้วย เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นที่สูงขึ้น ส่งผลให้มีอันตรายจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน มากขึ้น

ดังนั้นเราจึงควรที่จะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับค่าดัชนีความร้อน เพื่อนำไปใช้ในการเตือนภัยที่จะ เกิดขึ้นจากความร้อน หรือลดอันตรายจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนของผู้ที่ต้องปฏิบัติงานอยู่ ท่ามกลางความร้อนเป็นเวลานาน

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

มนุษย์ที่อยู่ท่ามกลางแดดหรือความร้อนนาน ๆ มีผลทำให้สุขภาพแย่ลง ความร้อน ส่งผลกระทบต่อผู้ที่ต้องทำงานหรือออกกำลังกายได้ภาวะเหงื่อ ไข่มกกาย เช่น คนงาน โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานหลอมโลหะ คนงานเหมืองแร่ พนักงานผจญเพลิง ทหาร นักกีฬา และ เกษตรกร เป็นต้น ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับความร้อน

ร่างกายของมนุษย์ถ่ายเทความร้อน โดยการระเหยของน้ำจากผิวหนังในรูปของเหงื่อ ลมฟ้าอากาศมีผลต่อร่างกายและสุขภาพของมนุษย์ หากวันใดอากาศร้อนอบอ้าวมาก อาจทำให้มนุษย์เกิดอาการหงุดหงิด อึดอัด ไม่สบาย เมื่ออาหาร อาหารไม่ย่อย เกิดความเครียดได้ง่าย และอาจเกิดอาการทางจิตได้ในที่สุด สภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าอุณหภูมิกาย โดยอุณหภูมิของคนปกติ คือ 36.78 องศาเซลเซียส (P.A. Mackowiak, Journal of the American Medical Association ฉบับเดือนกันยายน พ.ศ 2537) อาจทำให้เกิดลมแดด

ความเครียดจากความร้อนเป็นผลมาจากความร้อนของร่างกาย ซึ่งตัวแปรหลักสำคัญ คือ อุณหภูมิและความชื้น อาการไฮเปอร์เทอร์เมีย คือ การที่อุณหภูมิจริงของร่างกายสูงกว่าขบวนการเผาผลาญอาหารปกติของร่างกาย ความเครียดจากความร้อนอาจเป็นอันตรายถึงตายได้ แต่คนส่วนใหญ่กว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ไม่รู้วิธีจัดการกับมัน อาการเหล่านี้ ได้แก่ **การบวมแดด(Heat Edema)** เกิดขึ้นจากร่างกายของเราไม่ยอมรับเกลือและน้ำที่เราดื่มกินเข้าไป อาการที่สังเกตเห็นคือ ข้อมเท้าบวม มักเกิดขึ้นหลังจากที่เราเข้าไปอยู่ในที่ที่มีอากาศร้อน 1-2 วันแล้ว **ลมแดด (Heat Syncope)** เป็นลมสลบเนื่องจากความดันโลหิตตก **ตะคริวแดด (Heat Cramps)** การเป็นตะคริว เนื่องจากร่างกายขาดเกลือ **โรคเพลียแดด (Heat Exhaustion)** การสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย เราจะไม่มีอาการหิวน้ำ (เพราะส่วนใหญ่จะดื่มน้ำมาก ๆ ไปแล้ว) จะมีอาการปวดศีรษะ คลื่นเหียน อาเจียน อ่อนเพลีย เป็นต้น

ดังนั้นถ้าหากกรมอุตุนิยมวิทยาได้มีการศึกษา วิเคราะห์ วิจัย ทำให้ทราบถึงค่าบรรณความร้อน ก็จะทำให้กรมอุตุนิยมวิทยาสามารถที่จะเตือนภัยจากอากาศร้อน ซึ่งจะช่วยลดอันตรายจากการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากความร้อนลงได้

วิธีการศึกษาค่าดัชนีความร้อน ซึ่งเป็นที่ยอมรับและถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในประเทศสมาชิกขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก(World Meteorological Organization, WMO) คือ วิธี Wet-Bulb-Globe Method (WBGT)

$$WBGT = 0.7WB + 0.2GT + 0.1DB$$

โดย WB = อุณหภูมิตุ้มเปียก(wet bulb)

DB = อุณหภูมิตุ้มแห้ง(dry bulb)

GT = อุณหภูมิตุ้มดำ(black globe)

และวิธีของ Stedman(Stedman's Heat Index,1979) โดยนำค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง(dry bulb temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (relative humidity) มาหาความสัมพันธ์กัน และสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์แบบ multiple regression ดังนี้

สมการ

$$HI = -42.379 + 2.04901523 \times T + 10.1433127 \times RH - 0.22475541 \times T \times RH - 6.83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \times RH^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times RH + 8.5282 \times 10^{-4} \times T \times RH^2 - 1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times RH^2$$

โดย

T = อุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง(dry bulb temperature) หน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.2.1 กำหนดพื้นที่ศึกษาในระดับจังหวัดตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยที่มีสถานีตรวจวัดสารประกอบอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งอยู่ โดยใช้ข้อมูลสถิติอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งเฉลี่ยคาบ 30 ปี พ.ศ. 2514-2543 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 88 สถานี, ข้อมูลสถิติอุณหภูมิสูงสุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494 - 2546 และข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ซึ่งเป็นคณะที่ปรึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ขององค์การสหประชาชาติ มาเป็นข้อมูลหลักในการพิจารณาเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับประมาณค่าดัชนีความร้อนของประเทศไทย

1.2.2 ประมาณค่าดัชนีความร้อนตามวิธีการของ Stedman โดยสร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เพื่อประมาณค่าดัชนีความร้อน และสร้างเป็นตารางค่าดัชนีความร้อน(Heat Index Table) เพื่อให้ นักพยากรณ์อากาศและเจ้าหน้าที่อุตุนิยมวิทยา ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ภาครัฐและเอกชนได้นำไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความร้อน โดยเฉพาะการพยากรณ์ค่าดัชนีความร้อนในระดับจังหวัดตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

1.3 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง(Literature review)

การศึกษาเรื่องดัชนีความร้อนในประเทศไทยได้มี

1.3.1 ในปี พ.ศ. 2491 C. W. Thornthwaite ได้ใช้ค่าดัชนีความร้อนในการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยสูงสุดของน้ำ(Potential Evapotranspiration) และใช้เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งเขตภูมิอากาศ(Climatic Classification)

1.3.2 ในปี พ.ศ. 2540 นายแพทย์ สุรจิต สุนทรธรรม แห่งกองอายุรกรรม กรมแพทย์ทหารบก ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าดัชนีความร้อน โดยใช้วิธี Wet-Bulb-Globe Method (WBGT)

โดยได้สรุปเป็นตารางการคัดแปลงกิจกรรมด้วยการใช้ WBGT Index ดังนี้

ดัชนีความร้อน (°ฟ)	ขีดจำกัด
< 50	ความเสี่ยงต่ำต่อการมีอุณหภูมิสูงเกิน แต่อาจมีความเสี่ยงต่อการมีอุณหภูมิต่ำเกิน
< 65	ความเสี่ยงต่ำต่อการเกิดการเจ็บป่วยจากความร้อน
65 - 73	ความเสี่ยงปานกลางจนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลังกาย
73 - 82	ผู้ที่มีความเสี่ยงสูงไม่ควรได้รับการฝึก; สวมเสื้อคอกลมและกางเกงขาสั้น ในช่วงสัปดาห์แรกของการฝึก
82 - 84	ผู้ที่ออกกำลังกายทุกคนต้องได้รับการดูแล เพื่อรักษาสภาพการได้รับสารน้ำที่เพียงพอ
85 - 87.9	ผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกปรับสภาพให้เคยชินไม่ควรได้รับการฝึก ควรงดการฝึกในชุดฝึกที่หนา
88 - 89.9	ผู้ที่เคยชินควรออกกำลังกายด้วยความระมัดระวัง และถ้าต้องทำงานต่อไป ควรลดน้ำหนักลง; สวมเฉพาะเสื้อที่บางเบา
90 หรือมากกว่า	หยุดการฝึกทุกชนิด

1.3.3 นายแพทย์บุญญเติม แสงศิษฐ์ แห่งกองเวชกรรมป้องกัน กรมแพทย์ทหารบก ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเจ็บป่วยจากความร้อน เพื่อให้ทหารใหม่มีความปลอดภัยจากการฝึก

ในช่วงที่อากาศร้อน ในเอกสารเรื่อง “ทหารใหม่ปลอดภัยจากการฝึก” โดยหาค่าดัชนีความร้อนจากเครื่องวัดอุณหภูมิพิเศษ(ดูในภาคผนวกที่ 2) ซึ่งตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนโดยใช้สมการประมาณค่าดัชนีความร้อนของ Stedman และได้ให้คำแนะนำเป็นตารางการฝึกทหารใหม่ด้วยการใช้ Stedman’s Heat Index ดังต่อไปนี้

ตารางคำแนะนำการฝึกทหารใหม่ด้วยการใช้ Stedman’s Heat Index

ดัชนีความร้อน (Heat Index °C)	ปริมาณน้ำดื่ม ลิตร/ชั่วโมง	เวลาฝึกหนักที่อาจ ทำได้ใน 1 ชั่วโมง
น้อยกว่า 27	อย่างน้อย 1/4 ลิตร	ทำได้ต่อเนื่อง
27-32	อย่างน้อย 1/2 ลิตร	50 นาที
32-40	อย่างน้อย 1 ลิตร	45 นาที
41-54	อย่างน้อย 1 ลิตร	30 นาที
มากกว่า 54	อย่างน้อย 1 ลิตร	20 นาที

สำหรับอาการแสดงของการเจ็บป่วยจากความร้อน(นายแพทย์ สุรจิต สุนทรธรรม, 2540) ได้กล่าวถึงไว้ในหนังสือเรื่อง “โรคพิษจากความร้อน” มีดังนี้

1. การบวมแดด (Heat Edema)

การบวมแดดเป็นการเจ็บป่วยที่มีขีดจำกัดในตัวเอง มีอาการบวมและตึงของมือและเท้า ซึ่งเกิดขึ้นใน 2 ถึง 3 วันแรกของการเข้าสู่สภาพแวดล้อมที่ร้อน มักพบบ่อยในผู้สูงอายุที่ไม่เคยชินกับอากาศร้อนหลังจากนั่งในรถหรือเครื่องบินนานๆ. นอกจากนี้ยังพบในคนสุขภาพดีที่เพิ่งเดินทางมาจากเขตที่เย็นกว่า อาการบวมมักเป็นเล็กน้อยและไม่จำกัดกิจกรรมปกติ บางครั้งอาการบวมอาจขึ้นมาถึงข้อเท้าได้ แต่มักไม่ลามขึ้นมาถึงหน้าแข้งในการดูแลผู้ป่วยควรได้มีการสัมผัสประวัติและการตรวจร่างกาย เพื่อการแยกโรคตามระบบต่างๆ ที่ก่อให้เกิดอาการบวม การบวมแดดเกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนังและมีสารน้ำคั่งในช่องระหว่างเซลล์ที่บริเวณแขนขา นอกจากนี้ยังพบว่าการหลั่ง aldosterone และ antidiuretic hormone (ADH) เพิ่มขึ้นด้วย การบวมแดดมักหายไปในเวลาไม่กี่วัน แต่อาจเป็นถึง 6 สัปดาห์ได้ การรักษาอาจทำแค่เพียงนอนยกขาสูง ไม่จำเป็นต้องมีการรักษาเฉพาะ การให้ยาขับปัสสาวะมักไม่ได้ผลและอาจก่อให้เกิดภาวะผิดปกติของเกลือแร่, การพร่องปริมาตรสารน้ำ และการเจ็บป่วยจากความร้อนที่รุนแรงขึ้นได้. นอกจากนี้

มีผู้แนะนำว่า การลดปริมาณโซเดียมและเพิ่มปริมาณโปแตสเซียมในอาหาร อาจช่วยป้องกันอาการบวม ดังกล่าวได้

2. ผด (Prickly Heat)

ผดเป็นผื่นแดงคัน (pruritic, maculopapular, erythematous rash) ซึ่งพบบริเวณที่สวมเสื้อผ้า ผดเป็นการอักเสบเฉียบพลันของต่อเหงื่อเกิดจากรูเหงื่ออุดตันด้วย macerated stratum corneum ต่อเหงื่อจึงป้องกันและแตกในที่สุด ก่อให้เกิดตุ่มที่ผิวใน malpighian layer ของผิวหนังบนฐานสีแดง มีอาการคันเป็นอาการเด่น ซึ่งสามารถรักษาได้ผลดีโดยใช้ antihistamine การป้องกันสามารถทำได้ด้วยการสวมเสื้อผ้าที่สะอาด เบา และหลวม รวมทั้งการหลีกเลี่ยงภาวะที่ทำให้เหงื่อออก การใช้แป้งทาตัวไม่มีใครได้ประโยชน์เท่าใดนัก บางครั้งต่อเหงื่ออาจมีการติดเชื้อ *Staphylococcus aureus*. การรักษาในระยะนี้ใช้ Chlorhexidine ใน light cream หรือ lotion เมื่อได้รับความร้อนนานขึ้น 6keratin plug อาจก่อตัวเต็มต่อเหงื่อ ก่อให้เกิดการอุดตันในชั้น stratum malpighian และเมื่อต่อแตกเป็นครั้งที่สองเป็นผลให้ตุ่มจมลึกลงไปยังชั้น dermis ผื่นนี้จะกระตุ้น white papules of piloerection และไม่คัน ซึ่งคือ profunda stage of prickly heat และอาจกลายเป็น โรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังได้ การติดเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยและอาจต้องรักษาด้วย dicloxacillin หรือ erythromycin อาจใช้ 1 % salicylic acid ทาบริเวณที่มีอาการวันละสามครั้ง เพื่อลอกผิวหนังส่วนดังกล่าว แต่ต้องระวังการเกิดพิษจาก salicylate ด้วย

3. ลมแดด (Heat Syncope)

ลมแดดเป็นรูปแบบหนึ่งของภาวะความดันโลหิตต่ำจากท่าทาง ซึ่งเป็นผลสะสมจากการขยายตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย การลดลงของ vasomotor tone และการพร่องปริมาตรสารน้ำสัมพัทธ์ ลมแดดเป็นอาการที่พบได้บ่อยมากในบุคคลที่ไม่เคยชินกับอากาศร้อน เมื่อต้องเข้าไปสู่บริเวณที่อากาศร้อนในระยะต้น ทั้งที่ไม่ได้มีการขาดปริมาตรสารน้ำอย่างมีนัยสำคัญเท่าใดนัก การประเมินผู้ป่วยด้วยโรคลมแดดต้องมีการแยกภาวะผิดปกติที่รุนแรงทางระบบประสาท ระบบหัวใจและหลอดเลือด และ metabolic ออกให้ได้ ผู้ป่วยควรได้รับการตรวจเพื่อหาการบาดเจ็บซึ่งเป็นผลจากการเป็นลมและหกล้มลง การรักษาประกอบด้วยการ นำผู้ป่วยออกจากแหล่งความร้อน ให้ดื่มน้ำเกลือแร่หรือให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ และพัก มักไม่จำเป็นต้องรับผู้ป่วยไว้รักษาในโรงพยาบาล ผู้ป่วยที่เป็นลมแดดส่วนใหญ่มักทุเลาอย่างรวดเร็วจากการได้รับสารน้ำทดแทน

4. โรคเกร็งแดด (Heat Tetany)

การเกร็งแดดเกิดจากการหายใจหอบมากเกินไปเป็นผลให้เกิด respiratory alkalosis, paresthesia และ carpopedal spasm การเกร็งแดดมักเกิดขึ้นร่วมกับการได้รับความร้อนอย่างมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ การรักษาประกอบด้วยการนำผู้ป่วยออกจากแหล่งความร้อนและลดอัตราการหายใจ โดยทั่วไปมักมักไม่เกิดร่วมกับตะคริวแดด

5. ตะคริวแดด (Heat Cramps)

ตะคริวแดดเป็นการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ มีอาการปวดและบังคับไม่ได้ มักเป็นที่น่อง ต้นขา และไหล่ ตะคริวแดดมักเป็นในผู้ที่มีเหงื่อออกมากและได้รับสารน้ำทดแทนด้วยน้ำเปล่าหรือสารละลาย hypotonic อื่น ๆ ตะคริวอาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกายหรือหลังจากระยะเวลาหลายชั่วโมง บุคคลผู้ไม่เคยชินที่เริ่มการออกกำลังกายหนักท่ามกลางอากาศร้อนเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดตะคริวแดด แม้ว่าตะคริวแดดไม่ได้เป็นการเจ็บป่วยที่สำคัญนักและสามารถหายเองได้ แต่อาการปวดซึ่งเกิดร่วมด้วยอาจเป็นอาการที่นำผู้ป่วยมาพบแพทย์ได้ พยาธิกำเนิดของตะคริวแดดยังไม่ทราบกันอย่างแน่ชัด อย่างไรก็ตาม สมมุติฐานของการขาดโซเดียม โปแตสเซียม และสารน้ำอย่างสัมพันธ์ที่ระดับกล้ามเนื้อ เป็นสิ่งที่ได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไป การที่มีการหลั่งเหงื่อซึ่งมีโซเดียมปริมาณสูงจำนวนมาก ควบกับการทดแทนโซเดียมไม่เพียงพอ เป็นผลให้เกิดภาวะโซเดียมต่ำ และก่อให้เกิดตะคริวด้วยการรบกวนการคลายตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาศัยแคลเซียม โปแตสเซียมในเลือดต่ำจากการหายใจมากเกินไปและภาวะขาดน้ำอาจมีบทบาทส่งเสริมการเกิดตะคริว การรักษาประกอบด้วยทำให้พักในสภาพแวดล้อมที่เย็น และให้สารน้ำและเกลือแร่ทดแทนซึ่งอาจให้ดื่มหรือให้ทางหลอดเลือดก็ได้ ในรายที่เป็นไม่มากนักหรือมีผู้ป่วยที่ต้องได้รับการรักษาคับคั่ง อาจให้ผู้ป่วยดื่มสารละลายน้ำเกลือ 0.1 ถึง 0.2 % ซึ่งส่วนใหญ่มักมีขายอยู่ตามท้องตลาด ในรายที่รุนแรงมากขึ้นอาจตอบสนองต่อการให้สารน้ำ normal saline ทางหลอดเลือดดำ ตะคริวแดดสามารถป้องกันได้ด้วยการให้ได้รับเกลือในอาหารอย่างเพียงพอหรือการดื่มน้ำเกลือแร่ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด ไม่ควรใช้เกลืออัดเม็ดเนื่องจาก (1) เกลืออัดเม็ดระคายกระเพาะอาหารและมักเป็นผลให้เกิดอาการคลื่นไส้อาเจียน และ (2) เกลือเม็ดไม่ได้มีการชดเชยปริมาณ

6. โรคเพลียแดด (Heat Exhaustion)

การเพลียแดดเป็นกลุ่มอาการที่ไม่ชัดเจน มีลักษณะอาการที่ไม่จำเพาะ เช่น มึนงง อ่อนเพลีย ไม่มีแรง คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ และปวดกล้ามเนื้อ ลักษณะทางคลินิกอาจมีอาการเป็นลม ความดันโลหิตตกเมื่อตั้งตัวขึ้น หัวใจเต้นเร็ว หายใจเร็ว เหงื่อออกมาก และอุณหภูมิกายสูง อย่างไรก็ตามอุณหภูมิแกนแตกต่างกันออกไป อาจมีพิสัยตั้งแต่ปกติจนถึง 40 °ซ สภาพทางจิตประสาทปกติ เนื่องจากอาการไม่จำเพาะและไม่ชัดเจน การวินิจฉัยการเพลียแดดจึงทำได้ด้วยการแยกโรคอื่นออกไป ในทางสรีรภาพ การเพลียแดดเป็นลักษณะร่วมของการขาดน้ำและเกลือแร่ การตรวจทางห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปมักพบ ภาวะเลือดเข้มข้นส่วนความผิดปกติของเกลือแร่ ขึ้นอยู่กับสัดส่วนการสูญเสียและการได้รับ ผู้ป่วยที่ไม่ได้รับสารน้ำทดแทนมักเกิดภาวะโซเดียมในเลือดสูง ขณะที่ผู้ป่วยที่ได้รับสารน้ำเกลือแร่ทดแทนบางส่วนอาจมีอาการขาดสารน้ำที่มีระดับโซเดียมและคลอไรด์ในเลือดปกติ ส่วนความเข้มข้นของโปแตสเซียมและแมกนีเซียมมักแตกต่างกันออกไป

การรักษาการเพลียแดด ทำได้ด้วยการให้ผู้ป่วยพัก และให้สารน้ำและเกลือแร่ทดแทน การให้สารน้ำปริมาณปานกลาง (saline solution 1 ถึง 2 ลิตร) ทางหลอดเลือดดำอย่างรวดเร็ว อาจจำเป็นในผู้ป่วยบางรายที่มีลักษณะ tissue hypoperfusion อย่างมีนัยสำคัญ การเลือกสารละลายมักบ่งชี้ด้วยการตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการ แต่การให้สารน้ำเกลือแร่สมดุลอาจใช้ไปจนกระทั่งมีการตรวจพบความผิดปกติของ electrolyte โดยทั่วไปมักไม่จำเป็นต้องรับผู้ป่วยไว้รักษาในโรงพยาบาล

อาการและอาการแสดงของ heatstroke ระยะต้น อาจแยกจากภาวะเพลียแดดได้ค่อนข้างยาก ผู้ป่วยที่เป็นโรคเพลียแดดต้องมีการตรวจทางระบบประสาทปกติและมีสภาพทางจิตปกติ แม้ว่าผู้ป่วยอาจมีอาการปวดศีรษะ มึนงง อ่อนเพลีย หรือมองเห็นไม่ชัด เมื่อผู้ป่วยมีสภาพจิตใจเปลี่ยนแปลงไป ควรได้รับการวินิจฉัยว่าเป็น heatstroke.

7. โรคลมร้อน (Heatstroke)

ตามแบบแผนแล้ว heatstroke ได้รับการนิยามว่าประกอบด้วยอาการสาม คือ การมีไข้สูง (โดยทั่วไปอุณหภูมิแกนมักสูงกว่า 40.5 °ซ) ระบบประสาทส่วนกลางทำงานผิดปกติ และไร้เหงื่อ อย่างไรก็ตามอาการไร้เหงื่ออาจไม่ได้เป็นเกณฑ์การวินิจฉัยเสมอไป heatstroke เป็นภาวะฉุกเฉิน

ทางการแพทย์อย่างแท้จริง ซึ่งอาจเป็นผลให้เกิดมีภยันตรายต่อระบบอวัยวะน้อยใหญ่ได้อย่างกว้างขวาง และต้องได้รับการบำบัดอย่างทันที่เนื่องจากอาจทำให้เสียชีวิตได้สูงมาก ระบบประสาทกลางเป็นสิ่งที่มีความสำคัญใน heatstroke ควรตระหนักถึง heatstroke ในผู้ป่วยที่ได้รับความร้อนมีไข้สูง และมีการทำงานของระบบประสาทกลางผิดปกติ เช่น เป็นลม ภาวะวุ่นวาย พฤติกรรมผิดปกติ ก้าวร้าว ประสาทหลอน หรือหมดสติ Cerebellum เป็นสมองส่วนที่ไวมากต่อความร้อน จึงอาจพบอาการ โชเซ (ataxia) ได้ตั้งแต่ระยะต้น ๆ ความผิดปกติทางระบบประสาทที่อาจพบได้ ได้แก่ plantar responses, decorticate และ decerebrate posturing, hemiplegia, status epilepticus และหมดสติ Cerebral edema เป็นสิ่งที่พบได้บ่อย การทำงานผิดปกติของระบบประสาทเป็นสิ่งที่พบได้ทั่วไปเมื่ออุณหภูมิแกนสูงกว่า 42 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อตัดสินได้ว่า heatstroke เริ่มต้นที่อุณหภูมิแกนเท่าใด ภยันตรายต่อเซลล์เกิดขึ้นจากปัจจัยตั้งแต่ถึงอุณหภูมิสูงสุดและเวลาที่ได้รับความร้อน ผู้ป่วยที่ได้รับความร้อนต่ำกว่าแต่เป็นระยะเวลานานกว่าอาจแย่กว่าผู้ป่วยที่ได้รับความร้อนสูงกว่าในช่วงระยะเวลาสั้นกว่า การมีเหงื่อหรือไม่มีเหงื่อเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งระหว่าง heatstroke และ ภาวะช็อคจากความร้อนอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการมีเหงื่อไม่ได้หมายความว่า จะตัดการวินิจฉัยภาวะ heatstroke ออกเลยได้ ผู้ป่วยที่เป็น heatstroke ระยะต้น ๆ มักมีเหงื่อออกมาก แต่ในที่สุดก็จะถึงภาวะไร้เหงื่อซึ่งเกิดจากการพร่องปริมาณของสารน้ำและต่อมเหงื่อทำงานผิดปกติ อย่างไรก็ตาม anticholinergic agents เป็นสาเหตุของความผิดปกติในการหลั่งเหงื่อที่พบได้บ่อยที่สุด Heatstroke เป็นภาวะที่มีความล้มเหลวอย่างสิ้นเชิงของระบบการควบคุมอุณหภูมิกายแบ่งออกเป็นสองแบบคือ nonexertional และ exertional. Classic หรือ nonexertional heatstroke มักเกิดขึ้นในระหว่างที่มีคลื่นความร้อนในฤดูร้อน ผู้สูงอายุที่ยากจนและมีการเจ็บป่วยเรื้อรังเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงสุด เกิดจากมีการเพิ่มการได้รับความร้อนจากภายนอกและมีการระบายความร้อนลดลง ผู้ที่มีความเสี่ยงสูงได้แก่ ผู้ที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ มีโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด อายุมาก และผู้ที่ได้รับยาโรคหัวใจและหลอดเลือด และยา anticholinergic

Exertional heatstroke มักเกิดในประชากรที่อายุน้อยกว่า เป็นผลสืบเนื่องจากการการออกกำลังกายอย่างหนัก สาเหตุปฐมภูมิเกิดจากการเพิ่มการสร้างความร้อนภายในร่างกาย บุคคลที่ออกกำลังกายหนักในสภาพอากาศที่ร้อนและชื้นเป็นผู้ที่มีแนวโน้มในการเกิด heatstroke การแยกแยะระหว่าง exertional และ nonexertional มักไม่มีใครมีความจำเป็นเท่าใดนักเนื่องจาก อาการ อาการแสดง และการบำบัดรักษาเหมือนกัน

1.4 ทฤษฎีและแนวความคิดที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย

การประมาณค่าดัชนีความร้อนเท่าที่ได้ศึกษา ค้นคว้า ปรากฏว่ามีอยู่เพียง 2 วิธี ที่ได้มาตรฐาน และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ

ก. วิธี Wet-Bulb-Globe Method (WBGT) ซึ่งมีสมการการประมาณค่า คือ

$$WBGT = 0.7WB + 0.2GT + 0.1DB$$

โดย WB = อุณหภูมิตุ้มเปียก(wet bulb)

DB = อุณหภูมิตุ้มแห้ง(dry bulb)

GT = อุณหภูมิตุ้มดำ(black globe)

ซึ่งจะได้ค่าดัชนีความร้อน หน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮด์

ทั้งนี้จะต้องวางเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดทั้ง 3 ชนิดเหนือพื้นดินประมาณ 1.20 เมตร และวางทิศทางที่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงโดยตรง วิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้เฉพาะในทางทหารเท่านั้น ประกอบกับปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีการตรวจวัดอุณหภูมิตุ้มดำแล้ว

ข. วิธี Stedman's Heat Index ซึ่งมีสมการการประมาณค่า คือ

สมการการประมาณค่าดัชนีความร้อนของ Stedman (Stedman's Heat Index Equation)

$$HI = -42.379 + 2.04901523 \times T + 10.1433127 \times RH - 0.22475541 \times T \times RH - 6.83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \times RH^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times RH + 8.5282 \times 10^{-4} \times T \times RH^2 - 1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times RH^2$$

โดย

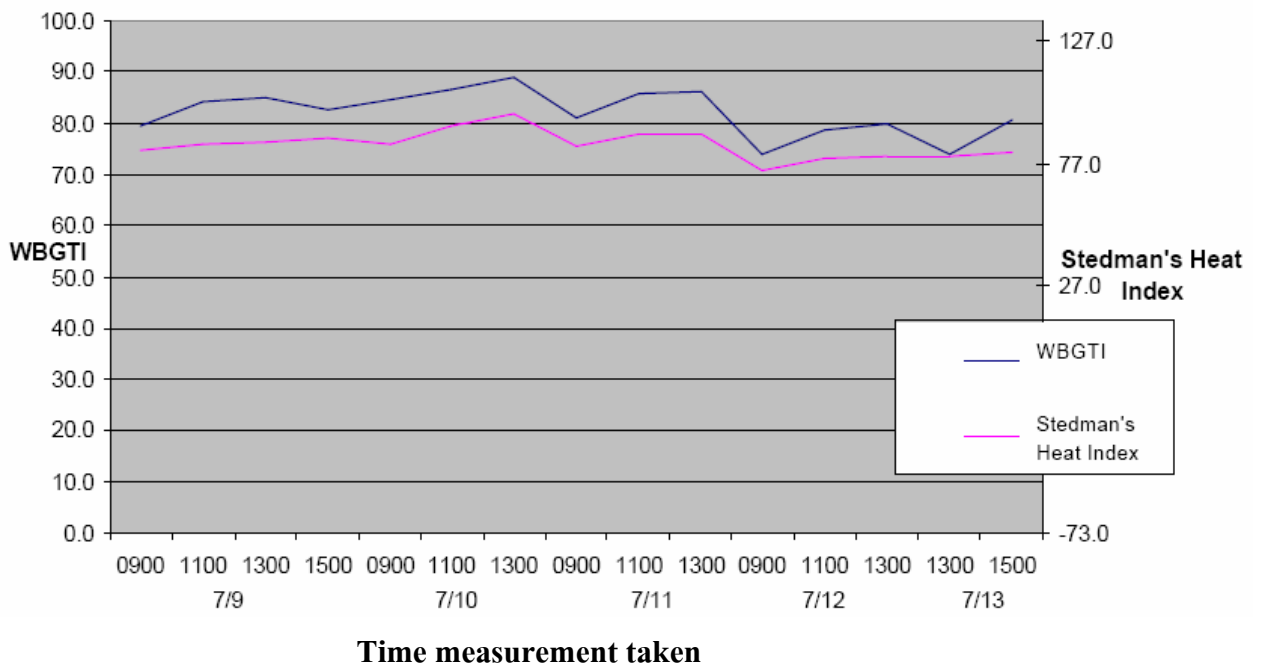
T = อุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง(dry bulb temperature) หน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮด์

RH = ความชื้นสัมพัทธ์ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

วิธีนี้ถูกพัฒนาขึ้น โดย Stedman ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะการแปลผลลัพธ์จากค่าดัชนีความร้อน ก็เข้าใจง่าย แต่สมการที่ใช้มีความยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร Stedman กล่าวว่า สมการนี้ มีความเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริเวณที่มีสภาพอากาศร้อนชื้นในช่วงฤดูร้อนได้ โดยมีอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง ≥ 26.7 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ≥ 40 เปอร์เซ็นต์ (R. G. Steadman, 1979) ซึ่งประเทศไทยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิอากาศ

เฉลี่ยจะมีค่า ≥ 26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยจะมีค่า ≥ 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกัน

Steven D. Hacker and David R. Smith ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าดัชนีความร้อนที่ประมาณได้จากทั้ง 2 วิธี ในช่วงฤดูร้อนระหว่างวันที่ 9-13 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 ที่ United States Naval Academy Hendrix Oceanography Laboratory เมือง Annapolis, Maryland ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเมืองนี้มีสภาพอากาศที่ร้อนและชื้นมาก พบว่าค่าดัชนีความร้อนที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าดัชนีความร้อนที่หาได้จากวิธี Stedman's Heat Index จะสูงกว่าวิธี Wet-Bulb-Globe Method เล็กน้อย(Steven D. Hacker and David R. Smith, 2001) ดังรูป



รูปที่ 1 : แสดงกราฟเปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีความร้อนที่ประมาณได้จากวิธี Wet-Bulb-Globe Method และวิธี Stedman's Heat Index

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงเลือกใช้วิธีการประมาณค่าดัชนีความร้อนของ Stedman ประกอบกับวิธีประมาณค่าดัชนีความร้อนแบบ Wet-Bulb-Globe จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิตุ้มดำ ซึ่งปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาไม่มีการตรวจวัดอุณหภูมิตุ้มดำแล้ว

1.5 การทบทวนการศึกษาค่าดัชนีความร้อนของ Steadman

1.5.1 ความหมายของดัชนีความร้อน(Heat Index; HI) ของ Steadman

Steadman ได้กำหนดนิยามของดัชนีความร้อน(Heat Index; HI) ว่า “Heat Index is an index that combines air temperature and relative humidity to estimate how hot it actually feels.” สรุปก็คือ “ดัชนีความร้อน(Heat Index) คือ ดัชนีที่นำอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature; T) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative Humidity ; RH) มาหาความสัมพันธ์กัน เพื่อประมาณว่ามนุษย์มีความรู้สึกที่แท้จริงต่ออากาศร้อนอย่างไร”

1.5.2 การจำแนกค่าดัชนีความร้อนของ Steadman

ดัชนีความร้อนของ Steadman ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในประเทศสหรัฐอเมริกาและหลายประเทศทั่วโลก โดยระดับความรุนแรงได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 กล่าวคือ ค่าดัชนีความร้อนน้อยกว่า 80 องศาฟาเรนไฮต์ ปกติไม่อันตราย ระดับที่ 2 ค่าดัชนีความร้อนอยู่ระหว่าง 80-90 องศาฟาเรนไฮต์ เกิดความเหนื่อยล้า ต้องใช้ความระมัดระวัง ระดับที่ 3 ค่าดัชนีความร้อนอยู่ระหว่าง 90-105 องศาฟาเรนไฮต์ ต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก เกิดอาการเพลียแดด (Heat Exhaustion) ระดับที่ 4 ค่าดัชนีความร้อนอยู่ระหว่าง 105-130 องศาฟาเรนไฮต์ อันตราย เกิดอาการตะคริวแดด (Heat Cramps) ระดับที่ 5 ค่าดัชนีความร้อนมากกว่า 130 องศาฟาเรนไฮต์ อันตรายนรุนแรงที่สุด เกิดโรคลมร้อน (Heat Stroke)

ตารางที่ 1 : แสดงค่าความรุนแรงระดับต่าง ๆ ของค่าดัชนีความร้อนตามวิธีการของ Stedman ร่วมกับสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA

HI (°F)	Category	Sign of flag (colour)	Danger
< 80	1	White	Usual No danger
$80 \leq HI \leq 90$	2	Green	Caution Fatigue possible
$90 < HI \leq 105$	3	Yellow	Extreme Caution Sunstroke, muscle cramps, and/or heat exhaustion possible
$105 < HI \leq 130$	4	Red	Danger Sunstroke, muscle cramps, and/or heat exhaustion likely
$HI > 130$	5	black	Extreme Danger Heat Stroke or Sunstroke likely

1.6 วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย โดยสรุป

1.6.1 พิจารณาขอบเขตล่างและขอบเขตบน(Lower and Upper limit)ของอุณหภูมิอากาศ ค่ำแห่งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสม ในการประมาณค่าดัชนีความร้อนในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลสถิติอุณหภูมิอากาศ ค่ำแห่งเฉลี่ย ในคาบ 30 ปี พ.ศ.2514-2543 จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 88 สถานี, ข้อมูลสถิติอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494–2546, ข้อมูลสถิติความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494-2546 และข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ซึ่งเป็นคณะที่ปรึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ขององค์การสหประชาชาติ

1.6.2 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับประมาณค่าดัชนีความร้อน

1.6.4 ทำการประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ค่ำแห่งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น

1.6.5 จัดทำตารางค่าดัชนีความร้อน

1.6.6 วิเคราะห์ค่าดัชนีความร้อน

1.6.7 ดัดแปลงค่าดัชนีความร้อนที่ได้จากตารางเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ในขณะที่อากาศร้อน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ได้โปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อนหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ที่เขียนขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual basic 6.0 ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำสถานีอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้ประมาณค่าดัชนีความร้อน พร้อมทั้งแปลค่าดัชนีความร้อนไปเป็นธงสัญญาณสีต่าง ๆ ตามความรุนแรง แสดงความรุนแรงในระดับต่าง ๆ ที่ได้จากค่าดัชนีความร้อนในช่วงที่มีอากาศร้อน เพื่อลดอันตรายจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน (Heat Injury) สำหรับผู้ที่ต้องปฏิบัติงานกลางแจ้ง หรือบริเวณที่มีอากาศร้อนเป็นเวลานาน

1.7.2 ได้ตารางค่าดัชนีความร้อน เพื่อให้แก่นักอุตุนิยมวิทยาและเจ้าหน้าที่อุตุนิยมวิทยา ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ที่สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ เช่น การพยากรณ์ ดัชนีความร้อนบริเวณประเทศไทย การสาธารณสุข การฝึกของทหารใหม่ การแข่งขันกีฬา การผลิตอุปกรณ์ป้องกันความร้อนของนักผจญเพลิง อุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าและรองเท้า อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ

1.7.3 ได้ข้อมูลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาเพิ่มอีกหนึ่งอย่าง เพื่อบันทึกและจัดทำเป็นสถิติ สามารถใช้บริการแก่หน่วยงานต่าง ๆ และประชาชนผู้สนใจทั่วไป

1.7.4 ประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือตรวจวัดค่าดัชนีความร้อนจากต่างประเทศในราคาที่สูง(ดูในภาคผนวก) เนื่องจากประเทศไทยมีการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศต็มแห่ง และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศตามสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศอยู่แล้ว

บทที่ 2

ข้อมูลและวิธีดำเนินการวิจัย

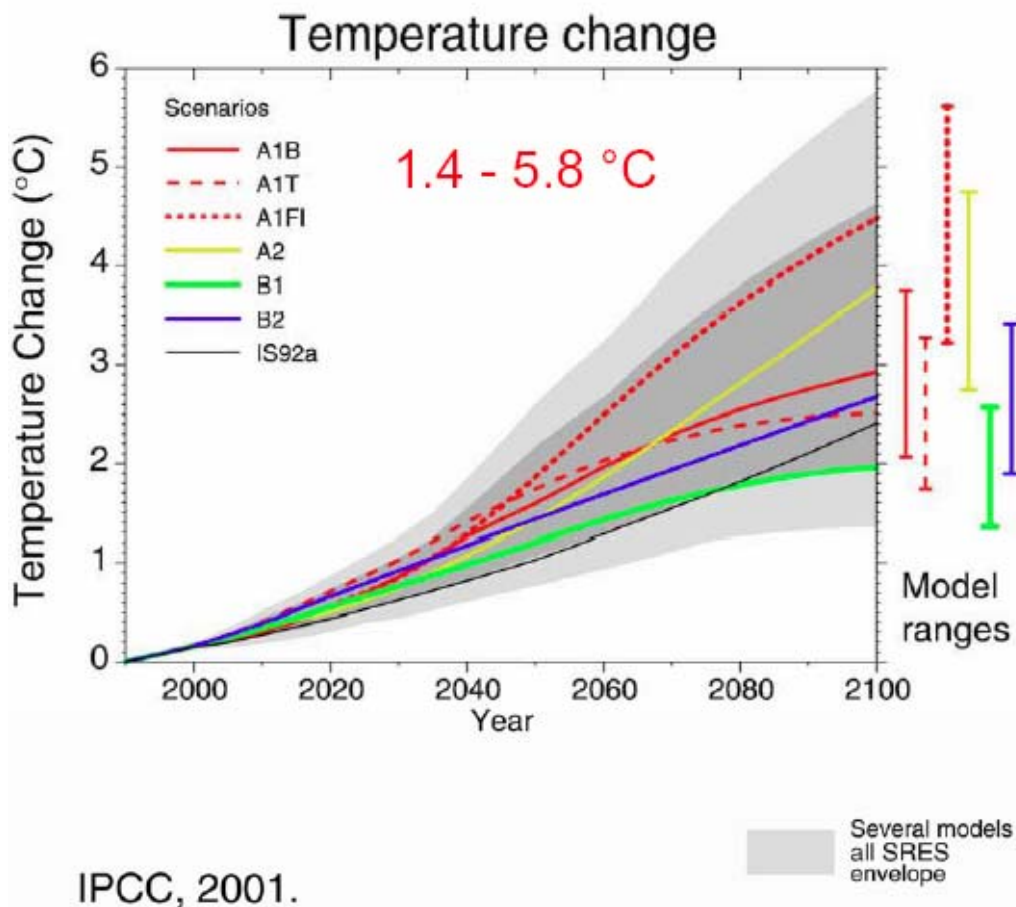
(Material & Method)

2.1 ข้อมูลที่ใช้(Material)

2.1.1 ข้อมูลสถิติอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในคาบ 30 ปี พ.ศ. 2514-2543 จากสถานีตรวจอากาศผิวพื้น และสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 88 สถานี

2.1.2 ข้อมูลสถิติอุณหภูมิอากาศสูงที่สุดและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494-2546

2.1.3 ข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ซึ่งเป็นคณะที่ปรึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ขององค์การสหประชาชาติ ที่ได้คาดการณ์ว่า อุณหภูมิโลกในพื้นที่เขตร้อนจะเพิ่มสูงขึ้นในทุกหนทุกแห่งประมาณ 1.4-5.8 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2 : แสดงการคาดการณ์ภาวะโลกร้อนปี พ.ศ.2543-2643

ที่มา Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2001

2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย(Method)

การประมาณค่าดัชนีความร้อนโดยวิธีของ Stedman

พิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในหัวข้อ 2.1 เพื่อหาเกณฑ์ในการประมาณค่าดัชนีความร้อนที่เหมาะสม สำหรับช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ซึ่งจะได้ผลดังนี้

1. จากข้อมูลอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งเฉลี่ยในคาบ 30 ปี พ.ศ. 2514-2543 จากสถานีตรวจอากาศผิวพื้นและสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 88 สถานี ของกรม

อุตุนิยมวิทยา จะได้อุณหภูมิอากาศต่ำสุดในช่วงฤดูร้อนประมาณ 22 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงกำหนดเป็นขอบเขตล่างของอุณหภูมิอากาศต่ำที่จะใช้ประมาณค่าดัชนีความร้อนไว้ที่ 21 องศาเซลเซียส

2. จากข้อมูลสถิติอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494-2546 คือ 44.5 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2503 บริเวณจังหวัดอุดรดิตถ์ ประกอบกับข้อมูลของคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศ ที่ประเมินไว้ว่าอุณหภูมิโลกในพื้นที่เขตร้อน อาจเพิ่มขึ้นถึง 3 องศาเซลเซียส ภายในปี พ.ศ. 2643 ดังนั้นจึงกำหนดเป็นขอบเขตบนของอุณหภูมิอากาศต่ำที่จะใช้ประมาณค่าดัชนีความร้อนไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส

3. จากข้อมูลสถิติความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยเท่าที่เคยวัดได้ในคาบ 53 ปี พ.ศ.2494-2546 คือ 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดเลย และเมื่อวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดเชียงราย ดังนั้นจึงกำหนดเป็นขอบเขตล่างของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จะใช้ประมาณค่าดัชนีความร้อนไว้ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ และกำหนดขอบเขตบนของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์(เนื่องจากขณะที่ฝนตกในช่วงฤดูร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะสูงขึ้นเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์)

4. สร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้สมการประมาณค่าดัชนีความร้อนของ Stedman (Stedman Heat Index Equation) เพื่อใช้ประมาณค่าดัชนีความร้อน โดยใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมภาษา Visual Basic (ดูรายละเอียดการเขียนโปรแกรมในภาคผนวกที่ 1) จากนั้นทำการ execute file ซึ่งจะได้อุปกรณ์ประมาณค่าดัชนีความร้อนชนิดที่เป็น application สามารถนำไปติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการบน Windows ได้

5. นำเข้าข้อมูลอุณหภูมิอากาศต่ำช่วงระหว่าง 21-50 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศช่วงระหว่าง 0-100 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อนที่เขียนขึ้นในข้อ 4. จากนั้นก็ค่าดัชนีความร้อนที่ได้ และสร้างเป็นตารางค่าดัชนีความร้อน

บทที่ 3
ผลการวิจัย
(Result)

3.1 ผลลัพธ์จากการประมาณค่าดัชนีความร้อนและการสร้างตารางค่าดัชนีความร้อน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 21-50 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 เปอร์เซ็นต์ ในโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อนที่สร้างขึ้น โดยใช้ภาษา Visual Basic จะได้ค่าดัชนีความร้อน ซึ่งจัดสร้างเป็นตารางค่าดัชนีความร้อน โดยแบ่งอุณหภูมิอากาศดุ่มแห้งครั้งละ 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสิ้น 12 ตาราง (ตารางที่ 3-14) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	19.63	20.71	21.77	22.80	23.81	24.79	25.75	26.68	27.59	28.48
1	19.87	20.90	21.91	22.90	23.88	24.83	25.76	26.67	27.56	28.43
2	20.11	21.09	22.06	23.01	23.94	24.86	25.76	26.65	27.52	28.38
3	20.34	21.27	22.20	23.11	24.01	24.90	25.77	26.64	27.49	28.34
4	20.56	21.45	22.33	23.20	24.07	24.93	25.78	26.63	27.47	28.30
5	20.78	21.63	22.46	23.30	24.13	24.96	25.79	26.62	27.44	28.26
6	21.00	21.80	22.59	23.39	24.20	25.00	25.80	26.61	27.42	28.23
7	21.21	21.96	22.72	23.49	24.26	25.03	25.82	26.61	27.40	28.20
8	21.41	22.12	22.84	23.58	24.32	25.07	25.83	26.60	27.39	28.18
9	21.61	22.28	22.96	23.66	24.38	25.10	25.85	26.60	27.38	28.16
10	21.80	22.43	23.08	23.75	24.43	25.14	25.86	26.61	27.37	28.15
11	21.99	22.58	23.20	23.83	24.49	25.17	25.88	26.61	27.36	28.14
12	22.17	22.73	23.31	23.91	24.55	25.21	25.90	26.62	27.36	28.13
13	22.35	22.87	23.41	23.99	24.60	25.24	25.92	26.62	27.36	28.13
14	22.52	23.00	23.52	24.07	24.66	25.28	25.94	26.63	27.37	28.13
15	22.69	23.13	23.62	24.14	24.71	25.31	25.96	26.65	27.37	28.14
16	22.85	23.26	23.71	24.21	24.76	25.35	25.98	26.66	27.38	28.15
17	23.00	23.38	23.81	24.29	24.81	25.38	26.01	26.68	27.40	28.17
18	23.15	23.50	23.90	24.35	24.86	25.42	26.03	26.70	27.42	28.19
19	23.29	23.61	23.99	24.42	24.91	25.46	26.06	26.72	27.44	28.21
20	23.43	23.72	24.07	24.48	24.96	25.49	26.09	26.74	27.46	28.24
21	23.56	23.82	24.15	24.54	25.00	25.53	26.11	26.77	27.49	28.27
22	23.69	23.92	24.23	24.60	25.05	25.56	26.14	26.80	27.52	28.31
23	23.81	24.02	24.30	24.66	25.09	25.60	26.17	26.83	27.55	28.35
24	23.92	24.11	24.37	24.72	25.14	25.63	26.21	26.86	27.59	28.39
25	24.03	24.20	24.44	24.77	25.18	25.67	26.24	26.89	27.63	28.44

ตารางที่ 3 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
26	24.14	24.28	24.51	24.82	25.22	25.70	26.27	26.93	27.67	28.50
27	24.24	24.36	24.57	24.87	25.26	25.74	26.31	26.97	27.72	28.55
28	24.33	24.43	24.63	24.91	25.30	25.77	26.34	27.01	27.76	28.62
29	24.42	24.50	24.68	24.96	25.34	25.81	26.38	27.05	27.82	28.68
30	24.50	24.56	24.73	25.00	25.37	25.84	26.42	27.10	27.87	28.75
31	24.57	24.62	24.78	25.04	25.41	25.88	26.46	27.14	27.93	28.83
32	24.65	24.68	24.83	25.08	25.44	25.92	26.50	27.19	27.99	28.91
33	24.71	24.73	24.87	25.11	25.48	25.95	26.54	27.24	28.06	28.99
34	24.77	24.78	24.91	25.15	25.51	25.99	26.58	27.30	28.13	29.08
35	24.83	24.82	24.94	25.18	25.54	26.02	26.63	27.35	28.20	29.17
36	24.87	24.86	24.97	25.21	25.57	26.06	26.67	27.41	28.27	29.26
37	24.92	24.89	25.00	25.24	25.60	26.09	26.72	27.47	28.35	29.36
38	24.96	24.92	25.03	25.26	25.63	26.13	26.77	27.53	28.43	29.47
39	24.99	24.95	25.05	25.28	25.66	26.17	26.81	27.60	28.52	29.58
40	25.01	24.97	25.07	25.30	25.68	26.20	26.86	27.66	28.61	29.69
41	25.04	24.99	25.08	25.32	25.71	26.24	26.91	27.73	28.70	29.81
42	25.05	25.00	25.09	25.34	25.73	26.27	26.96	27.80	28.79	29.93
43	25.06	25.01	25.10	25.35	25.76	26.31	27.02	27.88	28.89	30.05
44	25.07	25.01	25.11	25.37	25.78	26.35	27.07	27.95	28.99	30.18
45	25.06	25.01	25.11	25.38	25.80	26.38	27.13	28.03	29.09	30.32
46	25.06	25.00	25.11	25.38	25.82	26.42	27.18	28.11	29.20	30.45
47	25.05	24.99	25.11	25.39	25.84	26.45	27.24	28.19	29.31	30.60
48	25.03	24.98	25.10	25.39	25.86	26.49	27.30	28.27	29.42	30.74
49	25.00	24.96	25.09	25.39	25.87	26.53	27.36	28.36	29.54	30.89
50	24.98	24.94	25.07	25.39	25.89	26.56	27.42	28.45	29.66	31.05

ตารางที่ 4 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิจึง (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
51	24.94	24.91	25.06	25.39	25.90	26.60	27.48	28.54	29.78	31.21
52	24.90	24.88	25.04	25.38	25.92	26.64	27.54	28.63	29.91	31.37
53	24.86	24.84	25.01	25.38	25.93	26.67	27.60	28.73	30.04	31.54
54	24.81	24.80	24.99	25.37	25.94	26.71	27.67	28.82	30.17	31.71
55	24.75	24.75	24.96	25.36	25.95	26.74	27.73	28.92	30.31	31.89
56	24.69	24.70	24.92	25.34	25.96	26.78	27.80	29.02	30.44	32.07
57	24.62	24.65	24.89	25.33	25.97	26.82	27.87	29.13	30.59	32.25
58	24.55	24.59	24.85	25.31	25.98	26.85	27.94	29.23	30.73	32.44
59	24.47	24.53	24.80	25.29	25.98	26.89	28.01	29.34	30.88	32.63
60	24.38	24.46	24.76	25.26	25.99	26.93	28.08	29.45	31.03	32.83
61	24.29	24.39	24.71	25.24	25.99	26.96	28.15	29.56	31.19	33.03
62	24.20	24.31	24.65	25.21	26.00	27.00	28.23	29.68	31.35	33.24
63	24.10	24.23	24.60	25.18	26.00	27.04	28.30	29.79	31.51	33.45
64	23.99	24.15	24.54	25.15	26.00	27.07	28.38	29.91	31.67	33.66
65	23.88	24.06	24.47	25.12	26.00	27.11	28.45	30.03	31.84	33.88
66	23.76	23.97	24.41	25.08	26.00	27.15	28.53	30.15	32.01	34.10
67	23.64	23.87	24.34	25.05	26.00	27.18	28.61	30.28	32.18	34.33
68	23.51	23.77	24.27	25.01	25.99	27.22	28.69	30.41	32.36	34.56
69	23.38	23.66	24.19	24.97	25.99	27.26	28.77	30.53	32.54	34.80
70	23.24	23.55	24.11	24.92	25.98	27.29	28.85	30.67	32.73	35.04
71	23.09	23.43	24.03	24.88	25.98	27.33	28.94	30.80	32.91	35.28
72	22.94	23.31	23.94	24.83	25.97	27.37	29.02	30.93	33.10	35.53
73	22.79	23.19	23.85	24.78	25.96	27.40	29.11	31.07	33.30	35.78
74	22.62	23.06	23.76	24.72	25.95	27.44	29.20	31.21	33.49	36.04
75	22.46	22.93	23.67	24.67	25.94	27.48	29.28	31.35	33.69	36.30

ตารางที่ 5 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
76	22.28	22.79	23.57	24.61	25.93	27.52	29.37	31.50	33.90	36.56
77	22.11	22.65	23.46	24.55	25.92	27.55	29.46	31.65	34.10	36.83
78	21.92	22.50	23.36	24.49	25.90	27.59	29.55	31.79	34.31	37.11
79	21.73	22.35	23.25	24.43	25.89	27.63	29.65	31.95	34.52	37.38
80	21.54	22.20	23.14	24.36	25.87	27.66	29.74	32.10	34.74	37.67
81	21.34	22.04	23.02	24.30	25.85	27.70	29.83	32.25	34.96	37.95
82	21.13	21.87	22.90	24.23	25.84	27.74	29.93	32.41	35.18	38.24
83	20.92	21.70	22.78	24.15	25.82	27.78	30.03	32.57	35.41	38.54
84	20.70	21.53	22.66	24.08	25.80	27.81	30.12	32.73	35.64	38.84
85	20.48	21.35	22.53	24.00	25.78	27.85	30.22	32.90	35.87	39.14
86	20.25	21.17	22.40	23.92	25.75	27.89	30.32	33.06	36.10	39.45
87	20.02	20.99	22.26	23.84	25.73	27.92	30.42	33.23	36.34	39.76
88	19.78	20.80	22.12	23.76	25.71	27.96	30.53	33.40	36.58	40.07
89	19.53	20.60	21.98	23.68	25.68	28.00	30.63	33.57	36.83	40.39
90	19.28	20.40	21.84	23.59	25.66	28.04	30.73	33.75	37.07	40.72
91	19.03	20.20	21.69	23.50	25.63	28.07	30.84	33.92	37.33	41.05
92	18.77	19.99	21.54	23.41	25.60	28.11	30.95	34.10	37.58	41.38
93	18.50	19.78	21.39	23.32	25.57	28.15	31.05	34.28	37.84	41.72
94	18.23	19.56	21.23	23.22	25.54	28.19	31.16	34.47	38.10	42.06
95	17.95	19.34	21.07	23.12	25.51	28.22	31.27	34.65	38.36	42.40
96	17.67	19.12	20.90	23.02	25.48	28.26	31.38	34.84	38.63	42.75
97	17.38	18.89	20.73	22.92	25.44	28.30	31.50	35.03	38.90	43.11
98	17.08	18.65	20.56	22.82	25.41	28.34	31.61	35.22	39.17	43.46
99	16.78	18.41	20.39	22.71	25.37	28.38	31.72	35.41	39.45	43.83
100	16.48	18.17	20.21	22.60	25.33	28.41	31.84	35.61	39.73	44.19

ตารางที่ 6 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	29.34	30.18	30.99	31.77	32.54	33.27	33.99	34.68	35.34	35.98
1	29.28	30.11	30.92	31.71	32.48	33.22	33.95	34.66	35.35	36.02
2	29.22	30.04	30.85	31.65	32.42	33.18	33.93	34.66	35.37	36.07
3	29.17	29.99	30.80	31.59	32.38	33.15	33.92	34.67	35.41	36.14
4	29.12	29.94	30.75	31.55	32.35	33.13	33.92	34.69	35.46	36.22
5	29.08	29.89	30.70	31.51	32.32	33.12	33.93	34.72	35.52	36.31
6	29.04	29.85	30.67	31.49	32.30	33.12	33.95	34.77	35.59	36.42
7	29.01	29.82	30.64	31.47	32.30	33.13	33.98	34.83	35.68	36.54
8	28.98	29.80	30.62	31.46	32.30	33.16	34.02	34.90	35.78	36.68
9	28.96	29.78	30.61	31.45	32.31	33.19	34.07	34.98	35.90	36.83
10	28.95	29.77	30.60	31.46	32.33	33.23	34.14	35.07	36.02	36.99
11	28.94	29.76	30.60	31.47	32.36	33.28	34.22	35.18	36.16	37.17
12	28.93	29.76	30.61	31.49	32.40	33.34	34.30	35.29	36.31	37.36
13	28.93	29.76	30.63	31.52	32.45	33.41	34.40	35.42	36.48	37.56
14	28.94	29.78	30.65	31.56	32.51	33.49	34.51	35.56	36.65	37.78
15	28.95	29.79	30.68	31.61	32.57	33.58	34.63	35.72	36.84	38.01
16	28.96	29.82	30.72	31.66	32.65	33.68	34.76	35.88	37.05	38.26
17	28.98	29.85	30.76	31.72	32.74	33.79	34.90	36.06	37.26	38.52
18	29.01	29.89	30.81	31.80	32.83	33.92	35.06	36.25	37.49	38.79
19	29.04	29.93	30.87	31.87	32.93	34.05	35.22	36.45	37.73	39.08
20	29.08	29.98	30.94	31.96	33.04	34.19	35.39	36.66	37.99	39.38
21	29.12	30.03	31.01	32.06	33.17	34.34	35.58	36.89	38.26	39.69
22	29.17	30.10	31.09	32.16	33.30	34.50	35.78	37.12	38.54	40.02
23	29.22	30.16	31.18	32.27	33.44	34.67	35.99	37.37	38.83	40.36
24	29.28	30.24	31.28	32.39	33.59	34.86	36.21	37.63	39.13	40.71
25	29.34	30.32	31.38	32.52	33.74	35.05	36.44	37.90	39.45	41.08

ตารางที่ 7 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
26	29.41	30.41	31.49	32.66	33.91	35.25	36.68	38.19	39.78	41.47
27	29.48	30.50	31.61	32.80	34.09	35.46	36.93	38.48	40.13	41.86
28	29.56	30.60	31.73	32.95	34.27	35.69	37.19	38.79	40.49	42.27
29	29.64	30.70	31.86	33.12	34.47	35.92	37.47	39.11	40.86	42.70
30	29.73	30.82	32.00	33.29	34.67	36.16	37.75	39.44	41.24	43.13
31	29.83	30.93	32.15	33.46	34.89	36.41	38.05	39.79	41.63	43.59
32	29.93	31.06	32.30	33.65	35.11	36.68	38.36	40.14	42.04	44.05
33	30.03	31.19	32.46	33.84	35.34	36.95	38.67	40.51	42.46	44.53
34	30.14	31.33	32.63	34.04	35.58	37.23	39.00	40.89	42.90	45.02
35	30.26	31.47	32.80	34.25	35.83	37.53	39.34	41.28	43.35	45.53
36	30.38	31.62	32.98	34.47	36.09	37.83	39.70	41.69	43.81	46.05
37	30.50	31.77	33.17	34.70	36.36	38.14	40.06	42.10	44.28	46.58
38	30.63	31.93	33.37	34.93	36.63	38.47	40.43	42.53	44.76	47.13
39	30.77	32.10	33.57	35.18	36.92	38.80	40.82	42.97	45.26	47.69
40	30.91	32.28	33.78	35.43	37.22	39.14	41.21	43.42	45.77	48.26
41	31.06	32.46	34.00	35.69	37.52	39.50	41.62	43.89	46.30	48.85
42	31.21	32.64	34.23	35.96	37.83	39.86	42.04	44.36	46.83	49.46
43	31.37	32.84	34.46	36.23	38.16	40.24	42.47	44.85	47.38	50.07
44	31.53	33.04	34.70	36.52	38.49	40.62	42.91	45.35	47.95	50.70
45	31.70	33.24	34.95	36.81	38.83	41.01	43.36	45.86	48.52	51.34
46	31.87	33.45	35.20	37.11	39.18	41.42	43.82	46.38	49.11	52.00
47	32.05	33.67	35.46	37.42	39.54	41.83	44.29	46.92	49.71	52.67
48	32.23	33.90	35.73	37.73	39.91	42.26	44.78	47.46	50.33	53.36
49	32.42	34.13	36.01	38.06	40.29	42.69	45.27	48.02	50.95	54.06
50	32.62	34.36	36.29	38.39	40.67	43.14	45.78	48.59	51.59	54.77

ตารางที่ 8 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิจึง (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
51	32.82	34.61	36.58	38.73	41.07	43.59	46.29	49.18	52.24	55.49
52	33.02	34.86	36.88	39.08	41.48	44.06	46.82	49.77	52.91	56.23
53	33.23	35.11	37.18	39.44	41.89	44.53	47.36	50.38	53.59	56.99
54	33.45	35.37	37.49	39.81	42.31	45.02	47.91	51.00	54.28	57.75
55	33.67	35.64	37.81	40.18	42.75	45.51	48.47	51.63	54.98	58.53
56	33.89	35.91	38.14	40.56	43.19	46.02	49.04	52.27	55.70	59.33
57	34.12	36.19	38.47	40.95	43.64	46.53	49.63	52.93	56.43	60.14
58	34.36	36.48	38.81	41.35	44.10	47.06	50.22	53.59	57.17	60.96
59	34.60	36.77	39.16	41.76	44.57	47.59	50.83	54.27	57.93	61.79
60	34.85	37.07	39.52	42.18	45.05	48.14	51.44	54.96	58.69	62.64
61	35.10	37.38	39.88	42.60	45.54	48.69	52.07	55.66	59.47	63.51
62	35.35	37.69	40.25	43.03	46.03	49.26	52.71	56.38	60.27	64.38
63	35.62	38.01	40.63	43.47	46.54	49.84	53.36	57.10	61.08	65.27
64	35.88	38.33	41.01	43.92	47.06	50.42	54.02	57.84	61.89	66.18
65	36.16	38.66	41.40	44.38	47.58	51.02	54.69	58.59	62.73	67.10
66	36.43	39.00	41.80	44.84	48.11	51.62	55.37	59.35	63.57	68.03
67	36.72	39.34	42.21	45.31	48.66	52.24	56.06	60.13	64.43	68.97
68	37.01	39.69	42.62	45.79	49.21	52.87	56.77	60.91	65.30	69.93
69	37.30	40.05	43.04	46.28	49.77	53.50	57.48	61.71	66.18	70.90
70	37.60	40.41	43.47	46.78	50.34	54.15	58.21	62.52	67.08	71.89
71	37.90	40.78	43.90	47.28	50.92	54.81	58.95	63.34	67.99	72.89
72	38.21	41.15	44.35	47.80	51.51	55.47	59.70	64.18	68.91	73.90
73	38.53	41.53	44.80	48.32	52.11	56.15	60.46	65.02	69.85	74.93
74	38.85	41.92	45.25	48.85	52.71	56.84	61.23	65.88	70.79	75.97
75	39.17	42.31	45.72	49.39	53.33	57.53	62.01	66.75	71.76	77.03

ตารางที่ 9 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
76	39.50	42.71	46.19	49.94	53.95	58.24	62.80	67.63	72.73	78.10
77	39.84	43.11	46.67	50.49	54.59	58.96	63.60	68.52	73.71	79.18
78	40.18	43.53	47.15	51.05	55.23	59.69	64.42	69.43	74.71	80.28
79	40.52	43.94	47.64	51.62	55.88	60.42	65.24	70.35	75.73	81.39
80	40.88	44.37	48.14	52.20	56.55	61.17	66.08	71.27	76.75	82.51
81	41.23	44.80	48.65	52.79	57.22	61.93	66.93	72.22	77.79	83.65
82	41.59	45.23	49.17	53.39	57.90	62.70	67.79	73.17	78.84	84.80
83	41.96	45.68	49.69	53.99	58.59	63.48	68.66	74.13	79.90	85.96
84	42.33	46.13	50.22	54.60	59.28	64.26	69.54	75.11	80.98	87.14
85	42.71	46.58	50.75	55.22	59.99	65.06	70.43	76.10	82.07	88.34
86	43.09	47.04	51.30	55.85	60.71	65.87	71.33	77.10	83.17	89.54
87	43.48	47.51	51.85	56.49	61.43	66.69	72.25	78.11	84.28	90.76
88	43.87	47.98	52.40	57.13	62.17	67.52	73.17	79.14	85.41	92.00
89	44.27	48.47	52.97	57.79	62.91	68.36	74.11	80.17	86.55	93.24
90	44.68	48.95	53.54	58.45	63.67	69.20	75.06	81.22	87.71	94.50
91	45.09	49.44	54.12	59.12	64.43	70.06	76.01	82.28	88.87	95.78
92	45.50	49.94	54.71	59.79	65.20	70.93	76.98	83.36	90.05	97.07
93	45.92	50.45	55.30	60.48	65.98	71.81	77.96	84.44	91.24	98.37
94	46.34	50.96	55.90	61.17	66.77	72.70	78.95	85.54	92.45	99.68
95	46.77	51.48	56.51	61.88	67.57	73.60	79.96	86.64	93.66	101.01
96	47.21	52.00	57.13	62.59	68.38	74.51	80.97	87.76	94.89	102.36
97	47.65	52.53	57.75	63.31	69.20	75.43	81.99	88.90	96.14	103.71
98	48.10	53.07	58.38	64.03	70.02	76.36	83.03	90.04	97.39	105.09
99	48.55	53.61	59.02	64.77	70.86	77.30	84.07	91.20	98.66	106.47
100	49.00	54.16	59.66	65.51	71.70	78.25	85.13	92.36	99.94	107.87

ตารางที่ 10 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	36.59	37.18	37.75	38.29	38.80	39.30	39.76	40.20	40.62	41.01
1	36.67	37.29	37.90	38.49	39.06	39.60	40.13	40.64	41.12	41.59
2	36.75	37.42	38.07	38.71	39.32	39.93	40.51	41.09	41.64	42.18
3	36.86	37.56	38.26	38.94	39.61	40.27	40.92	41.56	42.18	42.80
4	36.97	37.72	38.46	39.19	39.92	40.63	41.35	42.05	42.75	43.44
5	37.10	37.89	38.68	39.46	40.24	41.02	41.79	42.56	43.33	44.10
6	37.25	38.08	38.91	39.74	40.58	41.42	42.25	43.09	43.94	44.78
7	37.41	38.28	39.16	40.05	40.94	41.84	42.74	43.65	44.56	45.48
8	37.59	38.50	39.43	40.37	41.31	42.27	43.24	44.22	45.21	46.21
9	37.77	38.74	39.71	40.70	41.71	42.73	43.76	44.81	45.88	46.96
10	37.98	38.99	40.01	41.06	42.12	43.20	44.31	45.43	46.57	47.72
11	38.20	39.25	40.33	41.43	42.55	43.70	44.87	46.06	47.28	48.52
12	38.43	39.53	40.66	41.82	43.00	44.21	45.45	46.71	48.01	49.33
13	38.68	39.83	41.01	42.22	43.47	44.74	46.05	47.39	48.76	50.16
14	38.94	40.14	41.37	42.64	43.95	45.29	46.67	48.08	49.53	51.02
15	39.22	40.47	41.76	43.08	44.45	45.86	47.31	48.80	50.33	51.90
16	39.51	40.81	42.15	43.54	44.97	46.45	47.97	49.53	51.14	52.80
17	39.82	41.17	42.57	44.02	45.51	47.06	48.65	50.29	51.98	53.72
18	40.14	41.54	43.00	44.51	46.07	47.68	49.35	51.07	52.84	54.66
19	40.48	41.93	43.44	45.01	46.64	48.32	50.06	51.86	53.72	55.63
20	40.83	42.34	43.91	45.54	47.23	48.99	50.80	52.68	54.62	56.61
21	41.19	42.76	44.39	46.08	47.84	49.67	51.56	53.51	55.54	57.62
22	41.57	43.19	44.88	46.64	48.47	50.37	52.34	54.37	56.48	58.65
23	41.96	43.64	45.39	47.22	49.12	51.09	53.13	55.25	57.44	59.70
24	42.37	44.11	45.92	47.81	49.78	51.82	53.95	56.15	58.42	60.78
25	42.80	44.59	46.47	48.42	50.46	52.58	54.78	57.06	59.43	61.87

ตารางที่ 11 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
26	43.23	45.09	47.03	49.05	51.16	53.36	55.64	58.00	60.45	62.99
27	43.69	45.60	47.60	49.70	51.88	54.15	56.51	58.96	61.50	64.13
28	44.15	46.13	48.20	50.36	52.61	54.96	57.40	59.94	62.57	65.29
29	44.64	46.67	48.81	51.04	53.37	55.79	58.32	60.94	63.66	66.48
30	45.13	47.23	49.43	51.73	54.14	56.64	59.25	61.96	64.77	67.68
31	45.64	47.80	50.07	52.45	54.93	57.51	60.20	63.00	65.90	68.91
32	46.17	48.39	50.73	53.18	55.73	58.40	61.17	64.06	67.05	70.16
33	46.71	49.00	51.41	53.93	56.56	59.30	62.16	65.14	68.22	71.43
34	47.26	49.62	52.10	54.69	57.40	60.23	63.18	66.24	69.42	72.72
35	47.83	50.26	52.80	55.47	58.26	61.17	64.21	67.36	70.63	74.03
36	48.42	50.91	53.53	56.27	59.14	62.14	65.25	68.50	71.87	75.37
37	49.01	51.58	54.27	57.09	60.04	63.12	66.32	69.66	73.13	76.72
38	49.63	52.26	55.02	57.92	60.95	64.12	67.41	70.84	74.41	78.10
39	50.25	52.96	55.80	58.77	61.88	65.13	68.52	72.05	75.71	79.50
40	50.90	53.67	56.58	59.64	62.83	66.17	69.65	73.27	77.03	80.93
41	51.55	54.40	57.39	60.52	63.80	67.23	70.80	74.51	78.37	82.37
42	52.23	55.14	58.21	61.43	64.79	68.30	71.96	75.77	79.73	83.84
43	52.91	55.90	59.05	62.34	65.79	69.40	73.15	77.06	81.11	85.33
44	53.61	56.68	59.90	63.28	66.82	70.51	74.36	78.36	82.52	86.83
45	54.33	57.47	60.77	64.23	67.86	71.64	75.58	79.68	83.94	88.37
46	55.06	58.28	61.66	65.20	68.91	72.79	76.83	81.03	85.39	89.92
47	55.80	59.10	62.56	66.19	69.99	73.96	78.09	82.39	86.86	91.49
48	56.56	59.93	63.48	67.20	71.08	75.14	79.37	83.78	88.35	93.09
49	57.33	60.79	64.42	68.22	72.20	76.35	80.68	85.18	89.86	94.71
50	58.12	61.65	65.37	69.26	73.33	77.57	82.00	86.61	91.39	96.35

ตารางที่ 12 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	58.92	62.54	66.33	70.31	74.47	78.82	83.34	88.05	92.94	98.01
52	59.74	63.44	67.32	71.39	75.64	80.08	84.70	89.52	94.51	99.70
53	60.57	64.35	68.32	72.48	76.82	81.36	86.09	91.00	96.11	101.40
54	61.42	65.28	69.34	73.58	78.02	82.66	87.49	92.51	97.72	103.13
55	62.28	66.23	70.37	74.71	79.24	83.98	88.91	94.03	99.36	104.88
56	63.16	67.19	71.42	75.85	80.48	85.31	90.35	95.58	101.02	106.65
57	64.05	68.16	72.48	77.01	81.74	86.67	91.81	97.15	102.69	108.44
58	64.95	69.16	73.57	78.18	83.01	88.04	93.29	98.74	104.39	110.26
59	65.87	70.16	74.66	79.38	84.30	89.44	94.79	100.34	106.11	112.10
60	66.81	71.18	75.78	80.59	85.61	90.85	96.30	101.97	107.86	113.95
61	67.76	72.22	76.91	81.81	86.94	92.28	97.84	103.62	109.62	115.83
62	68.72	73.28	78.06	83.06	88.28	93.73	99.40	105.29	111.40	117.74
63	69.70	74.35	79.22	84.32	89.65	95.20	100.97	106.98	113.21	119.66
64	70.69	75.43	80.40	85.60	91.03	96.68	102.57	108.69	115.03	121.61
65	71.70	76.53	81.60	86.89	92.43	98.19	104.19	110.42	116.88	123.57
66	72.72	77.64	82.81	88.21	93.84	99.71	105.82	112.17	118.75	125.56
67	73.75	78.78	84.04	89.54	95.28	101.26	107.48	113.94	120.63	127.57
68	74.80	79.92	85.28	90.88	96.73	102.82	109.15	115.73	122.54	129.61
69	75.87	81.08	86.54	92.25	98.20	104.40	110.84	117.54	124.47	131.66
70	76.95	82.26	87.82	93.63	99.69	106.00	112.56	119.37	126.43	133.74
71	78.05	83.45	89.11	95.03	101.20	107.62	114.29	121.22	128.40	135.83
72	79.15	84.66	90.42	96.44	102.72	109.25	116.04	123.09	130.39	137.95
73	80.28	85.88	91.75	97.88	104.26	110.91	117.82	124.98	132.41	140.10
74	81.42	87.12	93.09	99.33	105.82	112.58	119.61	126.89	134.44	142.26
75	82.57	88.38	94.45	100.79	107.40	114.28	121.42	128.83	136.50	144.44

ตารางที่ 13 : ค่าดัชนีความร้อน (องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
76	83.74	89.65	95.83	102.28	109.00	115.99	123.25	130.78	138.58	146.65
77	84.92	90.93	97.22	103.78	110.61	117.72	125.10	132.75	140.68	148.88
78	86.12	92.23	98.63	105.30	112.24	119.47	126.97	134.74	142.80	151.13
79	87.33	93.55	100.05	106.83	113.89	121.23	128.86	136.76	144.94	153.40
80	88.55	94.88	101.49	108.38	115.56	123.02	130.76	138.79	147.10	155.70
81	89.79	96.23	102.95	109.95	117.25	124.83	132.69	140.85	149.29	158.01
82	91.05	97.59	104.42	111.54	118.95	126.65	134.64	142.92	151.49	160.35
83	92.32	98.97	105.91	113.14	120.67	128.49	136.61	145.01	153.72	162.71
84	93.60	100.36	107.42	114.77	122.41	130.35	138.59	147.13	155.96	165.09
85	94.90	101.77	108.94	116.40	124.17	132.23	140.60	149.27	158.23	167.49
86	96.22	103.19	110.48	118.06	125.94	134.13	142.63	151.42	160.52	169.92
87	97.54	104.63	112.03	119.73	127.74	136.05	144.67	153.60	162.83	172.36
88	98.89	106.09	113.60	121.42	129.55	137.99	146.74	155.79	165.16	174.83
89	100.25	107.56	115.19	123.13	131.38	139.94	148.82	158.01	167.51	177.32
90	101.62	109.05	116.79	124.85	133.23	141.92	150.92	160.25	169.88	179.84
91	103.00	110.55	118.41	126.59	135.09	143.91	153.05	162.50	172.28	182.37
92	104.40	112.06	120.05	128.35	136.97	145.92	155.19	164.78	174.69	184.92
93	105.82	113.60	121.70	130.12	138.88	147.95	157.35	167.08	177.13	187.50
94	107.25	115.14	123.37	131.92	140.79	150.00	159.53	169.39	179.58	190.10
95	108.70	116.71	125.05	133.73	142.73	152.07	161.73	171.73	182.06	192.72
96	110.16	118.29	126.75	135.55	144.69	154.15	163.96	174.09	184.56	195.36
97	111.63	119.88	128.47	137.40	146.66	156.26	166.20	176.47	187.08	198.03
98	113.12	121.49	130.20	139.26	148.65	158.38	168.46	178.87	189.62	200.72
99	114.62	123.12	131.95	141.13	150.66	160.53	170.73	181.29	192.18	203.42
100	116.14	124.76	133.72	143.03	152.68	162.69	173.03	183.73	194.77	206.15

3.2 ผลลัพธ์จากการเขียนโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน

โปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อนที่ได้จากโปรแกรม Visual basic 6.0 ได้ใช้ชื่อว่า “**Heat Index Project**” แสดงไว้ในรูปที่ 2 ด้านล่าง ส่วนการประมวลผลค่าดัชนีความร้อน ทำได้โดยการป้อนข้อมูลอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 21-50 หน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 0-100 หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นกดปุ่ม **CALCULATE** ก็จะได้ค่าดัชนีความร้อน หน่วยเป็นองศาเซลเซียส พร้อมสีธงสัญญาณ แบ่งตามความรุนแรง 5 ระดับ กล่าวคือ สีขาว สีเขียว สีเหลือง สีแดง และสีดำ ตามต้องการ

3.3 ตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง (21-50 องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (0-100 เปอร์เซ็นต์) ในโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”

3.3.1 ป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 23 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 24 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าดัชนีความร้อน 24.54 องศาเซลเซียส และสัญลักษณ์ตรง “สีเขียว”

โปรแกรมประเมินค่าดัชนีความร้อน(HI) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

โปรดใส่ค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศข้างล่างนี้

อุณหภูมิ (21 - 50 องศาเซลเซียส)	<input type="text" value="23"/>
ความชื้นสัมพัทธ์ (0-100%)	<input type="text" value="24"/>
ค่าดัชนีความร้อน และสัญลักษณ์ตรง	<input type="text" value="24.37414600"/>

การแปลค่าดัชนีความร้อนตามสัญลักษณ์ต่าง ๆ

HI < 27 ขิงขาว 27 <= HI <= 32 **เขียว** 32 < HI <= 41 **เหลือง** 41 < HI <= 54 **แดง** HI > 54 **งดำ**

รูปที่ 3 : แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 23 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 24 เปอร์เซ็นต์

3.3.2 ป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 26 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าดัชนีความร้อน 29.22 องศาเซลเซียสและสีสัญญาณธง “สีเขียว”

โปรแกรมประเมินค่าดัชนีความร้อน(HI) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ป้อนค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศข้างล่างนี้

อุณหภูมิ (21 - 50 องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (0-100%)

ค่าดัชนีความร้อน และสีสัญญาณธง

การแปลค่าดัชนีความร้อนตามสัญญาณธงต่างๆ

HI < 27 เขียว 27 <= HI <= 32 **เขียว** 32 < HI <= 41 **เหลือง** 41 < HI <= 54 **แดง** HI > 54 **ดำ**

CALCULATE

รูปที่ 4 : แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 30 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 26 เปอร์เซ็นต์

3.3.3 ป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 35 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าดัชนีความร้อน 37.22 องศาเซลเซียส(ปิดศนิยม 2 ตำแหน่ง) และสัญลักษณ์อุณหภูมิ “สีเหลือง”

Form1

โปรแกรมประเมินค่าดัชนีความร้อน(HI) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

โปรดใส่ค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศข้างล่างนี้

อุณหภูมิ (21 - 50 องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (0-100%)

ค่าดัชนีความร้อน และสัญลักษณ์

การแปลค่าดัชนีความร้อนตามสัญลักษณ์สีต่าง ๆ

HI < 27 เขียว
 27 <= HI <= 32 เขียว
 32 < HI <= 41 สีเหลือง
 41 < HI <= 54 สีแดง
 HI > 54 ส้ม

CALCULATE

รูปที่ 5 : แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 35 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์

3.3.4 ป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าดัชนีความร้อน 43.43 องศาเซลเซียส(ปิดศนิยม 2 ตำแหน่ง) และสัญลักษณ์ตรง “สีแดง”

โปรแกรมประเมินค่าดัชนีความร้อน(HI) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ป้อนค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศข้างล่างนี้

อุณหภูมิ (21 - 50 องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (0-100%)

ค่าดัชนีความร้อน และสัญลักษณ์ตรง 43.4225696!

การแปลค่าดัชนีความร้อนตามสัญลักษณ์ต่าง ๆ

HI < 27 ขงขาว 27 <= HI <= 32 ขงเขียว 32 < HI <= 41 ขงเหลือง 41 < HI <= 54 ขงแดง HI > 54 ขงดำ

รูปที่ 6 : แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 40 เปอร์เซ็นต์

3.3.5 ป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าดัชนีความร้อน 65.52 องศาเซลเซียส(ปิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง) และสัญลักษณ์ตรง “สีดำ”

Form1

โปรแกรมประเมินค่าดัชนีความร้อน(HI) หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

โปรดใส่ค่าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศข้างล่างนี้

อุณหภูมิ (21 - 50 องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ (0-100%)

ค่าดัชนีความร้อน และสัญลักษณ์ตรง

การแปลค่าดัชนีความร้อนตามสัญลักษณ์ต่าง ๆ

HI < 27 ขาว 27 <= HI <= 32 **เขียว** 32 < HI <= 41 **เหลือง** 41 < HI <= 54 **แดง** HI > 54 **สีดำ**

CALCULATE

รูปที่ 7 : แสดงตัวอย่างการป้อนค่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 38 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 70 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ข้อวิจารณ์

(Discussion)

4.1 ข้อวิจารณ์ค่าดัชนีความร้อน

4.1.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความร้อน

จากตารางค่าดัชนีความร้อนที่สร้างขึ้น(ตารางที่ 2-13) เราสามารถวิเคราะห์ค่าดัชนีความร้อน ได้เป็น 2 กรณี คือ

1. กรณีที่ 1 ค่าดัชนีความร้อนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง

ตัวอย่างเช่น ในช่วงฤดูร้อน ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งได้ 34 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ 60 เปอร์เซ็นต์ จากตารางที่ 8 จะได้ค่าดัชนีความร้อนเท่ากับ 42.18 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าดัชนีความร้อนที่เปิดได้จากตารางจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งที่ตรวจวัดได้จริงในตู้สกรีน ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออากาศมีความชื้นสูง อัตราการระเหยน้ำของอากาศจะลดลง ทำให้ร่างกายระบายความร้อนไปสู่อากาศในรูปของเหงื่อ(Sweat) แต่เนื่องจากเหงื่อออกน้อย เราจึงรู้สึกอากาศร้อนมากถึง 42 องศาเซลเซียส

2. กรณีที่ 2 ค่าดัชนีความร้อนมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง

ตัวอย่างเช่น ในช่วงฤดูร้อน ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งได้ 36 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ 20 เปอร์เซ็นต์ จากตารางที่ 6 จะได้ค่าดัชนีความร้อนเท่ากับ 34.19 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าดัชนีความร้อนที่เปิดได้จากตารางจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งที่ตรวจวัดได้จริงในตู้สกรีน ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออากาศมีความชื้นต่ำ อัตราการระเหยน้ำของอากาศจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ร่างกายระบายความร้อนไปสู่อากาศในรูปของเหงื่อได้มาก เป็นผลให้ร่างกายมีอุณหภูมิลดลง เราจึงรู้สึกอากาศไม่ร้อน คือรู้สึกอากาศมีอุณหภูมิเพียง 34 องศาเซลเซียส ทั้ง ๆ ที่ อุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง 36 องศาเซลเซียส ถือว่าอยู่ในเกณฑ์อากาศร้อน (อากาศร้อน อุณหภูมิตั้งแต่ 35 องศาเซลเซียส ขึ้นไปถึง 39.9 องศาเซลเซียส, อากาศร้อนจัด อุณหภูมิตั้งแต่ 40 องศาเซลเซียส ขึ้นไป)

จากทั้ง 2 กรณีข้างต้นจะเห็นได้ว่ากรณีที่ 1 ค่าดัชนีความร้อนที่มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้ง จะทำให้มนุษย์มีโอกาสที่จะเกิดการเจ็บป่วยจากความร้อนได้มากกว่า

4.1.2 การดัดแปลงค่าดัชนีความร้อน

จากตารางค่าดัชนีความร้อนที่สร้างขึ้น(ตารางที่ 3-14) เราสามารถสรุปค่าดัชนีความร้อนตามค่าความรุนแรงระดับต่าง ๆ ตามวิธีการของ Stedman ร่วมกับสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA เพื่อนำไปดัดแปลงในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ในขณะที่อากาศร้อน ซึ่งจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนได้ดังนี้

ตารางที่ 14 : การดัดแปลงค่าดัชนีความร้อนตามค่าความรุนแรงระดับต่าง ๆ ของ Stedman
ร่วมกับสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์

ดัชนีความร้อน (HI) (องศา เซลเซียส : °C)	ระดับ	สัญญาณธง (สี)	ความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อน
HI < 27	1	ขาว	ปกติ ไม่อันตราย: สามารถทำกิจกรรมต่อไปได้
$27 \leq HI \leq 32$	2	เขียว	ต้องใช้ความระมัดระวัง ความเสี่ยงต่ำ: เกิดอาการเหนื่อยอ่อน เมื่อยล้า หากพักสักครู่ก็จะทำกิจกรรมต่อไปได้
$32 < HI \leq 41$	3	เหลือง	ต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้น ความเสี่ยงปานกลาง: เกิดอาการ เพลียแดด (Heat Exhaustion) ซึ่งมีอาการไม่ชัดเจน หรือไม่ จำเพาะ เช่น มึนงง อ่อนเพลีย ไม่มีแรง คลื่นไส้ อาเจียน ปวด ศีรษะ และปวดกล้ามเนื้อ การรักษาการเพลียแดดทำได้ด้วยการ ให้ผู้ป่วยพัก
$41 < HI \leq 54$	4	แดง	อันตรายร้ายแรง ความเสี่ยงสูง: เกิดอาการตะคริวแดด (Heat Cramps) เป็นการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ มีอาการปวดและ บังคับไม่ได้ มักเป็นที่น่อง ต้นขา และไหล่. มักเป็นในผู้ที่มีเหงื่อ ออกมาก โดยตะคริว อาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกายหรือหลังจาก ระย้าแฉงเป็นเวลาหลายชั่วโมง บุคคลที่ไม่เคยชินที่เริ่มการออก กำลังหนักท่ามกลางอากาศร้อนเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงสูงในการ เกิดตะคริวแดด แม้ว่าตะคริวแดดไม่ได้เป็นการเจ็บป่วยที่สำคัญ นักและสามารถหายเองได้ แต่อาการปวดซึ่งเกิดร่วมด้วย อาจเป็นอาการที่นำผู้ป่วยมาพบแพทย์ได้
HI > 54	5	ดำ	อันตรายรุนแรง ความเสี่ยงสูงสุด: เกิด โรคลมร้อน(Heatstroke) อาการภาวะที่มีความล้มเหลวอย่างสิ้นเชิงของระบบการควบคุม อุณหภูมิกาย ต้องได้รับการบำบัดอย่างทันที่ เนื่องจาก อาจทำให้เสียชีวิตหรือพิการได้

4.1.3 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความร้อนที่ได้จากตาราง และจากโปรแกรมประมวลค่าดัชนีความร้อนที่สร้างขึ้น “ Heat Index Project ”

เนื่องจากเราสร้างตารางให้มีอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นจำนวนเต็ม แต่ในความเป็นจริง การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งจะมีค่าทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง ดังนั้นการนำตารางไปใช้งานจริงจึงต้องปัดค่าทศนิยมของอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งที่ตรวจวัดได้เสียก่อน แล้วจึงค่อยเปิดตาราง ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เรตรวจวัดอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งได้ 37.8 องศาเซลเซียส ปัดเป็นจำนวนเต็มได้ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปิดตารางที่ 8 จะได้ค่าดัชนีความร้อนเท่ากับ 48.59 องศาเซลเซียส

ส่วนการใช้โปรแกรมประมวลค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ” ที่สร้างขึ้นนั้น สามารถป้อนข้อมูลอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งที่ตรวจวัดได้จริง คือ 37.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ค่าดัชนีความร้อนเท่ากับ 48.02 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตารางเล็กน้อย(0.57 องศาเซลเซียส)

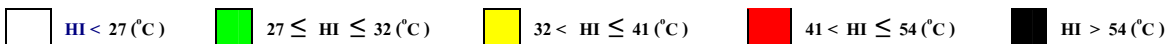
แต่เมื่อนำไปแปลความหมายตามตารางที่ 14 แล้ว จะได้ผลลัพธ์เดียวกัน กล่าวคือ ค่าดัชนีความร้อน 48.59 และ 48.02 องศาเซลเซียส($41 < HI \leq 54$) ระดับ 4 ธงสัญญาณสีแดง อันตรายร้ายแรง มีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากความร้อนสูง

4.1.4 การวิเคราะห์หาพิสัย(Range)ของอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจากตารางค่าดัชนีความร้อน

เมื่อเรานำค่าดัชนีความร้อนที่ได้จากตารางที่ 3-14 มาผนวกรวมกัน เพื่อวิเคราะห์หาพิสัยของอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจำแนกตามค่าความรุนแรงระดับ ต่าง ๆ ของ Stedman ร่วมกับสีสัญญาณธงของ Fort Brax Houston, USA จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 15 : ค่าดัชนีความร้อนของ Stedman จำแนกตามระดับความรุนแรง
ร่วมกับสถิติอุณหภูมิของ Fort Brax Houston, USA

อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21	20	21	22	23	23	24	24	25	25	25	25	25	24	24	23	22	22	20	19	18	16
22	21	22	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	22	21	20	19	18
23	22	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23	22	21	20
24	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23
25	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25	26	25
26	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28
27	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
28	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36
29	28	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40
30	28	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
31	29	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	49
32	30	30	30	30	30	30	31	31	32	33	34	36	37	39	40	42	44	47	49	51	54
33	31	31	31	31	31	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	46	48	51	54	57	60
34	32	32	31	32	32	33	33	34	35	37	38	40	42	44	47	49	52	55	58	62	66
35	33	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68	72
36	33	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	54	58	61	65	69	74	78
37	34	34	34	35	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	75	80	85
38	35	35	35	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	71	76	71	87	92
39	35	36	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	72	77	82	88	94	100
40	36	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	101	108
41	37	37	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	75	77	83	89	95	102	109	116
42	37	38	39	40	42	45	47	50	54	57	62	66	71	77	82	88	95	102	109	117	125
43	38	39	40	42	44	46	49	53	57	61	65	70	76	82	88	94	101	109	117	125	134
44	38	39	41	43	46	48	52	55	60	64	69	75	81	87	94	101	108	116	125	134	143
45	39	40	42	44	47	50	54	58	63	68	73	79	86	92	100	107	116	124	133	143	153
46	39	41	43	46	49	53	57	61	66	72	78	84	91	98	106	114	123	132	142	152	163
47	40	42	44	47	51	55	59	64	70	76	82	89	96	104	113	121	131	141	151	162	173
48	40	43	45	49	53	57	62	67	73	80	87	94	102	110	119	129	139	149	160	172	184
49	41	43	47	50	55	59	65	71	77	84	91	99	108	117	126	137	147	158	170	182	195
50	41	44	48	52	57	62	68	74	81	88	96	105	114	124	134	144	156	167	180	193	206



จากตารางที่ 15 เราจะพิจารณาพิสัยของอุณหภูมิอากาศคุ้มแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เฉพาะกรณีที่ค่าดัชนีความร้อนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง จะเห็นได้ว่า

1. ระดับ 1 ค่า $HI < 27$ สัญญาณธงสีเขียว อุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง 21-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 15-75 เปอร์เซ็นต์
2. ระดับ 2 ค่า $27 \leq HI \leq 32$ สัญญาณธงสีเขียว อุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง 26-34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ > 40 เปอร์เซ็นต์
3. ระดับ 3 ค่า $32 < HI \leq 41$ สัญญาณธงสีเหลือง อุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง 28-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ > 25 เปอร์เซ็นต์
4. ระดับ 4 ค่า $41 < HI \leq 54$ สัญญาณธงสีแดง อุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง 30-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ > 15 เปอร์เซ็นต์
5. ระดับ 5 ค่า $HI > 54$ สัญญาณธงสีดำ อุณหภูมิอากาศคุ้มแห้ง 33-50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ > 25 เปอร์เซ็นต์

4.2 ข้อวิจารณ์โปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”

โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ที่เขียนขึ้นเพื่อประมาณค่าดัชนีความร้อนที่ได้ เนื่องจากใช้ภาษา Visual Basic ทำให้มีข้อดี และข้อเสีย กล่าวคือ

ข้อดี คือ

1. โปรแกรมที่ได้มีขนาดเล็ก 24.0 KB(24,576 bytes) ไม่เปลืองเนื้อที่ใน Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่
2. เป็น file application ทำให้การติดตั้งโปรแกรมทำได้ง่ายโดย copy file โปรแกรม “ Heat Index Project ” ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการบน Windows จากนั้นทำการ run โปรแกรม ก็สามารถใช้งานได้ในทันที
3. ใช้งานง่าย โดยป้อนข้อมูลอุณหภูมิอากาศคุ้มแห้งที่ตรวจได้ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นกดปุ่ม CALCULATE โปรแกรมก็จะทำการประมาณค่าดัชนีความร้อน หน่วยเป็นองศาเซลเซียส พร้อมทั้งแสดงสีธงสัญญาณต่าง ๆ 5 สี ซึ่ง

เจ้าหน้าที่อุตุนิยมหาวิทยาลัยสามารถติดธงสัญญาณสีต่าง ๆ เพื่อใช้เตือนภัยจากการเจ็บป่วยเนื่องจากอากาศร้อนบริเวณสถานีได้

ข้อเสีย เนื่องจากสมการที่ใช้ในการประมาณค่าครรชนีความร้อนของ Stedman เป็นแบบ multiple regression จึงอาจมีอัตราผิด(Error) เกิดขึ้นได้ ดังนั้นหากเรามีเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้วัดค่าครรชนีความร้อน เปรียบเทียบกับค่าครรชนีความร้อนที่ประมาณได้จากโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ก็จะทำให้เราสามารถนำอัตราผิดที่ได้ ไปปรับแก้ใน โปรแกรม ซึ่งจะทำให้เราได้ค่าครรชนีความร้อนที่มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปและขอเสนอแนะ

(Conclusion and Recommendation)

5.1 สรุป(Conclusion)

ครุชนิความร้อน คือ ครุชนิที่บ่งบอกถึงการรับรู้อุณหภูมิอากาศของร่างกาย ว่ารู้สึกจริง ๆ อย่างไร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประกอบกัน ในวันที่มีอากาศร้อนและความชื้นในอากาศสูง ค่าครุชนิความร้อนจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตุ้มแห้งที่เราตรวจวัดได้เสมอ และจะเพิ่มมากขึ้นตามความชื้นของอากาศที่เพิ่มมากขึ้น ปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการเจ็บป่วยจากความร้อน ได้แก่ ความไม่เคยชินต่อสภาพแวดล้อมของอากาศ อากาศร้อนจัดและความชื้นของอากาศสูง ไม่มีลมพัด การใส่เสื้อผ้าหนาและปกปิดร่างกายมิดชิดเกินไป การเจ็บป่วย การปฏิบัติงานที่หนักเกินไป การได้รับน้ำไม่เพียงพอ การรับประทานอาหารมากเกินไป การดื่มสุราก่อนออกกำลัง การได้รับยาขับปัสสาวะหรือยาที่ยับยั้งการหลั่งเหงื่อ ล้วนมีโอกาสทำให้ผู้ที่ต้องทำกิจกรรมอยู่ท่ามกลางความร้อนกลางแจ้ง เช่น เกษตรกร ทหาร นักกีฬา หรือผู้ที่ต้องปฏิบัติงานอยู่ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก เช่น คนงาน โรงงานถลุงเหล็ก คนงาน โรงงานหลอมโลหะ คนงานเหมืองแร่ และพนักงานผจญเพลิง เกิดการเจ็บป่วยจากความร้อน และอาจทำให้เสียชีวิตหรือพิการ ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องมีการแจ้งเตือนให้บุคคลเหล่านี้ได้ทราบถึงอันตรายจากความร้อน เพื่อให้พวกเขามีการเตรียมการที่ดี ซึ่งจะช่วยลดอันตรายจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนลงได้

การศึกษา วิจัยครั้งนี้ ถือเป็นก้าวแรกที่สำคัญในการดำเนินการเกี่ยวกับการเรียนรู้ถึงอันตรายที่เกิดจากความร้อน และการเตือนภัยจากอากาศร้อน ซึ่งนับวันโลกของเราก็ยิ่งร้อนมากขึ้น และก่อให้เกิดผลกระทบด้านต่าง ๆ เช่น ผลกระทบต่อสภาพอากาศ ทำให้เกิดการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ เกิดพายุรุนแรง เกิดฝนแล้ง และเกิดอุทกภัย ผลกระทบต่อพื้นดิน ดินเสียความชุ่มชื้น ผลกระทบต่อมหาสมุทร ลดจำนวนแพลงตอนและสัตว์น้ำ เป็นต้น ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จะส่งผลให้มนุษย์เกิดภาวะอดอยากอย่างรุนแรงและเกิดโรคระบาด เป็นผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบเศรษฐกิจของโลกและสังคม อาจนำมาซึ่งสงครามช่วงชิงทรัพยากรธรรมชาติในวันข้างหน้าได้

5.2 ข้อเสนอแนะ(Recommendation)

5.2.1 ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบความหมายของดัชนีความร้อนและเกณฑ์อันตรายที่เกิดจากการเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อน

5.2.2 ควรมีการพยากรณ์ดัชนีความร้อนในระดับจังหวัดของประเทศไทย เพิ่มเติมลงในคำพยากรณ์อากาศประจำวัน เพื่อใช้เตือนภัยเกี่ยวกับอากาศร้อน

5.2.3 ควรมีการบอกค่าดัชนีความร้อนติดไว้ที่ป้ายหน้าสถานี รวมทั้งติดสัญญาณธงสีต่าง ๆ 5 สี กล่าวคือ ขาว เขียว เหลือง แดง และดำ เพื่อให้ทราบถึงค่าดัชนีความร้อนในช่วงฤดูร้อน เพื่อแจ้งเตือนถึงอันตรายจากความร้อนของในแต่ละวัน

5.2.4 ควรมีการศึกษาวิจัย เพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าดัชนีความร้อนของ Stedman และจัดทำเป็นแผนที่เสี่ยงภัยเนื่องจากอากาศร้อน ให้ประชาชนได้ทราบว่าบริเวณใดมีความเสี่ยงมากน้อยเพียงใด

คำนิยม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รับความร่วมมือจากกลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ในด้านการจัดพิมพ์เอกสาร และดร. สมชาย ไบม่วง หัวหน้ากลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไข จนการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ปรเมศร์ อมาตยกุล

บรรณานุกรม
(Bibliography)

- (จุลเทพ ชีระชาดา. 2544) คำแนะนำการป้องกันและการปฐมพยาบาลการเจ็บป่วยจากความร้อน
ประกาศกรมแพทยทหารบก กรุงเทพฯ: กองเวชกรรมป้องกัน กรมแพทยทหารบก.
- (บุญเติม แสงดิษฐ์. 2540) ทหารใหม่ปลอดภัยจากการฝึก กรุงเทพฯ: กองเวชกรรมป้องกัน
กรมแพทยทหารบก.
- (สุรจิต สุนทรธรรม. 2540) โรคพิษจากความร้อน กรุงเทพฯ: กองเวชกรรมป้องกัน
กรมแพทยทหารบก.
- (ยุพดี เสตพรรณ. 2540) ภูมิศาสตร์ประเทศไทย กรุงเทพฯ พิษณุโลกการพิมพ์ 552 หน้า.
- (Minard, D., H.S. Belding, and J.R. Kingston, 1957). Prevention of heat casualties
Jour. Amer. Med. Assoc., 165(14), 1813-18.
- (Quayle, R. G. and R. G. Steadman, 1998) The Steadman wind chill: An improvement over
present scales Wea. Forecasting, 13, 1187-1193.
- (Rothfus, L. P., 1990) The heat index “equation” (or, more than you ever wanted to know about
the heat index), *NWS Technical Attachment SR90-23*, NWS Southern Region
Headquarters, Fort Worth, TX, 3 pp.
- (Steadman, R.G., 1979) The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index
based on human physiology and clothing science. *J. Appl. Meteor.*, 18, 861-873.
- (Thornthwaite, C. W., 1948) An approach toward a rational classification of climate *Geogr. Rev.*,
38, 55-94.
-

ภาคผนวก
(Appendix)

ภาคผนวกที่ 1

รายละเอียดของโปรแกรมประมาณค่าดัชนีความร้อน “ Heat Index Project ”

เขียนโดยใช้ภาษา Visual Basic

Option Explicit

Private Sub cal_Click()

$$\begin{aligned} \text{Text3} = & (-42.379 + ((2.04901523 * (\text{Text1} * 9 / 5 + 32)) + (10.1433127 * \text{Text2}) - (0.22475541 * \\ & (\text{Text1} * 9 / 5 + 32) * \text{Text2}) - (6.83783 * 10^{-3} * (\text{Text1} * 9 / 5 + 32)^2) - (5.481717 * 10^{-2} \\ & * \text{Text2}^2) + (1.22874 * 10^{-3} * (\text{Text1} * 9 / 5 + 32)^2 * \text{Text2}) + (8.5282 * 10^{-4} * (\text{Text1} \\ & * 9 / 5 + 32) * \text{Text2}^2) - (1.99 * 10^{-6} * (\text{Text1} * 9 / 5 + 32)^2 * \text{Text2}^2)) - 32) / 9 * 5 \end{aligned}$$

If Text3 < 27 Then

Text3.BackColor = &H80000005

Text3.ForeColor = &H0

ElseIf (Text3 >= 27 And Text3 <= 32) Then

Text3.BackColor = &HFF00&

Text3.ForeColor = &H0&

ElseIf (Text3 >= 32 And Text3 <= 41) Then

Text3.BackColor = &HFFFF&

Text3.ForeColor = &HC00000

ElseIf (Text3 >= 41 And Text3 <= 54) Then

Text3.BackColor = &HFF&

Text3.ForeColor = &HFFFFFF

ElseIf (Text3 > 54) Then

Text3.BackColor = &H0&

Text3.ForeColor = &HFFFFFF

Else

MsgBox ("error")

End If

ภาคผนวกที่ 2

ตัวอย่างเครื่องมือวัดอุณหภูมิพิเศษที่ใช้ในการตรวจวัดดัชนีความร้อนของ Stedman



รูปแสดง : เครื่องมือวัดอุณหภูมิพิเศษที่ใช้ในการตรวจวัดดัชนีความร้อน

KESTREL® 3000 ENVIRONMENTAL METER

© 2004 RICHARD PAUL RUSSELL LIMITED PAGE 1 007-SL-0017/3

WIND SPEED • TEMPERATURE • WIND CHILL

RELATIVE HUMIDITY • HEAT INDEX • DEW POINT

Know your conditions

Measure environmental conditions quickly and accurately

Wide range of wind speeds and a low start-up speed

Reliable, portable and easy to use

- **Small, robust design**
- **Data hold function**
- **Large easy to read display with backlight**
- **Waterproof and floats**
- **High precision jewel mounted impeller**
- **Replaceable impeller**

- **Fast response temperature sensor**
- **Long life lithium battery**
- **Low cost**
- **Includes protective cover, lanyard and battery**
- **Two year warranty**
- **Choice of measurement units: Knots,**

Metres per second, Kilometres per hour,

Miles per hour, Feet per minute and

Beaufort Force. Centigrade and Fahrenheit

Measurement Units of Measure Accuracy Range

Current, Max and Average kt, m/s, km/h, mph, ft/min, B $\pm 3\%$ of reading 0.3 to 40 m/s

Wind speed or ± 0.1 m/s

Temperature, Wind Chill °C, °F $\pm 1^\circ\text{C}$ -29 to 70°C

Heat index, Dew Point

Relative Humidity % $\pm 3\%$ or scale 5 to 95%

DESCRIPTION

The original Kestrel Weather Meters have been redesigned to provide even better quality, performance and functionality. Three buttons on the front of the instrument mean operation is extremely simple and allow the selection of current, maximum and average wind speed,

temperature, wind chill, relative humidity, heat index and dew point displays and also data hold.

The Kestrel 3000 Environmental meter is a small, pocket-sized electronic rotating vane type of anemometer with built-in temperature and humidity sensors. It uses high precision jewel bearings and a light weight impeller to provide accurate air flow measurements even at low speeds. The impeller assembly is replaceable by the user in the case of damage. In order to quickly determine a steady temperature reading, the precision thermistor temperature sensor is mounted externally.

Wind chill and heat index are equivalent temperatures that show the user how their environment really feels. Wind chill is the combination of wind speed and temperature, while heat index is the combined effect of air temperature and relative humidity. The liquid crystal display has large

9 mm high digits and is backlit for a clear readout in low light conditions. Power is from an easily replaceable standard lithium coin type cell, which will typically give up to 400 hours of operation. The instrument automatically switches off if no keys are pressed for 45 minutes. The Kestrel 3000 is made from high impact injection moulded plastic and corrosion resistant materials with the electronics fully sealed. It will float if accidentally dropped into water. There is a hard cover for protection when not in use and a lanyard is provided for added security.

KESTREL® 3000 ENVIRONMENTAL METER

© 2004 RICHARD PAUL RUSSELL LIMITED PAGE 2 007-SL-0017/3

SPECIFICATION

Performance

Speed range: 0.3m/s to 40m/s (0.7 to 89mph)

On axis accuracy: $\pm 3\%$ of reading or \pm least significant digit

Off -axis response: -1% @ 5° , -2% @ 10° , -3% at 15°

Calibration drift: $<2\%$ after 100hrs operation at 7m/s

Some loss of accuracy from bearing wear may occur with sustained operation at or near maximum

Speed

Temperature accuracy: $\pm 1^\circ\text{C}$

Temperature Resolution: 0.1°

Relative Humidity Accuracy: $\pm 3\%$ or scale

RH Range: 5% to 95% RH resolution: 1%

Display

Operating Modes: Current speed (3 second average)

Average speed since power on (AVG)

Maximum 3 second gust since power on (MAX)

Temperature, Wind Chill

Relative Humidity, Heat Index,

Dew Point

Data hold (HOLD)

Display update: 1 second

Speed units: kt, m/s, km/h, mph, ft/min,

Beaufort Force (B)

Temperature units: °C, °F

Type: Reflective LCD

Digit height: 9mm

Physical

Dimensions: 122mm x 42mm x 20mm

Cover Dimensions: 122mm x 46mm x 26mm

Weight: 65g

Cover weight: 37g

Environmental

Sealing: Electronics enclosure IP67

Water resistant to 1m of water, floats

Shock: Drop tested to 2m

Temperature: Operating range -15° C to 50°

C (LCD readability lost)

Storage range -20°C to 80°C

EMC: CE marked

Miscellaneous

Battery: Lithium coin cell CR2032, user replaceable.

Battery Life: 400 hours operation, typical

Auto switch off: 45 minutes after last key press

Impeller: Diameter 25mm

High precision jewel bearings

User replaceable impeller assembly

Temperature sensor: Hermetically sealed precision thermister

Humidity sensor Silicon based capacitive sensor

Case colour: Red

Cover: Snap on hard cover for protection

Lanyard: 0.5m

Windchill equivalent temperature calculation: Calculated as specified by the US and Canadian weather services

Heat Index Calculation: Steadman, from temperature and relative humidity

Guarantee: 12 months, parts and labour.

Second year of warranty after registration

Certification: Wind speed, temperature and humidity measurements are tested during manufacture.

Factory Certification is available for an additional fee The manufactures reserve the right to amend the specification and therefore the information in this document may be subject to change.

Richard Paul Russell Limited New Harbour Building, Bath Road, Lymington, SO41 3SE, United Kingdom

Tel: +44 (0) 1590 679755 Fax: +44 (0) 1590 688577 e-mail: sales@r-p-r.co.uk

web: <http://www.r-p-r.co.uk>

Price : £120.00 £141.00 VAT 17.5%
