รายงานการวิจัย

โครงการแบบจำลองพฤติกรรมการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย

(The simulation model to study the behavior of malaria outbreak)

คณะผู้วิจัย

นางปัทมนันท์ อิสรานนทกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายถิรภัทร มีสำราญ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
นายดนุวัศ อิสรานนทกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2560

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข)

ข้อตกลงเลขที่ สวรส. 60-017

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... **ก**

บทคัดย่อ ..... **ข**

ABSTRACT ..... **ค**

สารบัญ ..... **ง**

สารบัญตาราง ..... **ฉ**

สารบัญภาพ ..... **ช**

บทที่ 1 บทนำ **1**

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 1

ขอบเขตการวิจัย 1

วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล 2

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**

โรคมาลาเรีย 5

Agent-Based Modeling (ABM) 8

Global Stochastic Contact Modeling (GSCM) 9

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย **12**

ส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ 12

ส่วนประมวลผลหลัก 13

ส่วนแสดงผล 14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินการ **15**
ส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ 15
การประมวลผล 20

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย **33**
สรุปผลการวิจัย 33
อภิปรายผล 33
ปัญหาและอุปสรรค 33
ข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม **36**

ภาคผนวก

ก. ประวัติคณะผู้วิจัย

ข. รายงานสรุปผลการฝึกอบรมในการใช้ผลจากแบบจำลอง

ค. รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการระบาดของโลก วันที่ 2 พฤศจิกายน 2560

ง. ภาพการจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาการระบาดของโลก วันที่ 2 พฤศจิกายน 2560

จ. การนำเสนอผลงานแบบบรรยายในงานประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 10 และบทความวิจัยฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 10 2560

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 แสดง Prepatent Period และ Incubation Period ของเชื้อมาลาเรีย 7
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ของแต่ละจังหวัดและการแบ่งพื้นที่สำหรับการทำกิจกรรมของคนกลุ่มใหญ่ 15
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนนักเรียน คนทำงานในโรงงาน โรงเรียน และโรงงาน 16
ตารางที่ 4.3 จำนวนผู้ป่วยที่ถูกนำมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นของแต่ละจังหวัดตามเขตรับผิดชอบของ สคร.3 18
ตารางที่ 4.4 ค่าตัวแปรเริ่มต้น เพื่อใช้สำหรับสร้างประชากรยุงสังเคราะห์ 19
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเริ่มต้นและค่าควบคุมปริมาณยุงจากการดำเนินการของสมการ ODE 20
ตารางที่ 4.6 คำอธิบายตัวแปรของสมการสำหรับคำนวณหาปริมาณยุงและ offspring 20
ตารางที่ 4.7 ตัวแปรที่ใช้ในการรันแบบจำลอง 22

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัยแบบจำลองไข้มาลาเรีย 12
ภาพที่ 4.1 การจัดวางพื้นที่เสมือนแยกตามการใช้งาน 16
ภาพที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวจำนวนประชากรตามช่วงอายุต่าง ๆ 17
ภาพที่ 4.3 แสดงกลุ่มของ Agent ตามเขตพื้นที่จากจำนวนประชากร 18
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของยุงกับอุณหภูมิ 21
ภาพที่ 4.5 จำนวนยุงทั้งหมด และ Offspring 21
ภาพที่ 4.6 จำนวนยุงตัวเมีย และ Offspring 22
ภาพที่ 4.7 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดชัยนาท 23
ภาพที่ 4.8 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดนครสวรรค์ 23
ภาพที่ 4.9 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดอุทัยธานี 24
ภาพที่ 4.10 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดกำแพงเพชร 24
ภาพที่ 4.11 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดพิจิตร 25
ภาพที่ 4.12 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดชัยนาท 25
ภาพที่ 4.13 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดนครสวรรค์ 26
ภาพที่ 4.14 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดอุทัยธานี 26
ภาพที่ 4.15 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดกำแพงเพชร 27
ภาพที่ 4.16 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดพิจิตร 27
ภาพที่ 4.17 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดชัยนาท 28
ภาพที่ 4.18 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดนครสวรรค์ 28

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 4.19 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดอุทัยธานี 29
ภาพที่ 4.20 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดกำแพงเพชร 29
ภาพที่ 4.21 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดพิจิตร 30
ภาพที่ 4.22 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดชัยนาท 30
ภาพที่ 4.23 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดนครสวรรค์ 31
ภาพที่ 4.24 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดอุทัยธานี 31
ภาพที่ 4.25 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดกำแพงเพชร 32
ภาพที่ 4.26 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดพิจิตร 32

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข ที่ได้อนุมัติทุนสนับสนุนการวิจัย และคณะกรรมการเฉพาะกิจพิจารณาการวิจัยทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษา และเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือในการเฝ้าระวังควบคุมการแพร่เชื้อมาลาเรีย

นางปัทมนันท์ อิสรานนทกุล
นายถิรภัทร มีสำราญ
นายดนุวัศ อิสรานนทกุล

บทคัดย่อ

ไข้มาลาเรียเป็นหนึ่งในโรคที่สำคัญที่เกิดจากยุงเป็นพาหะ ซึ่งประเทศไทยนั้น เป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งสภาพอากาศนั้นมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และขยายพันธุ์ของยุง ดังนั้น ในประเทศไทยจึงมีผู้ป่วย และเสียชีวิตจากยุงเป็นประจำทุกปี ซึ่งโรคมาลาเรีย ถึงแม้จะมีจำนวนผู้ป่วยต่อปีไม่สูงมาก แต่ก็ยังเป็นโรคหนึ่งซึ่งยากต่อการกำจัดให้หมดไปจากประเทศไทย ซึ่งทางผู้วิจัยเห็นว่า การใช้การประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรม หรือสภาพแวดล้อมของโรคได้

งานวิจัยนี้ นำเสนอการทำซ้ำการเกิดโรคจากยุงคือไข้มาลาเรีย เรียกว่า mABMs-MAR ซึ่งเป็นโมเดลผสมระหว่างวิธีการทางด้านคอมพิวเตอร์ และ คณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยในส่วนของวิธีการทางด้านคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้ Agent Based Modeling เป็นวิธีการหลักในการสร้างแบบจำลองผ่านทางโมเดลอื่น เช่น GSCM (Global Stochastic Contact Model) เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโฮสต์ทั้งสอง คือ คนและยุง ในส่วนของวิธีการทางด้านคณิตศาสตร์นั้น จะนำมาใช้เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลสำหรับ ออปเจกขนาดเล็ก ซึ่งภายในโมเดลนี้คือยุง

ABSTRACT

Malaria is one of the major mosquito-borne diseases especially in tropical and sub-tropical countries, including Thailand. The weather in this area is suitable for living and producing offspring for mosquito, so it causes illness and died in people, who live in that area. Although it has few cases in Thailand yearly, Malaria is difficult to get rid of from Thailand. To make more understanding of behavior and environment of the disease, computational can be utilized to study disease.

This research aims to make the reputation of mosquito-borne illness, so-called mABMs-MAR, which is a hybrid of combination for computational and mathematical methods. In term of computational, Agent-Based Modeling plays as the major method of simulation with the corporation with another model, such as the Global Stochastic Contact Model (GSCM). To make the relationships between hosts, humans and mosquitos. For a mathetical method, it will be used to shorten the processing time for small objects, which is the mosquito.

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเผชิญปัญหาที่เกิดจากยุง ด้วยสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศ ที่เป็นปัจจัยให้เกิดการแพร่ขยายพันธุ์ยุง และสามารถนำไปสู่โรคไข้มาลาเรียได้ โรคมาลาเรียเป็นโรคติดเชื้อจากเชื้อปรสิตสกุลพลาสโมเดียม คือ พลาสโมเดียมไวแวกซ์ และพลาสโมเดียมฟัลซิปารัม พลาสโมเดียมโอวาเล่ และพลาสโมเดียมมาลาริอี โดยมียุงก้นปล่องเป็นพาหะในการแพร่ระบาดโรค ในประเทศไทยส่วนใหญ่พบเชื้อพลาสโมเดียมไวแวกซ์ และพลาสโมเดียมฟัลซิปารัม ผู้ที่ติดเชื้อมาลาเรียช่วงแรกจะมีอาการไข้ต่ำ ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัว หลังจากนั้นจะมีอาการไข้สูง หนาวสั่น อาการไข้มักจะเกิดหลังได้รับเชื้อประมาณ 2-3 สัปดาห์ ยาต้านมาลาเรียชนิดพลาสโมเดียมฟัลซิปารัมคือ ควินินร่วมกับเตเตร้าซัยคลิน มาลาเรียยังเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขเฉพาะพื้นที่ ที่ทำให้ประชาชนคนในพื้นที่เขตรับผิดชอบของ สคร.3 นครสวรรค์ ป่วยไข้มาลาเรีย แม้การระบาดของโรคจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายแดนไทยติดกับประเทศเพื้นบ้านการอพยพเคลื่อนย้ายประชากร และการดื้อยารักษามาลาเรีย ที่จะส่งผลต่อการควบคุมป้องกันโรคมาลาเรียเป็นไปด้วยความยากลำบาก จึงจำเป็นต้องเพิ่มเน้นมาตรการควบคุมยุงพาหะ

แบบจำลองการระบาดของโรคจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการเฝ้าระวังเพื่อการตอบโต้ และควบคุมโรคและควบคุมพาหะในพื้นที่เฉพาะต่างๆ การใช้แบบจำลองสามารถพยากรณ์การแพร่ระบาด ซึ่งเป็นข้อมูลในการป้องกัน และควบคุมการแพร่เชื้อมาลาเรีย

1.2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1. สร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการจำลองการเกิดไข้มามาลเรีย ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ที่เกื้อหนุนให้เกิดการระบาดของโรค

1.2.2. เพื่อสร้างเครื่องมือใหม่ให้กับนักสาธารณสุข นำไปวางแผนการป้องกันไข้มาลาเรีย

1.3. ขอบเขตการวิจัย

1.3.1. ขอบเขตพื้นที่การวิจัย

- วิจัยไข้มาลาเรียเฉพาะเขตพื้นที่รับผิดชอบของ สคร.3 เท่านั้น ประกอบด้วย จังหวัด นครสวรรค์ กำแพงเพชร พิจิตร อุทัยธานี และชัยนาท

1.3.2. ขอบเขตประชากร

- ฐานข้อมูลของกระทรวงมหาดไทยในเขตพื้นที่รับผิดชอบของ สคร.3

1.3.3. ขอบเขตเนื้อหา

- ข้อมูลไข้มาลาเรียในเขตพื้นที่ สคร.3
- การวิจัยไม่รวมถึงการอพยพ ย้ายถิ่นฐาน และอัตราการเกิดการตายของประชากร

1.4. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.4.1. วิธีการเก็บข้อมูล

1) เป็นข้อมูลแบบทุติยภูมิ
   - ข้อมูลผู้ป่วยจะเก็บรวบรวมจากเว็บไซต์ของโรคติดต่อนำโดยแมลง
   - ข้อมูลประชากรจากเว็บไซต์ของกระทรวงมหาดไทย กระทรวงสาธารณสุข
   - ข้อมูลประชากรยุง จากเว็บไซต์เครือข่ายภายใต้กระทรวงสาธารณสุข

1.4.2. การทำการประมวลผลก่อนสำหรับข้อมูลดิบ (Pre-processing for raw data)

1) สร้างประชากรเทียม ทั้งในส่วนของ คนในพื้นที่ และยุงซึ่งเป็นพาหะของโรคตามจำนวนที่ได้รับรายงานจากแหล่งต้นทางของข้อมูลชนิดต่าง ๆ
2) สร้างประชากรเทียมบน virtual space แต่อ้างอิงถึงการกระจายตัวของประชากร เพื่อเป็นประโยชน์ต้องการจำลองการ Contact ระหว่าง ยุง กับ คน
3) อุณหภูมิ ได้รวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำไปใช้สำหรับการสร้างผลกระทบต่อการมี ชีวิตของยุง

1.4.3. การสร้างแบบจำลอง

1) Transmission Model เป็นการสร้างการแพร่เชื้อระหว่างยุงสู่คน และคนสู่ยุง ด้วยการประยุกต์ใช้ SIR Model สำหรับ ยุง และ SLIR Model สำหรับคน ดังตัวอย่างสมการภูมิคุ้มกันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในโมเดล เมื่อคนหายป่วยแล้วจะมีภูมิคุ้มกันการเกิดไข้มาลาเรียนเกิดขึ้น แต่เป็นไปอย่างจำกัด ดังนั้น โมเดลสำหรับภูมิคุ้มกันจึงเป็นส่วนสำคัญในโมเดลเพื่อสร้างวงจรของการเกิดโรคระบาด
2) Mosquito Model เป็นการสร้างประชากรเทียมของยุง โดยอาศัยข้อมูลจากวงจรชีวิตยุงมาเป็นตัวช่วยในการกำหนดจำนวนประชากร ว่า อัตราการวางไข่ไปจนถึงกระทั่งตัวเต็มไวนั้น จะมีเป็นจำนวนเท่าไร เพื่อสร้างสภาพเลียนแบบธรรมชาติของโมเดลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอธิบายถึงวงจรชีวิตของยุง และกระบวนการสร้าง offspring

1.4.4. การออกแบบโปรแกรมส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งาน และโปรแกรมประมวลผล

1) ทำการออกแบบหน้าจอรับข้อมูลเข้า

2) ทำการออกแบบหน้าจอแสดงผลข้อมูล

1.4.5. ประมวลผลแบบจำลอง

1.4.6. การเผยแพร่แบบจำลอง

1.5. นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

1.5.1. โมเดลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สมการคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการคำนวณค่าที่อยู่ภายใน Agent-Base Model

1.5.2. วิทยาการระบาดทางคอมพิวเตอร์ (Computer Epidemiology) หมายถึง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพและความเจ็บป่วยของประชากร และเป็นพื้นฐานและตรรกะที่ทำให้เกิดแนวคิดความสนใจในสาธารณสุขและเวชศาสตร์ป้องกันด้วยวิธีการทางคอมพิวเตอร์

1.6. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.6.1. ด้านวิชาการ

1) ผลงานทางวิชาการในการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เกื้อหนุนให้เกิดการระบาดของไข้มาลาเรีย

2) มีการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชีววิทยา และ สาธารณะสุข เข้าด้วยกันเป็นลักษณะของสหวิชา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับโรคระบาดในสาขาของ ระบาดวิทยาเชิงคำนวณ

3) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาไข้มาลาเรียออกในแง่มุมต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทำได้ในสถานการณ์จริง หรือมีความเสี่ยงสูงในการทดลอง หรือใช้งบประมาณมากในการทดลอง

1.6.2. ด้านสังคมและชุมชน

1) เพื่อเป็นแนวทางในการลดอัตราการแพร่กระจายไข้มาลาเรียในพื้นที่ที่ทำการศึกษาเศรษฐกิจ/พาณิชย์

2) เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้งบประมาณในการป้องกันการแพร่กระจายของไข้มาลาเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.3. หน่วยงานด้านการสาธารณสุข

1) ได้เครื่องมือเพื่อช่วยในการตัดสินใจ และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการป้องกันไข้มาลาเรีย
2) ได้เครื่องมือช่วยในการควบคุมโรคไข้มาลาเรีย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองพฤติกรรมการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นความรู้ในการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม ดังนี้

- โรคมาลาเรีย
- Agent-Based Modeling (ABM)
- Global Stochastic Contact Modeling (GSCM)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคมาลาเรีย

มาลาเรีย เป็นโรคติดต่อในคนและในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิด เกิดจากการติดเชื้อปรสิตชนิดโปรโตซัวใน Genus Plasmodium (Family Plasmodiidae, Order Eucoccidiida, Class Sporozoa, Phylum Apicomplexa) จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลกประมาณว่า ในแต่ละปีมีประชากรทั่วโลกติดเชื้อมาลาเรียรวมไม่ต่ำกว่า 300 - 500 ล้านคน และเสียชีวิตมากถึงปีละ 1.5 - 2.7 ล้านคน โดยส่วนใหญ่ (ประมาณ 90%) เป็นเด็กในทวีปแอฟริกาตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ควรเรียกชื่อโรคนี้ว่า Plasmodiosis แต่คำนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้กัน คำว่า โรคมาลาเรีย(malaria) มาจากภาษาอิตาเลียน mal + aria แปลว่า bad air เนื่องจากในอดีต ก่อนที่จะทราบว่าโรคนี้เกิดจากเชื้อปรสิต มีผู้สังเกตว่าในสภาวะที่อากาศอบอุ่นและร้อนชื้นในฤดูร้อนของยุโรป มักพบมีผู้คนป่วยด้วยโรคนี้กันมาก เชื่อกันในขณะนั้นว่าเป็นเพราะอากาศที่ไม่ดีต่อมาภายหลังจึงพบว่าเป็นโรคที่ติดต่อโดยยุง และฤดูร้อนเป็นฤดูที่มียุงพาหะชุกชุม

ในประเทศไทยก่อนที่จะรู้จักคำว่า มาลาเรีย มีชื่อที่ใช้เรียกโรคนี้หลายชื่อขึ้นอยู่กับท้องถิ่นได้แก่ ไข้ป่า (มักเกิดขึ้นกับผู้ที่เข้าไปในป่า) ไข้จับสั่น (มีอาการหนาวสั่นก่อนเป็นไข้) ไข้ป้าง (ป้าง หมายถึง ท้องโต เนื่องจากเด็กที่เป็นโรคนี้มักมีม้ามโต) ไข้ร้อนเย็น (มีอาการเป็นไข้และหนาวสั่น) และไข้ดอกสัก (คนป่วยกันมากในช่วงต้นสักออกดอก ซึ่งแท้จริงเป็นช่วงฤดูฝน ซึ่งมียุงพาหะมาก)

เชื้อมาลาเรียที่พบในปัจจุบันมีทั้งหมดกว่า 100 ชนิด ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สัตว์แทะ ค้างคาวสัตว์ปีกและสัตว์เลื้อยคลาน ในจำนวนนี้มี 22 ชนิดที่พบในสัตว์ชั้นสูง คือ ลิงและคน

เชื้อมาลาเรียที่จัดว่าเป็นปรสิตของคนมีเพียง 4 ชนิด ได้แก่

- Plasmodium falciparum : Malignant tertian malaria
- Plasmodium vivax : Benign tertian malaria
- Plasmodium malariae : Quartan malaria
- Plasmodium ovale : Ovale tertian malaria

ในประเทศไทยสามารถพบได้ทั้ง 4 ชนิด โดยที่พบ P. falciparum มากที่สุด รองลงมาก็คือ P. vivax, P. malariae และ P. ovale ตามลำดับ โดย P. ovale พบได้ 2 - 3 รายเท่านั้น P. falciparum สามารถพบได้ทั่วประเทศ โดยเฉพาะบริเวณชายแดน และ P. vivax พบชุกชุมในภาคใต้ นอกจากนั้นยังพบเชื้อผสมปีละประมาณ 0.5 % ซึ่งมักเป็น P. falciparum ผสมกับ P. vivax ในผู้ป่วยรายเดียวกัน อาการสำคัญของโรคนี้ คือ มีไข้ หนาวสั่น บางรายอาจถึงแก่ชีวิตได้ หากไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที จึงนับว่าเป็นโรคที่บั่นทอนกำลังของมนุษยชาติอย่างมากอย่างไรก็ดี โรคนี้ยังเป็นโรคที่ป้องกันและควบคุมได้ การเป็นโรคมาลาเรียเกิดจากการถูกยุงก้นปล่องตัวเมียนำเชื้อกัด ซึ่งเป็นวิธีการติดต่อตามธรรมชาติที่พบได้มากที่สุดในประเทศไทยมียุงก้นปล่องประมาณ 68 ชนิด แต่ยุงที่เป็นพาหะหลัก (primary vector) ได้แก่ 1) Anopheles minimus 2) Anopheles dirus และ 3) Anopheles maculatus

เชื้อมาลาเรียของคนทั้ง 4 ชนิดนี้ มีเฉพาะยุงก้นปล่อง (Anopheles spp.) เท่านั้นที่เป็นพาหะได้ วงจรชีวิตในยุง เป็นระยะที่ใช้เพศ (sexual phase) หรือ sporogony ส่วนวงจรชีวิตในคนเป็นระยะที่ไม่ใช้เพศ (asexual phase) หรือ schizogony เชื้อมาลาเรียของคนทั้ง 4 ชนิดนี้ มีเฉพาะยุงก้นปล่อง (Anopheles spp.) เท่านั้นที่เป็นพาหะได้วงจรชีวิตในยุง เป็นระยะที่ใช้เพศ (sexual phase) หรือ sporogony ส่วนวงจรชีวิตในคนเป็นระยะที่ไม่ใช้เพศ (asexual phase) หรือ schizogony ในส่วนที่เกิดขึ้นในคนนั้นยังแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ 1) ระยะที่เกิดขึ้นในเซลล์ตับ 2) ระยะที่เกิดขึ้นในเม็ดเลือดแดง เรียกว่า erythrocytic schizogony

ระยะเวลาตั้งแต่คนได้รับเชื้อมาลาเรียระยะ sporozoites จากยุงก้นปล่อง ไปจนถึงเริ่มมีเชื้อปรากฏในกระแสโลหิต เรียกว่า prepatent period ซึ่งจะสั้นกว่าระยะ incubation period หรือระยะเวลาที่ได้รับเชื้อ จนเริ่มมีอาการ ช่วงระยะเวลาทั้งสองช่วงของเชื้อมาลาเรียแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดง Prepatent Period และ Incubation Period ของเชื้อมาลาเรีย

เชื้อมาลาเรีย	Prepatent Period (Days)	Incubation Period (Days)
P. falciparum	15 – 16	28 (18 – 40) หรือมากกว่า
P. vivax	11 – 13	13 (12 – 17) หรืออาจจะเป็นเดือน
P. malariae	9 – 16	12 (9 - 14)
P. ovale	10 – 10	17 (16 - 18) หรือมากกว่า

คนที่เป็นไข้มาลาเรียระยะเริ่มแรกอาจมีอาการคล้ายกับคนเป็นไข้หวัด เช่น ปวดหัว คลื่นไส้ มีไข้ ทำให้บ่อยครั้งที่ผู้ติดเชื้อไม่รู้ตัวว่าเป็นไข้มาลาเรียในระยะเริ่มต้น ต่อมาเมื่อมีจำนวนเชื้อเพิ่มมากขึ้น อาจมีอาการรุนแรงจนถึงเสียชีวิตได้เนื่องจากการรักษาที่ไม่ถูกต้องอย่างไรก็ตามหากผ่านระยะเริ่มต้นไปได้ไม่กี่วัน การเป็นไข้มาลาเรียจะเริ่มมีรูปแบบเฉพาะและเป็นช่วงๆ ที่เรียกว่า malarial paroxysm มี 3 ระยะ ตามลำดับ คือ

1) ระยะหนาวสั่น (the cold stage) ผู้ป่วยรู้สึกหนาวสั่น อาจถึงกับฟันกระทบกัน อาจมีปวดศีรษะคลื่นไส้ อาเจียน ระยะนี้กินเวลาประมาณ 5 - 60 นาที เชื่อว่า อาการดังกล่าวเกิดจากการที่มีเม็ดเลือดแดงแตกจำนวนมาก และปล่อยสาร endogenous pyrogen ทำให้มีอาการ หนาวสั่น
2) ระยะมีไข้ (the hot stage) ผู้ป่วยเริ่มรู้สึกร้อนทิ้งผ้าห่ม หน้าตาแดง ผิวหนังแห้ง ชีพจรเร็วและแรงหายใจเร็ว ปวดศีรษะรุนแรง คอแห้ง คลื่นไส้ บางทีอาเจียน อุณหภูมิสูงถึง 40.5 องศาเซลเซียส (105 องศาฟาเรนไฮท์) ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2 - 6 ชั่วโมง
3) ระยะเหงื่อออก (the sweating stage) ไข้ลดลงเหงื่อออกจนเปียกชุ่ม ผู้ป่วยรู้สึกสบายขึ้นและอ่อนเพลียมากจนหลับไป ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2 - 4 ชั่วโมง

หลังพ้นระยะเหงื่อออกและตื่นขึ้นแล้ว ผู้ป่วยจะรู้สึกปกติ เหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้น สามารถทำงานได้ตามเดิม ระยะที่ไม่มีไข้นี้เป็นระยะที่เชื้อในเม็ดเลือดแดงกำลังเจริญเติบโตในระยะ trophozoites ไปจนถึงระยะก่อนที่ mature schizonts จะแตก และเมื่อมีการแตกของเม็ดเลือดแดง ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการในระยะหนาวสั่นใหม่ เป็นวงจรอยู่อย่างนี้ ตามระยะเวลาของ erythrocyte cycle ดังกล่าว พบว่า P. vivax และ P. ovale มักมีอาการ จับไข้ทุกๆ 2 วัน P. malariae ทุกๆ 3 วัน และ P. falciparum มักมี

การจับไข้ทุกวันหรือวันเว้นวัน อย่างไรก็ตามในระยะแรกๆ ของการติดเชื้อ ระยะเวลาที่จับไข้มักไม่แน่นอน เนื่องจากมีเชื้อที่ออกมาจากตับ เข้าสู่กระแสโลหิตอยู่เป็นระยะๆ

เชื้อมาลาเรีย P. vivax, P. malariae และ P. ovale ไม่ก่อให้เกิดอาการที่รุนแรงจนเสียชีวิต แต่สำหรับ P. falciparum พบว่าประมาณ 50% ของผู้ป่วยจะเสียชีวิต หากไม่ได้รับการรักษา เนื่องจากเชื้อทำให้เกิดพยาธิสภาพรุนแรงกว่า อย่างไรก็ตามร่างกายคนเราสามารถสร้างภูมิต้านทานต่อเชื้อมาลาเรียได้ระดับหนึ่ง หากไม่มีอาการแทรกซ้อนจนเสียชีวิต เชื้อมาลาเรียในกระแสเลือดจะค่อยๆ ถูกทำลาย ทำให้อาการของไข้มาลาเรียค่อยๆ ลดลง จนหายไปเองในที่สุด ส่วนจะกินเวลานานเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ ผู้ป่วยที่เป็นเรื้อรัง มักมีภาวะโลหิตจางม้ามโตหรืออาจมีตับโตด้วย

2.2 Agent-Based Modeling (ABM)

ABM เป็นแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการแสดงถึงออปเจกภายในระบบที่มีคุณสมบัติเฉพาะ และแตกต่างกัน โดยการกำหนดกฎเพื่อให้ออปเจกเหล่านั้นดำเนินการตาม ภายใต้สภาพแวดล้อมเสมือน และมีความเป็นอัตโนมัติ ซึ่ง ABM นั้น ได้เตรียมเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับระบบที่ซับซ้อนและยากต่อการดำเนินการด้วยวิธีการอื่น ๆ รวมถึงมีการดำเนินการกับค่าคุณสมบัติของแต่ละออปเจกอีกด้วย

ดังนั้นออปเจกจึงเป็นองค์ประกอบหลังของ ABM ที่ประมวลผลอยู่ภายใต้โลกเสมือนจริง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในแบบต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งออปเจกสามารถเป็นอะไรก็ได้ เช่น คน สัตว์ แมลง หรือ อื่น ๆ แต่ออปเจกนั้นต้องถูกระบุตัวตนด้วยสถานะที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมเสมือนเหล่านั้น

อย่างไรก็ตาม การกำหนดออปเจกสำหรับสิ่งมีชีวิตนั้น สิ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึงได้แก่ช่วงอายุของออปเจก นั่นคือ ต้องมีการเกิด และตายของออปเจกตามลักษณะเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น อาหารไม่เพียงพอ สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย หรือเกิดจากการกำจัดออปเจกด้วยปัจจัยต่าง ๆ

ภายใน ABM นั้นจะมีการสร้างความสัมพันธ์ให้เกิดขึ้นระหว่างออปเจก ซึ่งเป็นการวางกฎของความสัมพันธ์ต่อการดำเนินการใด ๆ ภายในโมเดล ซึ่งกฎนั้นประกอบไปด้วย 2 ลักษณะได้แก่ กฎเฉพาะแต่ละออปเจก และ กฎของการดำเนินการ นั่นก็เพราะเพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระกว่างออปเจกด้วยกันเองภายในสภาพแวดล้อมเสมือน อย่างไรก็ตาม หากกฎที่กำหนดให้มีความซับซ้อน ก็จะทำให้โมเดลนั้นยากต่อการทำความเข้าใจ และการวิเคราะห์ และต้องการพารามิเตอร์จำนวนมากเพื่อใช้ในการกำหนดค่าให้กับระบบ

2.3 Global Stochastic Contact Modeling (GSCM)

GSCM เป็นกรอบการดำเนินการทางด้านการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการระบาดของโรค ในเขตพื้นที่ใด ๆ โดยการแสดงถึงวิธีการสัมผัสระหว่างโฮสต์ หรือระหว่างโฮสต์กับพาหะ เป็นต้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ถึงการระบาดของโรค โดยกำหนดให้ประชากรถูกแทนด้วย P ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ชนิดได้แก่ ภาวะของโรคปัจจุบัน ได้แก่ พร้อมรับเชื้อ (S) เชื้อฟักตัว (L) แสดงอาการป่วย (I) และการหายจากโรค (R) และข้อมูลชนิดที่ 2 คือ ภาวะโรคที่เป็นก่อนหน้า แสดงด้วย ΔT ซึ่งเป็นระยะเวลาต่างๆ ของการเปลี่ยนสถานะของการเป็นโรค ได้แก่ L→I, I→R, R→S หรืออื่น ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะของการเป็นโรคนั้น จะขึ้นอยู่กับสถิติของช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละโรค

เนื่องจาก GSCM ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงการสัมผัสของประชากร ดังนั้น ความเป็นไปได้ในการสัมผัสในช่วงเวลา ΔT จะแสดงออกได้ดังนี้ $|\mathrm{P}| = \mathrm{N}\ \text{is:}\ \mathrm{C(t)} = \frac{1}{2} \times \sum_{\mathrm{k}} (\mathrm{CR_k} \times \mathrm{N_k})$ เมื่อ N_k เป็นจำนวนประชากรแต่ละคนสำหรับพื้นที่ที่กำหนด ซึ่งประสิทธิภาพของการใช้ GSCM คือการสร้างการสัมผัสให้เกิดขึ้นในประชากรแต่ละกลุ่ม ตามสถานะปัจจุบันที่ได้เก็บค่าเอาไว้ เพื่อแสดงถึงการแพร่กระจายของเชื้อ โดยการสัมผัสนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าทางสถิติของแต่ละโรค แล้วนำไปทำการสุ่มเพื่อให้เกิดการแพร่เชื้อ และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการแพร่กระจายของเชื้อ GSCM จะลดการทำงานของแบบจำลองลง โดยให้การสัมผัสจะกระทำระหว่าง S กับ I เท่านั้น เพราะฉะนั้น ค่าของของแพร่เชื้อสามารถคำนวณโดยใช้สมการดังต่อไปนี้ได้ $\mathrm{p(transmission)} = 1 - ((1 - \mathrm{trans})^{\mathrm{exp}})$ ซึ่ง exp หมายถึงความน่าจะเป็นและจำนวนนับของการแพร่เชื้อในแต่ละราย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคมาลาเรียเป็นเชื้อโรคที่เกิดจากปรสิตสกุลพลาสโซเดียม มียุงก้นปล่องเป็นพาหะในการแพร่ระบาดโรค โดยคนไข้โรคมาลาเรียชนิดไวแวกซ์สามารถเกิดอาการไข้กลับอีกครั้งได้ พันธนี พงศ์สัมพันธ์ ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองได้รับการพัฒนาขึ้นโดยการพิจารณาการระบาดของเชื้อฟัลซิปารัม และไวแวกซ์ ในประชากรไทยและพม่า ใช้วิธีการจำลองเชิงพลวัตมาตรฐาน ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของผลเฉลยของแบบจำลองแต่ละแบบ ผลลัพธ์เชิงตัวเลขของแบบจำลองได้ถูกนำมาแสดงให้เห็นว่า สภาวะยุ่งเหยิงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในสถานการณ์จริง ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แต่ละแบบนำไปสู่วิธีการควบคุมการระบาดของโรค การลดอัตราการกัดและลดจำนวนยุง (พันธนี พงศ์สัมพันธ์, 2552)

จารุวรรณและคณะ ได้ศึกษาการระบาดเชิงพื้นที่ของโรคมาลาเรีย และประยุกต์ใช้ข้อมูลรีโมทเซ็นซิ่ง และข้อมูลสารสนเทศในการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อโรคมาลาเรีย โดยการรวบรวมข้อมูลผู้ป่วย 3 ปีย้อนหลัง และเก็บแบบสัมภาษณ์ มีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5TM จำแนนการใช้ประโยชน์พื้นที่ด้วยดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ และทำการซ้อนทับข้อมูลปัจจัยเชิงพื้นที่ด้วยฟังก์ชัน Spatial Analyst ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดศรีสะเกษมีพื้นที่เสี่ยงต่อโรคมาลาเรียสูงมากกว่าจังหวัดอุบลราชธานี การวัดระดับการรับรู้เกี่ยวกับโรคมาลาเรียอยู่ในนระดับปานกลาง การวัดระดับพฤติกรรมการป้องกันโรคมาลาเรียอยู่ในระดับปานกลาง (จารุวรรณและคณะ, 2552)

แบบจำลองโรคระบาด เป็นการใช้วิธีการคอมพิวเตอร์เพื่ออธิบาย หรือเลียนแบบกระบวนการทำงานจริงที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ในการสร้างแบบจำลองสำหรับไข้เลือดออกนั้น โมเดลหนึ่งที่นิยมใช้กันมากได้แก่ Agent Based Modeling (ABM) ดังตัวอย่างของงานวิจัยต่อไปนี้ Deng และเพื่อน สร้าง ABM ขนาด 30x30 ช่องตารางประกอบด้วย เอเจนต์ 2 ประเภทคือ ด้วยการศึกษาสถานะและพฤติกรรมของยุง รวมถึงการเคลื่อนที่ของคน ก็จะสามารถอธิบายถึงการแพร่กระจายของเชื้อไข้เลือดออกได้ สำหรับการศึกษาการระบาดของไข้เลือดออกของ Isidoro และคณะ เจาะจงไปที่ประชากรของยุง ด้วยการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรม และลักษณะทางชีวภาพของยุง เพื่อใช้เป็นค่าตัวแปรสำหรับแบบจำลอง โดยมีระยะเวลาของการจำลองทั้งสิ้น 5 ปี รวมถึงมีการใช้เทคนิคยุงปลอดเชื้อ ให้เป็นส่วนหนึ่งของค่าตัวแปรในแบบจำลองอีกด้วย (Isidoro et. al., 2011)

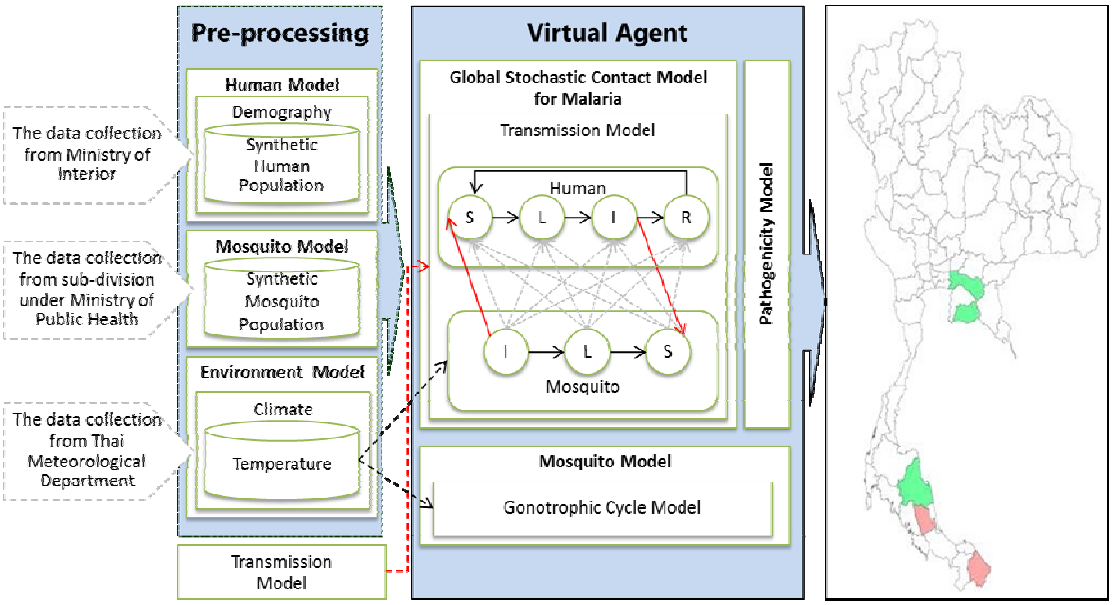
Jacintho และคณะได้สร้าง ABM ด้วยซอฟต์แวร์ SWARM เพื่อทำการจำลองการแพร่ระบาดของเชื้อในแต่ละฤดูกาล รวมถึงได้ศึกษาพฤติกรรมของยุง ประกอบไปด้วยวงจรชีวิต และสภาพแวดล้อมของยุง ด้วยการใช้อุณหภูมิเป็นหนึ่งในค่าตัวแปรหลักเพื่อสร้างผลกระทบต่อวงจรชีวิตของยุง และการแพร่ระบาดของเชื้อไข้เลือดออก นอกจากนี้ยังไม่การใช้ค่าตัวแปรที่สำคัญเช่น น้ำขัง กับดักยุง เพื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรยุงอีกด้วย (Jacintho et. Al., 2010) สำหรับงานของ Almeida และคณะได้มีการใช้ตัวแปรเพื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของยุงในแบบจำลอง มีการใช้จำนวนประชากรที่หลากหลาย เช่น สุนัข แมว ยุง และคนเป็นต้น ในการสร้างสภาพแวดล้อมเพื่อการระบาดของโรค อย่างไรก็ตาม แบบจำลองได้ถูกทำในเมืองขนาดเล็ก และมีข้อจำกัดในพื้นที่

จากงานในตัวอย่างข้างต้นดังกล่าว จะเห็นได้ว่า หากต้องการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายพฤติกรรมการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย จำเป็นต้องมีการใช้ข้อมูลการระบาดย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปี มีการใช้ประชากรคนและยุงก้นปล่องในระบบ ซึ่งประชากรคนและยุงก้นปล่องต้องสะท้อนกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในท้องที่และสถานการณ์จริงของการระบาดของเชื้อ สำหรับประชากรยุงก้นปล่อง ควรเป็นลักษณะเปลี่ยนแปลงได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น สภาพอากาศ และควรรวมวงจรชีวิตของยุงก้นปล่องเข้าไปในแบบจำลองอีกด้วย ซึ่งหลาย ๆ งานจากตัวอย่างข้างต้นนั้น ก็ไม่ได้ครอบคลุมถึงปัจจัยที่สำคัญเหล่านี้ ดังนั้น ในงานใหม่ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยชิ้นนี้ จะมีเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของแบบจำลองให้มากที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบจำลองของไข้มาลาเรียนั้น เป็นการดำเนินการร่วมกันของโมเดลทางคอมพิวเตอร์และคณิตศาสตร์ โดยมีการสร้างโมเดลจำเพาะสำหรับ การสัมผัสระหว่างคนกับยุง และการสร้างประชากรยุงตามลักษณะชีววิทยาของยุง โดยแสดงให้เห็นเป็นกรอบแนวคิดตามภาพที่ 3.1 ดังนี้



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัยแบบจำลองไข้มาลาเรีย

จากกรอบแนวคิดของงานวิจัย ภาพที่ 3.1 นั้น มีการดำเนินการอยู่ 3 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ ส่วนประมวลผลการแพร่เชื้อโรคระบาด เพื่อจำลองการระบาด และส่วนการแสดงผลที่ได้จากการประมวลผลการระบาดของโรค ซึ่งในแต่ละส่วนสามารถนำมาอธิบายได้โดยละเอียด

3.1. ส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ

การดำเนินการกับข้อมูลดิบนั้น จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อเตรียมข้อมูลนั้นให้พร้อมสำหรับขั้นตอนถัดไป โดยเริ่มต้นจากการนำข้อมูลที่ได้รวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาใช้สำหรับในแต่ละขั้นตอนของการประมวลผลแบบจำลอง มานำมาจัดรูปแบบเพื่อความสะดวกต่อการเรียกใช้งานในแต่ละส่วนของการทำงานที่เกี่ยวข้อง หรือมีความสอดคล้องกับอัลกอริทึมที่ได้ถูก

ดำเนินการตามกรอบแนวคิดที่ได้ออกแบบเอาไว้แล้ว ซึ่งที่มาของแหล่งข้อมูล และการนำไปใช้งานนั้นสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 ประชากรคนสังเคราะห์ เป็น agent ที่สำคัญตัวหนึ่งในระบบจำลองที่มีการใช้งาน ABM โดยประชากรสังเคราะห์นี้ ถูกสร้างขึ้นมาจากรายงานข้อมูลประชากรจากกระทรวงมหาดไทย โดยกลุ่มประชากรจะถูกจัดกลุ่มตามพื้นที่ และ ช่วงอายุ ซึ่งกลุ่มพื้นที่นั้นจะใช้ระดับจังหวัดเป็นสำคัญ นอกจากนี้แล้ว agent ของคนสังเคราะห์หนึ่งคนนั้น ยังจะประกอบไปด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวอีกด้วย ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่อาศัย สถานการณ์ติดเชื้อ อายุ พฤติกรรม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประชากรคนสังเคราะห์นี้ จะเป็นค่าคงที่ นั่นคือ ไม่มีการเกิด ตาย ย้ายถิ่นฐาน ท่องเที่ยวเกิดขึ้น ภายในแบบจำลอง

3.1.2 ประชากรยุงสังเคราะห์ เป็นอีกหนึ่ง agent ในระบบแบบจำลองสำหรับรับและถ่ายทอดเชื้อและรับเชื้อกับประชากรคนสังเคราะห์ ซึ่งประชากรยุงสังเคราะห์นั้น ประกอบไปด้วย ยุงตัวเมีย ไข่ยุง ลูกน้ำ และตัวโม่ง เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนในกลุ่มของประชากรยุงสังเคราะห์ ซึ่งจำนวนประชากรยุงและกลุ่มตัวอ่อนยุงทั้งหมดนั้น สร้างขึ้นมาจากรายงานข้อมูลสำรวจจำนวนตัวโม่ง ตามรายงานของกระทรวงสาธารณะสุข แล้วนำมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นเพื่อคำนวณหาปริมาณยุง และกลุ่มตัวอ่อนยุง ซึ่งประชากรยุงสังเคราะห์นั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดการประมวลผลแบบจำลอง เพราะมีทั้งเกิดใหม่ และตาย ตามโมเดลค่าความอยู่รอดของยุงและกลุ่มตัวอ่อนยุง

3.1.3 อุณหภูมิ เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประชากรของยุง ดังนั้น ในแบบจำลองนี้จึงได้มีการนำเอาข้อมูลสภาพภูมิอากาศในแต่ละวัน จากกรมอุตุนิยมวิทยา มาเพื่อใช้ให้เกิดความสมบูรณ์ในแบบจำลอง

3.2. ส่วนประมวลผลหลัก

การเลียนแบบการแพร่ระบาดของโรคนั้น จะถูกดำเนินการขึ้นในส่วนประมวลผลหลักโดยใช้โมเดลการแพร่กระจายโรค SIR (Kermack & McKendrick, 1927) ซึ่งสามารถแสดงออกมาในลักษณะต่าง ๆ กันตามรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 Transmission Model แสดงถึงวิธีการแลกเปลี่ยนเชื้อระหว่างคนและยุง โดยใช้ SIR model ประกอบไปด้วย สถานะพร้อมรับเชื้อ (S: Susceptible) สถานะติดเชื้อแต่ไม่พร้อมถ่ายเชื้อสู่คน (I: Infected) และสถานะที่หายป่วย (R: Recovery) ซึ่งเป็นโมเดลที่นิยมใช้ในการอธิบายโรคระบาด อย่างไรก็ตาม โมเดลที่ใช้ในแบบจำลองนี้จะมีการดัดแปลเล็กน้อยเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของแบบจำลอง โดยจะมีการนำมาใช้ทั้งหมด 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่ SIL และ SLIR ซึ่งคำอธิบายมีดังต่อไปนี้

3.2.2 SIL Model (Susceptible-Infected-Latent) โมเดลนี้จะถูกนำมาใช้กับประชากรยุงสังเคราะห์ โดยการใช้โมเดล SIL นั้นมีสมมติฐานว่า ยุงนั้นมีความพร้อมรับเชื้อ และสามารถติดเชื้อได้

และเชื้อนั้นสามารถฟักตัวอยู่ในตัวของยุงได้ แต่ไม่สามารถที่จะป่วยได้ ดังนั้น จึงไม่มีสถานะของ R เกิดขึ้นในประชากรสังเคราะห์ยุง

3.2.3 SLIR Model (Susceptible-Latent-Infectious-Recovery) โมเดลนี้มีความคล้ายคลึงกันกับโมเดลที่ใช้กับยุง แตกต่างกันก็คือ L จะมีความหมายรวมถึงติดเชื้อและระยะที่เชื้อฟักตัวในตัวผู้รับเชื้อ ส่วน I แสดงถึงการป่วยหลังจากผ่านระยะเชื้อฟักตัวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และ R แสดงถึงการหายป่วยจากไข้ ในกลุ่มประชากรคน

โดยความสัมพันธ์การสัมผัสระหว่างคนกับยุงนั้น สามารถแสดงออกมาดังสมการต่อไปนี้

$$⟦\text{GSCM-MAR}⟧ \quad _int=\beta|S_M\ ||H|+|I_M\ ||H| \quad (1)$$

ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างประชากรคน กับยุงนั้น จะดำเนินการผ่านทางพื้นที่เสมือน ซึ่งมีขนาดตามแนวคิดที่ 1 ตารางกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลจากจังหวัดที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของ สคร. 3 อย่างไรก็ตาม พื้นที่เสมือนนั้น จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทเท่านั้น คือพื้นที่ที่อยู่อาศัย และพื้นที่สำหรับการทำกิจกรรมร่วมกัน เช่น สถานศึกษา หรือโรงงานขนาดใหญ่ เท่านั้น โดยไม่มีการใช้งานพื้นที่ในลักษณะอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น พื้นที่สาธารณะ แม่น้ำ ถนน เป็นต้น

3.2.4 Pathogenicity Model ใช้สำหรับการสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้กับประชากรคน เพื่อใช้สำหรับการสร้างเงื่อนไขบางอย่างในการทดลอง โดยสามารถปรับเปลี่ยนเป็นภูมิคุ้มกันตลอดชีวิต ภูมิคุ้มกันแบบชั่วคราว หรือ ขาดภูมิคุ้มกันได้

3.2.5 Mosquito Model เป็นการสร้างประชากรยุงสังเคราะห์ โดยมีการเลียนแบบกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยเริ่มตั้งแต่ยุงตัวเมียวางไข่ ไข่ฟักตัวออกมาเป็นลูกน้ำ ลูกน้ำเปลี่ยนเป็นตัวโม่ง และตัวโม่งเป็นยุงตัวเต็มวัย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากยุงนั้นประกอบไปด้วย 2 เพศ คือเพศเมีย และเพศผู้ ในโมเดลจะตัดยุงเพศผู้ออกไปครึ่งหนึ่ง เนื่องจากยุงเพศผู้นั้นไม่ได้กินเลือด หรือใช้ประโยชน์จากเลือด เหมือนเช่นยุงตัวเมีย ที่ต้องการกินเลือดเพื่อนำโปรตีนในเลือดไปใช้สำหรับการวางไข่เพื่อสร้างวงจรชีวิตของยุงให้ครบถ้วนต่อไป ซึ่งในแบบจะลองนี้จะเรียกว่า GC Model (Gonotrophic Cycle Model)

3.3.ส่วนแสดงผล

การแสดงผลนั้น เป็นการแสดงผลเชิงพื้นที่ตามพื้นที่ของการสร้างแบบจำลอง โดยใช้วิธีการแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย กราฟ ตาราง แผนที่ เป็นต้น

บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

ในการแสดงผลของการดำเนินการแบบจำลองนั้น จะแสดงออกมาทั้งในส่วนที่ได้จากส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ และผลที่ได้หลังจากการประมวลผลแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ส่วนประมวลผลข้อมูลและดำเนินการกับข้อมูลดิบ

4.1.1 พื้นที่เสมือน

พื้นที่เสมือนสำหรับการรันแบบจำลอง จะอยู่ในเขตควบคุมของ สคร.3 มีทั้งหมด 5 จังหวัด ประกอบไปด้วยจังหวัด อุทัยธานี กำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร ชัยนาท โดยมีพื้นที่รวมทั้งหมด 31,936 ตร.กม. ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นพื้นที่สำหรับการทำงานของออบเจกสำหรับแบบจำลอง โดยพื้นที่ทั้งหมดจะถูกนำมาตัดแบ่งออกเป็นขนาด 1 ตารางกิโลเมตร แล้วนำพื้นที่ทั้งหมดมาหาสัดส่วนของการใช้งานพื้นที่ ซึ่งประกอบไปด้วย พื้นที่สำหรับอยู่อาศัย หรือพื้นที่ใช้สอยขนาดเล็ก อีกพื้นที่ใช้สอยหนึ่งใช้สำหรับกิจกรรมสำหรับคนหมู่มากได้แก่ โรงงาน หรือโรงเรียน ดังนั้นผลที่ได้จากการแบ่งพื้นที่เสมือนใน 2 กลุ่ม จะเป็นไปตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ของแต่ละจังหวัด และการแบ่งพื้นที่สำหรับการทำกิจกรรมของคนกลุ่มใหญ่

จังหวัด	พื้นที่	จำนวนพื้นที่สำหรับกิจกรรมของคนกลุ่มใหญ่
อุทัยธานี (47)	6,730	183
กำแพงเพชร (48)	8,607	412
นครสวรรค์ (46)	9,598	592
พิจิตร (52)	4,531	310
ชัยนาท (8)	2,470	626

ซึ่งพื้นที่สำหรับกิจกรรมของคนกลุ่มใหญ่นั้น ต้องเอามาแบ่งเป็นพื้นที่ใช้สอยอีก 2 ลักษณะ ได้แก่ พื้นที่สำหรับโรงเรียน และโรงงานขนาดใหญ่ ซึ่งเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ในสองลักษณะดังกล่าวนั้น จะใช้อายุของประชากรเป็นเกณฑ์ในการแบ่งพื้นที่ โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ คือ ประชากรที่มีอายุอยู่ระหว่าง 5 ถึง 19 ปี จะถือว่าเป็นช่วงวัยเรียน และจะมีหน้าที่ไปโรงเรียนในวันปกติเวลากลางวัน และประชากรที่มีอายุระหว่าง 20 ปี ถึง 59 ปี จะถือว่าเป็นช่วงของวัยทำงาน ซึ่งวันจันทร์

ถึง ศุกร์นั้น จะมีหน้าที่ที่ต้องไปทำงาน อย่างไรก็ตามวัยทำงานนั้น ยังแบ่งออกเป็นวัยทำงานใกล้ที่พักอาศัย และวัยทำงานที่ทำในโรงงาน ซึ่งสัดส่วนของกลุ่มประชากรนี้ จะแสดงให้เห็นอีกครั้งในส่วนของประชากรคนสังเคราะห์ แต่สำหรับจำนวนประชากรระหว่างอายุ 5 ถึง 59 ปีนั้น สามารถนำมาแสดงให้เห็นได้ในตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนนักเรียน คนทำงานในโรงงาน โรงเรียน และโรงงาน

จังหวัด	พื้นที่	จน.ปชก.วัยเรียน	จน.ปชก.วัยทำงาน	จน.ปชก.วัยทำงานใน รง.	จำนวนโรงเรียน	จำนวนโรงงาน
อุทัยธานี	6,730	66,839	192,985	115,791	67	116
กำแพงเพชร	8,607	153,533	431,503	258,902	153	259
นครสวรรค์	9,598	211,452	635,072	381,043	211	381
พิจิตร	4,531	110,646	331,668	199,001	111	199
ชัยนาท	2,470	62,657	198,934	119,360	63	199

ในการจัดคนเข้าสู่พื้นที่เสมือนสำหรับการทำกิจกรรมของคนกลุ่มใหญ่นั้น ได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า จะต้องมีประชากรไม่เกิน 1,000 คน ซึ่งผลที่ได้สามารพแสดงให้เห็นเป็นตัวอย่างตามรูปภาพที่ 4.1 ดังนี้

ภาพที่ 4.1 การจัดวางพื้นที่เสมือนแยกตามการใช้งาน

.

จากภาพที่ 4.1 นั้น สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ สีฟ้าแสดงถึงพื้นที่ที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่สำหรับทำกิจกรรมสำหรับคนกลุ่มเล็ก สีเขียวแสดงถึงจำนวนโรงเรียน และสีส้มแสดงถึงพื้นที่ของโรงงาน อย่างไรก็ตามตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การแบ่งพื้นที่นั้นขึ้นอยู่กับสัดส่วนของจำนวนประชากรซึ่งจะเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดว่า ในแต่ละจังหวัด ควรมีพื้นที่ใช้งานประเภทต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนเท่าใด

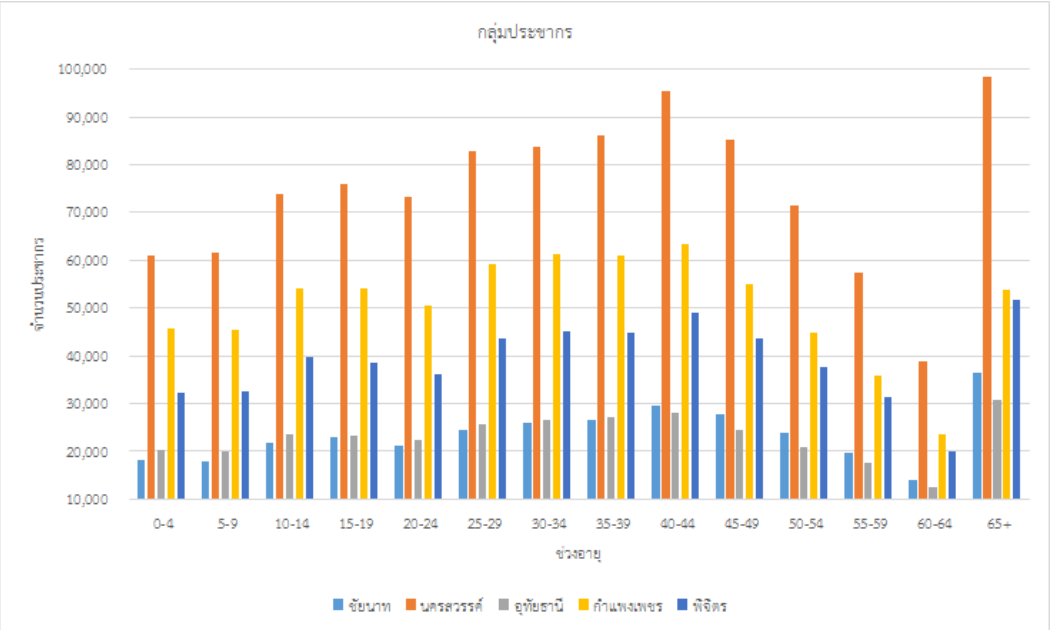
4.1.2 ประชากรคนสังเคราะห์

เมื่อมีการจัดแบ่งพื้นที่การใช้งานเสมือนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ลำดับถัดมาคือการจัดคนลงพื้นที่ ซึ่งการจัดแบ่งช่วงอายุของประชากรนั้น จะมีระยะของช่วงอายุอยู่ที่ 4 ปี ซึ่งมีลักษณะดังนี้ 0-4 ปี 5-9 ปี เป็นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ และช่วงอายุสุดท้ายจะอยู่ในช่วยอายุ 65 ปีเป็นต้นไป และไม่มีการแบ่งช่วง

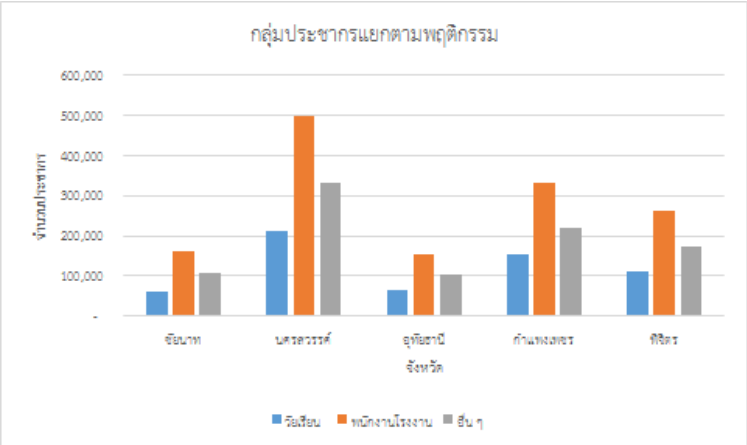
อายุย่อยต่อไปอีก ซึ่งอายุตั้งแต่ 65 ปีเป็นต้นไปนั้น จะถือว่ามีพฤติกรรมที่อยู่กับเซลล์พื้นที่อาศัยเป็นหลัก

ประการถัดมาเป็นการกำหนดพฤติกรรมให้กับประชากรคนสังเคราะห์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ ABMs นั่นคือต้องกำหนดพฤติกรรมให้กับประชากรคนสังเคราะห์ ซึ่งมีนิยามของแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้

- ช่วงอายุระหว่าง 5 ปี ถึง 19 ปี กำหนดให้ Agent เหล่านี้อยู่ในวัยเรียน โดยจะต้องเดินทางไปยังเซลล์โรงเรียน ในช่วงวันจันทร์ ถึง ศุกร์ ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. และถ้าหากไม่อยู่ในช่วงเวลาดังกล่าว Agent เหล่านี้ต้องกลับไปอยู่ในพื้นที่อาศัย
- ช่วงอายุระหว่าง 20 ปี ถึง 59 ปี จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มวัยทำงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่เดียวกับที่พักอาศัย ส่วนกลุ่มที่เหลือคือต้องไปทำงานในเขตพื้นที่กิจกรรมสำหรับคนกลุ่มใหญ่ และเช่นเดียวกันกับวัยเรียน คือในวันจันทร์ ถึง ศุกร์ ช่วงเวลาระหว่าง 8.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. นั้น ต้องไปอยู่ในเซลล์ทำงาน แต่ถ้าไม่ใช่ช่วงเวลาดังกล่าว Agent เหล่านี้ต้องกับไปอยู่ในพื้นที่อาศัย
- ช่วงอายุที่เหลือที่นอกเหนือไปจาก ช่วงอายุทั้งสองช่วงดังกล่าวนั้น จะอยู่เฉพาะในเซลล์ที่อยู่อาศัยแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวจำนวนประชากรตามช่วงอายุต่าง ๆ



ภาพที่ 4.3 แสดงกลุ่มของ Agent ตามเขตพื้นที่จากจำนวนประชากร

ในลำดับถัดมาคือการกำหนดให้มีผู้ป่วยโรคมาลาเรียให้กับกลุ่มประชากรคนสังเคราะห์ เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของโรคในระบบ และเกิดวงจรของการระบาด ซึ่งข้อมูลผู้ป่วยได้นำมาจากรายงานของกรมควบคุมโรค โดยใช้จำนวนผู้ป่วยเริ่มต้นของปี 2551 ดังแสดงให้เห็นในตาราง 4.2 ต่อไปนี้ (กรมควบคุมโรค, 2559)

ตารางที่ 4.3 จำนวนผู้ป่วยที่ถูกนำมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นของแต่ละจังหวัดตามเขตรับผิดชอบของ สคร.3

จังหวัด	จำนวนผู้ป่วย
อุทัยธานี	149
กำแพงเพชร	26
นครสวรรค์	27
พิจิตร	4
ชัยนาท	6

4.1.3 ประชากรยุงสังเคราะห์

ประชากรยุงสังเคราะห์นั้นจะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของการทำงานในระบบ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นประชากรแบบไดนามิก นั่นคือ จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลงตลอดเวลา โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในแต่ละวันของการประมวลผลของแบบจำลอง ซึ่งการสร้างประชากรยุงสังเคราะห์ จะมีการทำ normalize เพื่อหาค่าคำนวณที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ โดยใช้ค่าเริ่มต้นของตัวแปร ตามที่แสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าตัวแปรเริ่มต้น เพื่อใช้สำหรับสร้างประชากรยุงสังเคราะห์

ตัวแปร	ค่า
อุณหภูมิ	27.7 °C
จำนวนวัน	366
จำนวนไข่ยุง	300
จำนวนลูกน้ำ	150
จำนวนตัวโม่ง	100
จำนวนยุง	1000

จากตารางที่ 4.3 นั้น การกำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ครบกับทุกช่วงของวงจรชีวิตของยุง ตั้งแต่ไข่ยุง ลูกน้ำ ตัวโม่ง และยุงตัวเต็มวัย ทั้งนี้จะใช้ค่าใด ๆ ก็ได้ ที่มีค่าตั้งแต่ 100 ขึ้นไปของแต่ละตัวแปร และในสุดท้ายก่อนการเริ่มทำงานของโปรแกรม ค่าตัวแปรที่เหมาะสมก็จะถูกคำนวณออกมาเพื่อใช้ในการดำเนินการกับแบบจำลอง

การคำนวณตัวเลขเพื่อหาค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมกับแบบจำลองนั้น จะใช้ Ordinary Differential Equations (ODE) โดยสมการดังกล่าว เป็นการนำเสนอของ (Lutambi, Penny, Smith, & Chitnis, 2013) ซึ่งเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{dt}} &= \mathrm{b}\rho_M M - (\mu_E + \rho_E)E, \\
\frac{\mathrm{dL}}{\mathrm{dt}} &= \rho_E E - \left(\mu_{L_1} + \mu_{L_2} L + \rho_L\right)L, \\
\frac{\mathrm{dP}}{\mathrm{dt}} &= \rho_L L - (\mu_P + \rho_P)P, \\
\frac{\mathrm{dM}}{\mathrm{dt}} &= \rho_M M - (\mu_M + \rho_M)M
\end{aligned} \tag{1}$$

โดย

E หมายถึง จำนวนไข่ยุง

L หมายถึง จำนวนลูกน้ำ

P หมายถึง จำนวนตัวโม่ง

M หมายถึง จำนวนยุง

หลังจากได้ประมวลผลเบื้องต้น ก่อนการดำเนินการกับแบบจำลอง ผลที่ได้สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเริ่มต้นและค่าควบคุมปริมาณยุงจากการดำเนินการของสมการ ODE

จังหวัด	จำนวนไข่ยุง	จำนวนลูกน้ำ	จำนวนตัวโม่ง	จำนวนยุง	ค่าควบคุมปริมาณยุง
อุทัยธานี	4435	727	134	1279	0.00550
กำแพงเพชร	6420	1053	194	1851	0.00380
นครสวรรค์	9758	1600	295	2814	0.00250
พิจิตร	12198	2000	369	3518	0.00200
ชัยนาท	6970	1143	211	2010	0.00350

4.2 การประมวลผล

ในการประมวลผลนั้น ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนอัตราหมุนเวียนจำนวนประชากรยุงที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของแบบจำลอง และอีกส่วนคือจำนวนผู้ติดเชื้อที่เกิดการสัมผัสระหว่างประชากรคน กับประชากรยุง

4.2.1 อัตราการหมุนเวียนของประชากรยุง

จำนวนประชากรยุงนั้น จะมีการคำนวณหาอัตราการตาย และการอยู่รอดของยุงในแต่ละกลุ่มภายในวงจร ดังแสดงให้เห็นตามสมการด้านล่าง

$$\mu_E = -0.00006116 \times T^5 + 0.00885 \times T^4 - 0.5079 \times T^3 + 14.46 \times T^2 - 204.6 \times T + 1156.9$$

$$\mu_L = -0.0003125 \times T^4 + 0.03474 \times T^3 - 1.343 \times T^2 + 20.48 \times T - 83.75$$

$$\mu_P = 0.0006087 \times T^4 - 0.06594 \times T^3 + 2.661 \times T^2 - 47.591 \times T + 321.88$$

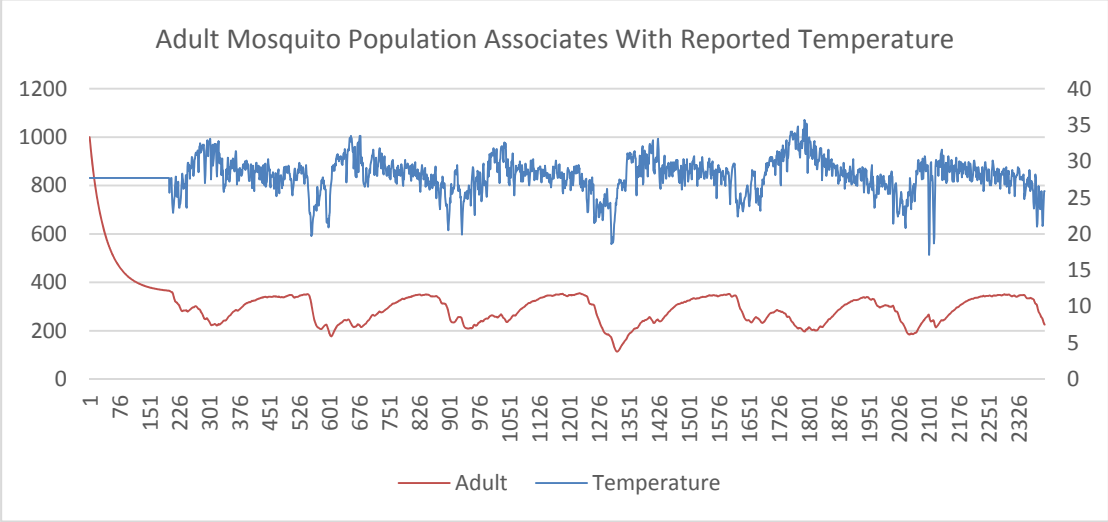
$$\mu_A = 0.008096 \times T^4 - 0.834 \times T^3 + 31.551 \times T^2 - 520.4 \times T + 3202.6$$

$$Eggs = 0.1207 \times T^4 - 12.554 \times T^3 + 478.54 \times T^2 - 7910.5 \times T + 47902$$

ตารางที่ 4.6 คำอธิบายตัวแปรของสมการสำหรับคำนวณหาปริมาณยุงและ offspring

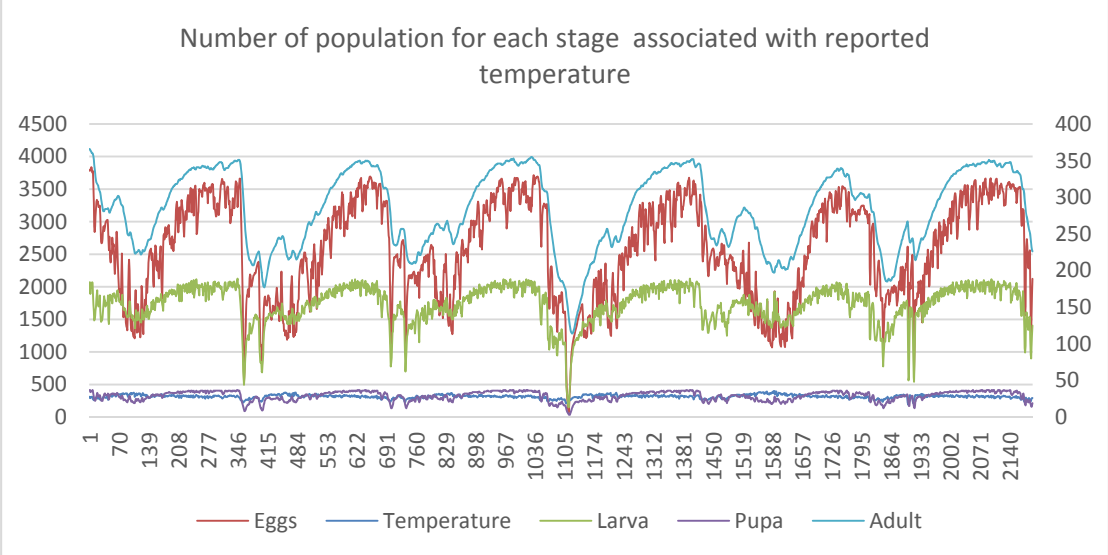
พารามิเตอร์	คำอธิบาย
T	อุณหภูมิในองศาเซลเซียส
eggs	จำนวนไข่ยุงที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ
μ	อัตราการอยู่รอดในแต่ละสถานะของยุง

ผลการคำนวณประชากรสังเคราะห์ยุงโดยใช้อุณหภูมิมาเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการอยู่รอดของยุง สามารถแสดงให้เห็นได้ในภาพที่ 4.4



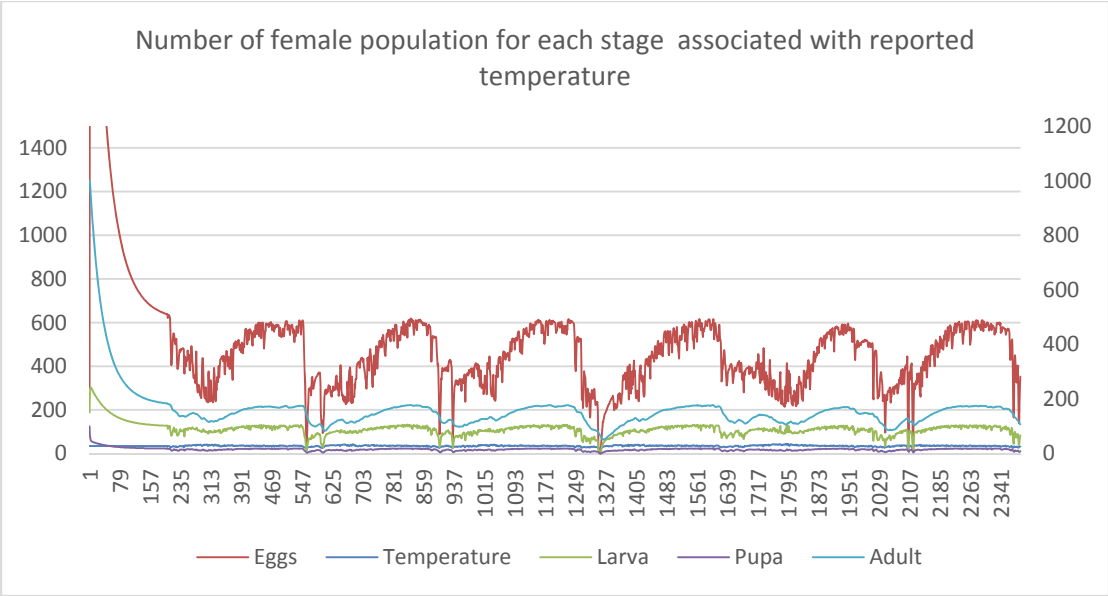
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของยุงกับอุณหภูมิ

จากกราฟข้างต้นแสดงจำนวนยุงที่เกิดขึ้นของแต่ละวันในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยมีแกน x แสดงวันในการสร้างยุง และแกน y แสดงจำนวนยุงที่เกิดขึ้น และอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.5 จำนวนยุงทั้งหมด และ Offspring

จากกราฟข้างต้นแสดงจำนวนยุงทั้งหมด และ Offspring ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยมีแกน x แสดงวันในการสร้างยุง และแกน y แสดงจำนวนยุงที่เกิดขึ้น และอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.6 จำนวนยุงตัวเมีย และ Offspring

จากกราฟข้างต้นแสดงจำนวนยุงตัวเมีย และ Offspring ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยมีแกน x แสดงวันในการสร้างยุง และแกน y แสดงจำนวนยุงที่เกิดขึ้น และอุณหภูมิ

สำหรับการสร้างการสัมผัสระหว่างคนกับยุง และยุงกับคนนั้น จะดำเนินการตามตัวแปรดังต่อไปนี้

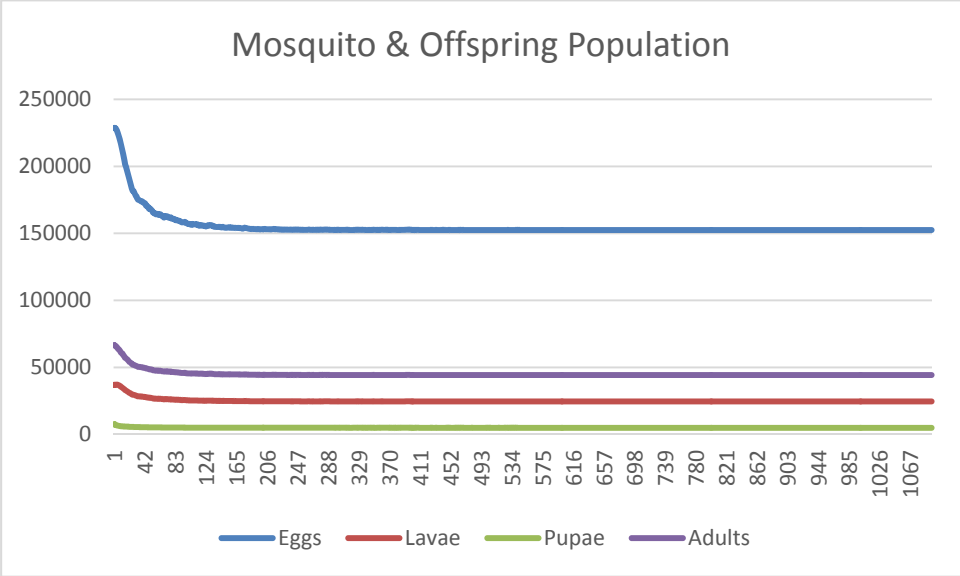
ตารางที่ 4.7 ตัวแปรที่ใช้ในการรันแบบจำลอง

Host	Parameter	Value
Human	Population size	อ้างอิงจากจำนวนประชากรของกระทรวงมหาไทย
	Initial Infectious	อ้างอิงจากรายงานของกรมควบคุมโรค ปี 2551
	$\triangle t_{h,l}$	21
	$\triangle t_{h,i}$	49
	$Trans_{hm}$	0.4
Mosquito	Population size	ใช้ ODE คำนวณกับ μ_l
	Initial infection	Population size/3
	$\triangle t_{h,l}$	Temperature depend
	$\triangle t_{h,i}$	Temperature depend
	$Trans_{mh}$	0.4
	Bloodmeals/day	1-3
	Lifespan	Temperature depend

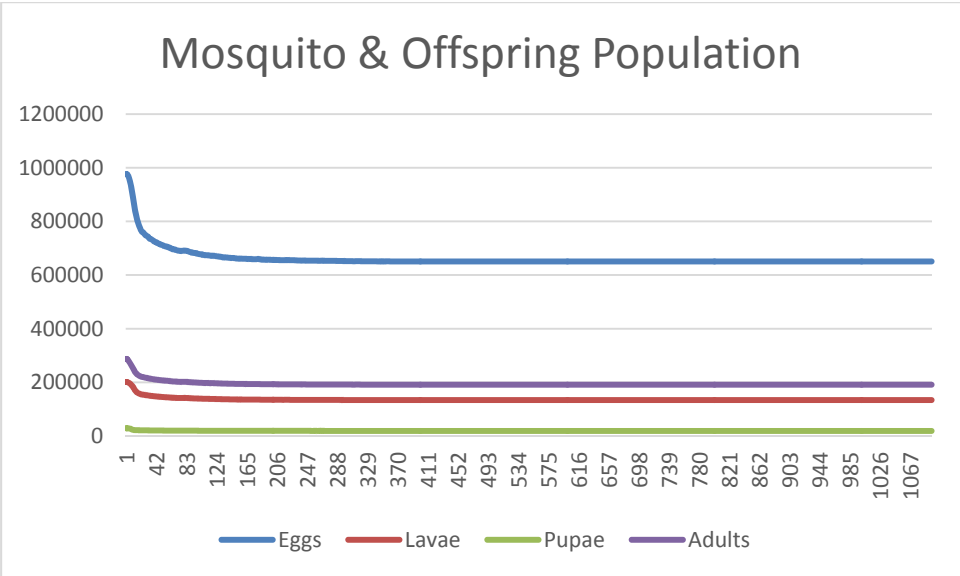
จากตัวแปรในตารางที่ 4.6 จะนำมาใช้ในการสร้างการทดลองให้กับแบบจำลองโดยแยกดังต่อไปนี้

4.2.1 การกำหนดค่าคงที่ให้กับอุณหภูมิเป็น 27.7 องศาเซลเซียส

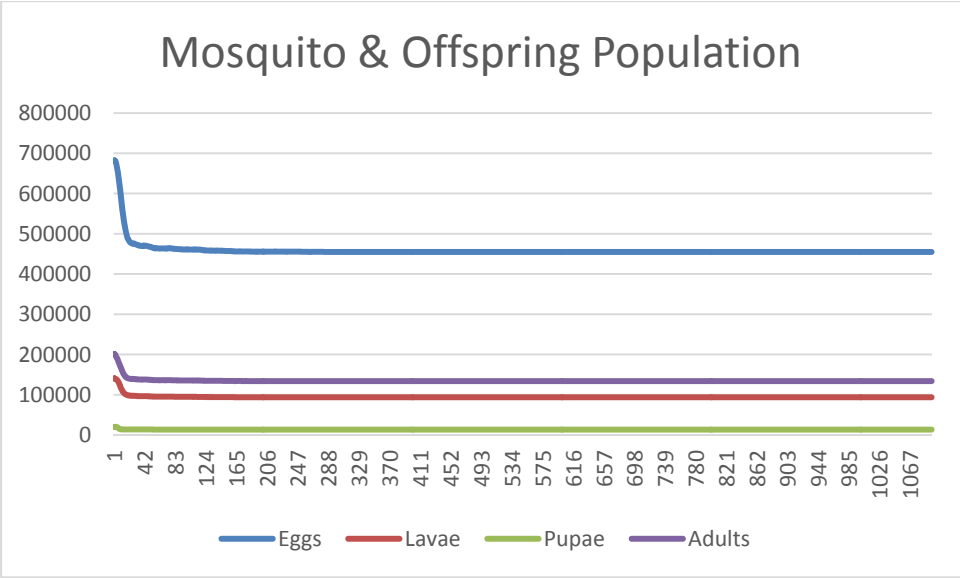
อุณหภูมิที่เหมาะสมกับยุงที่สุดคือ 27.7 องศาเซลเซียส ดังนั้น ในการทดลองเริ่มแรก จะกำหนดให้อุณหภูมิมีค่าคงที่ และสำรวจผลที่ได้จากการทดลอง



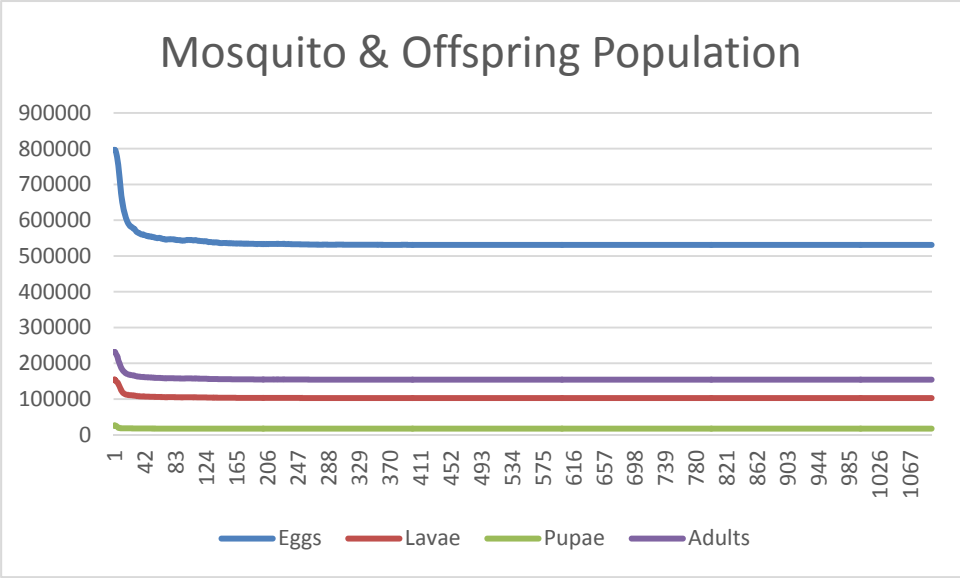
ภาพที่ 4.7 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดชัยนาท



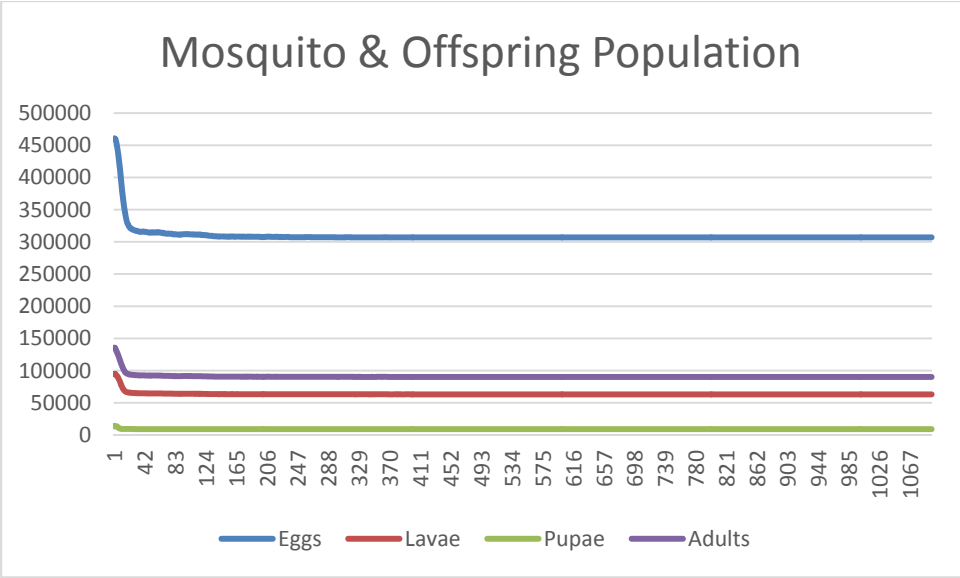
ภาพที่ 4.8 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 4.9 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดอุทัยธานี

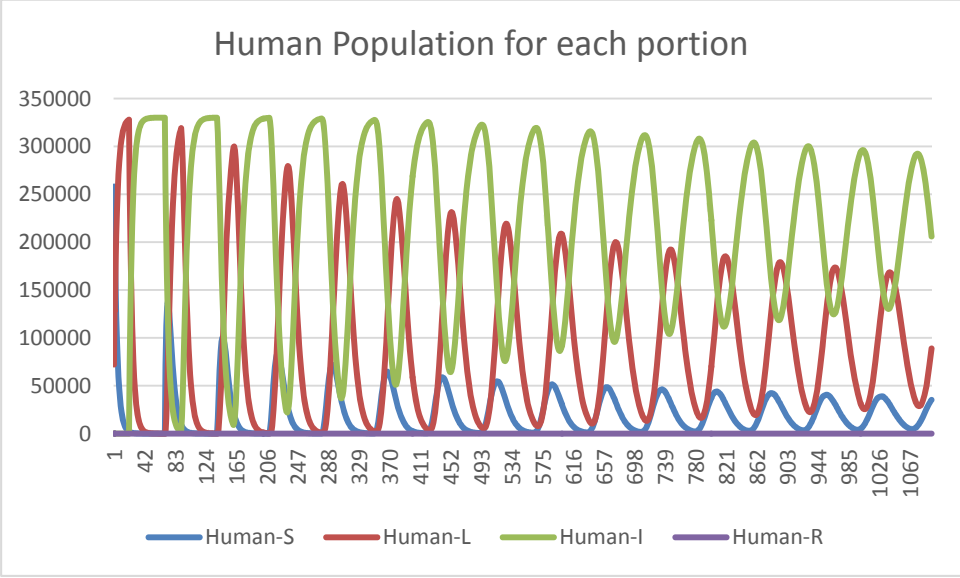


ภาพที่ 4.10 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดกำแพงเพชร

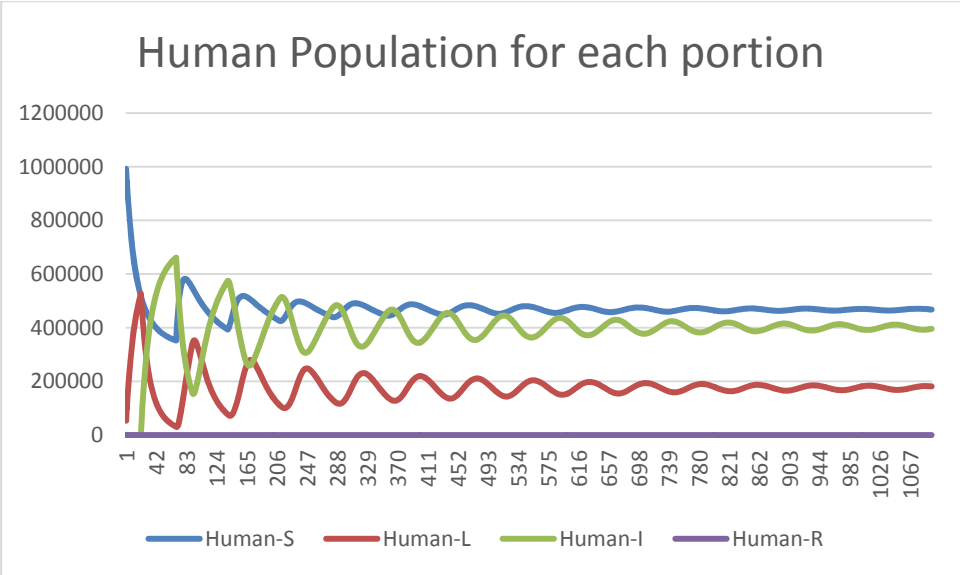


ภาพที่ 4.11 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิคงที่ และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดพิจิตร

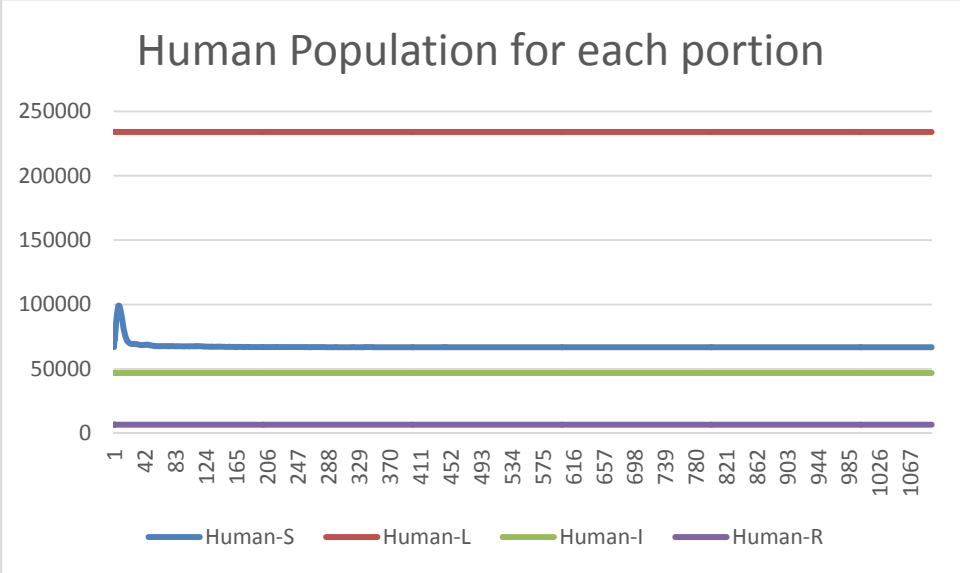
จากภาพที่ 4.7-4.11 จะเห็นว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิคงที่ และให้มีการสัมผัสระหว่างคนกับยุงนั้น จำนวนยุง และ Offspring มีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน และไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม จำนวนประชากรในแต่ละกลุ่ม ของแต่ละจังหวัด ก็จะไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ μ_i



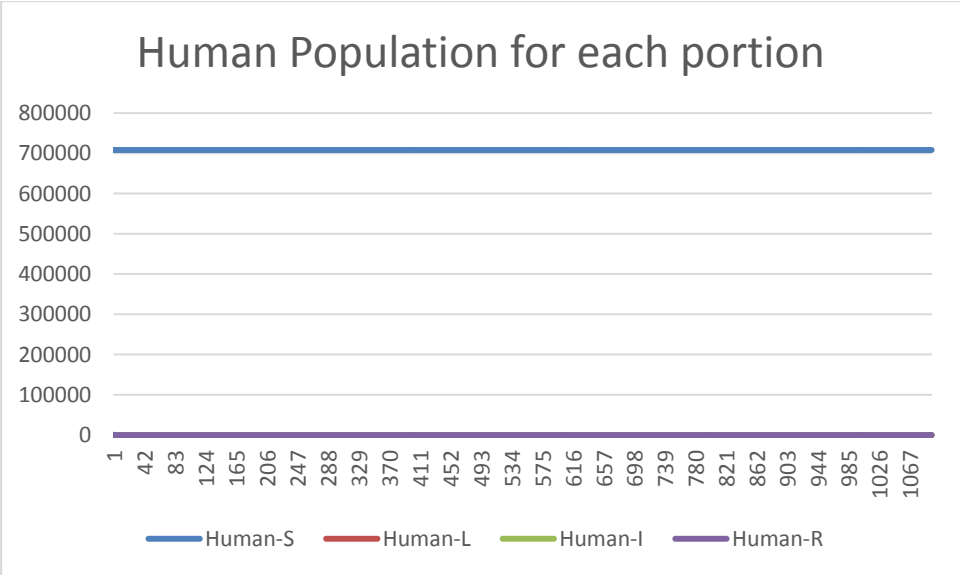
ภาพที่ 4.12 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดชัยนาท



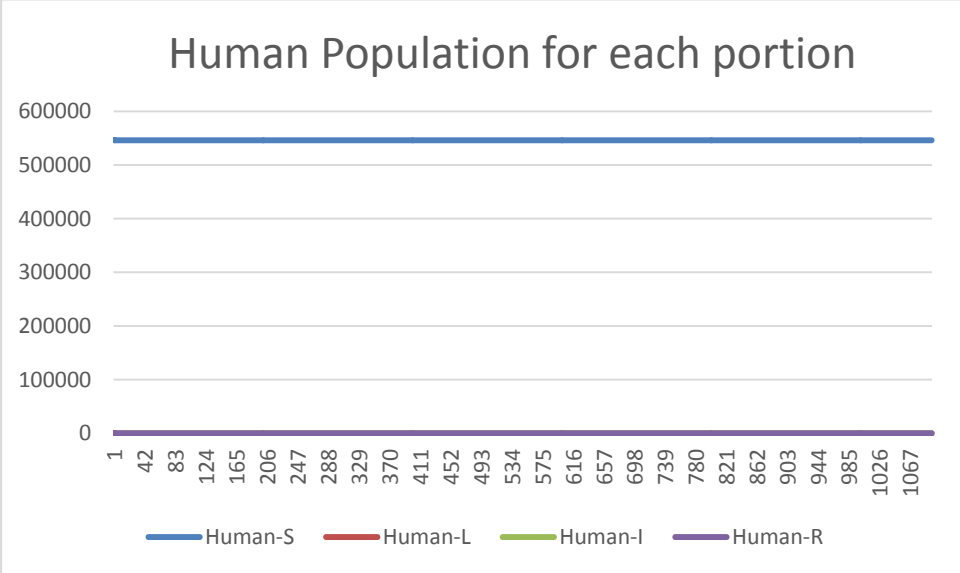
ภาพที่ 4.13 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 4.14 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดอุทัยธานี



ภาพที่ 4.15 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดกำแพงเพชร

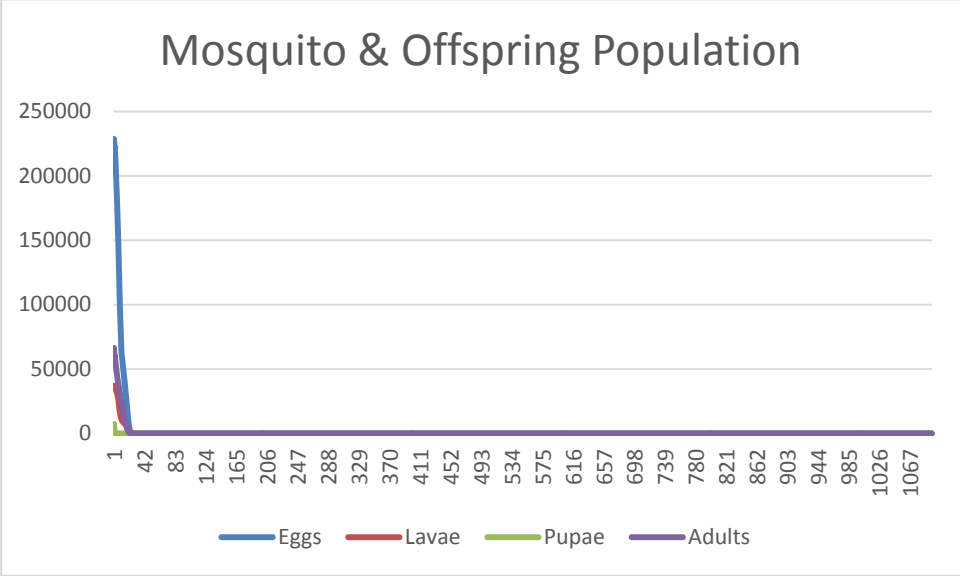


ภาพที่ 4.16 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดพิจิตร

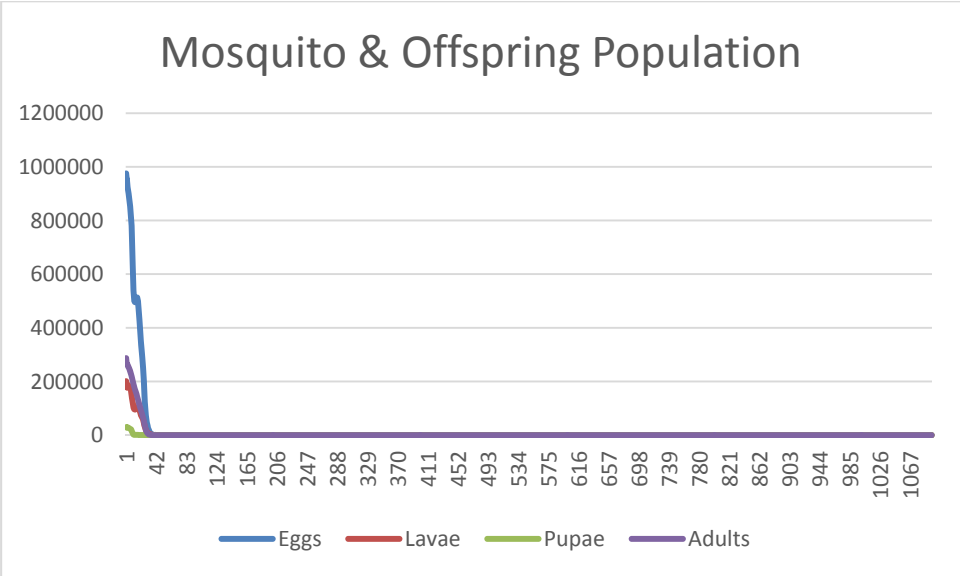
จากภาพที่ 4.12-4.16 จังหวัดที่มีการสะท้อนค่าใกล้เคียงกลับความเป็นจริงของการระบาดของโรค จะเป็นภาพที่ 4.13 ของจังหวัดนครสวรรค์ ส่วนตารางที่ 4.14 ถึง 4.16 นั้นมีความผิดปกติของการแพร่ระบาดของโรคนั่นคือ ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง S L I และ R นั้น มีค่าเท่าเดิมตลอดระยะเวลาการดำเนินการของโปรแกรม ซึ่งการสัมผัส หรือการเปลี่ยนสถานะของประชากรคนนั้น ไม่สะท้อนกับฟังก์ชันที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นเพราะจำนวนประชากรยุง หรือการสัมผัส หรือยุงติดเชื้อนั้นมีไม่เพียงพอต่อการดำเนินการของแบบจำลองเป็นต้น

4.2.2 การใช้อุณหภูมิจริงตามรายงาน

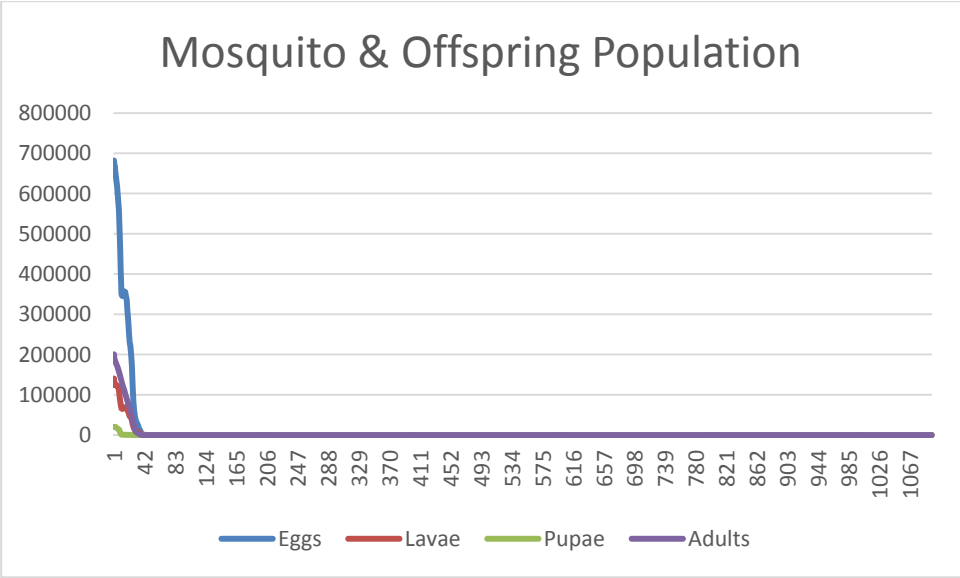
ลำดับถัดมาของการทดลองคือการใช้อุณหภูมิจริง ที่ได้รวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งผลที่ได้ สามารถแสดงออกมาได้ดังนี้



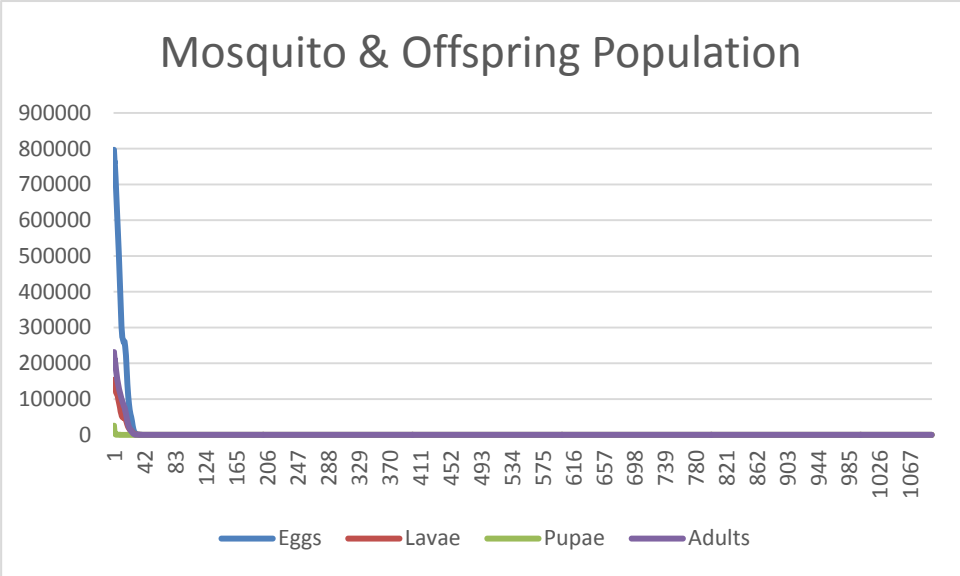
ภาพที่ 4.17 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดชัยนาท



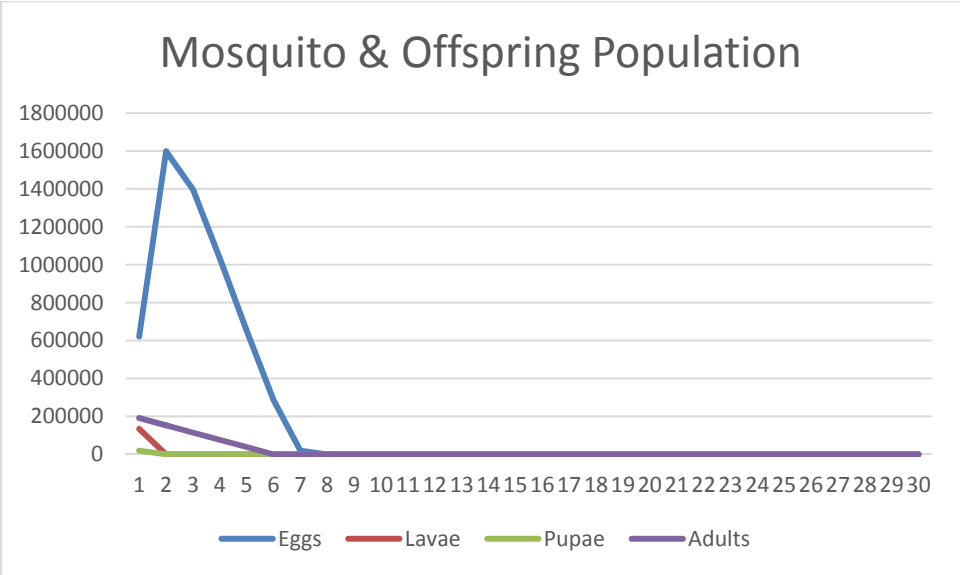
ภาพที่ 4.18 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 4.19 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดอุทัยธานี

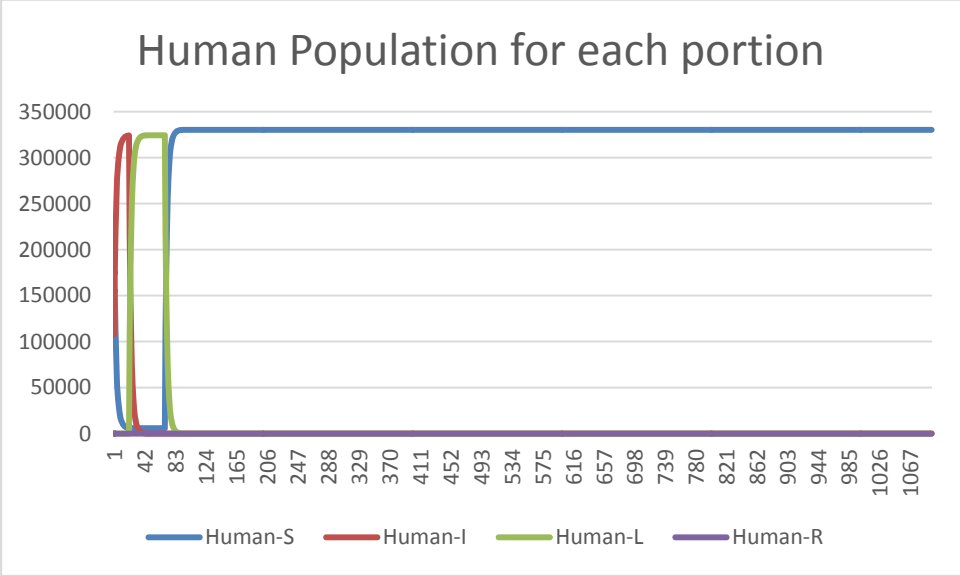


ภาพที่ 4.20 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดกำแพงเพชร

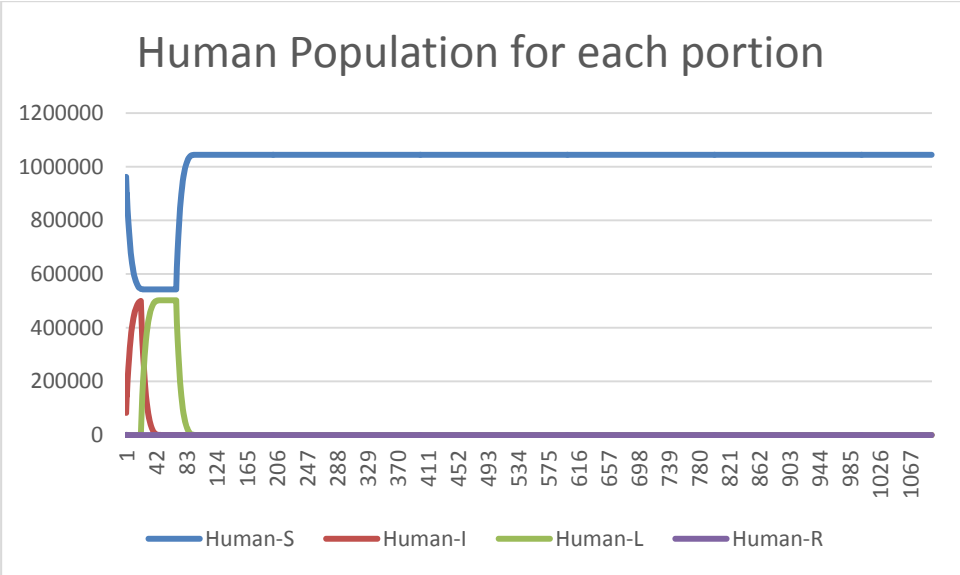


ภาพที่ 4.21 จำนวนยุง และ Offspring เมื่อใช้อุณหภูมิตามค่าที่ได้รับรายงานจากกรมอุตุนิยมวิทยา และมีการสัมผัสระหว่างยุงกับคน ของจังหวัดพิจิตร

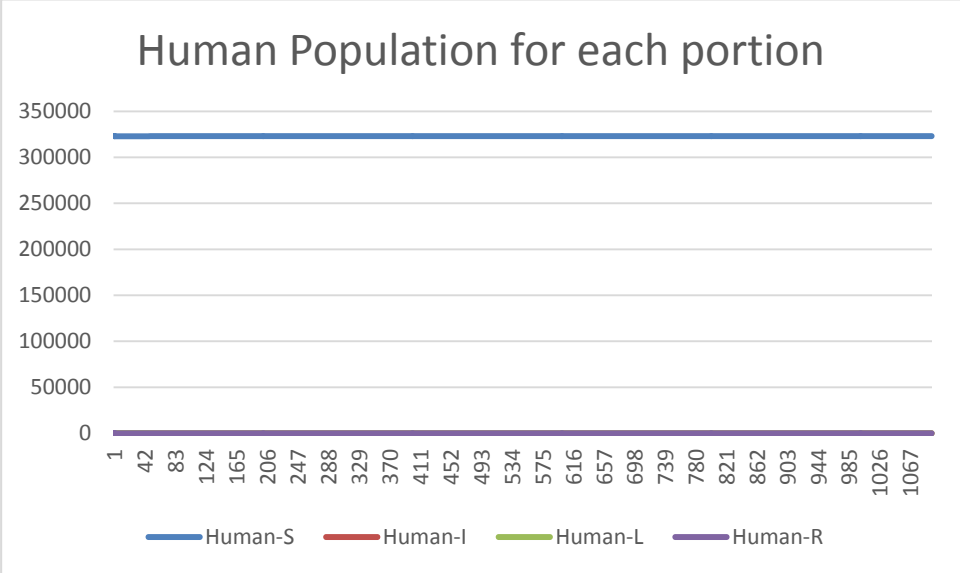
จากภาพที่ 4.17-4.21 นั้น มีลักษณะเช่นเดียวกันคือเมื่ออุณหภูมิมีความไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของยุง ก็จะทำให้ประชากรของยุงหมดไปอย่างรวดเร็ว เพียงแต่ภาพที่ 4.21 จะหมดไปเร็วกว่า ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เป็นเช่นนี้ นอกจากอุณหภูมิแล้ว อาจจะเกิดจากค่าของ μ_l อีกด้วยก็เป็นได้



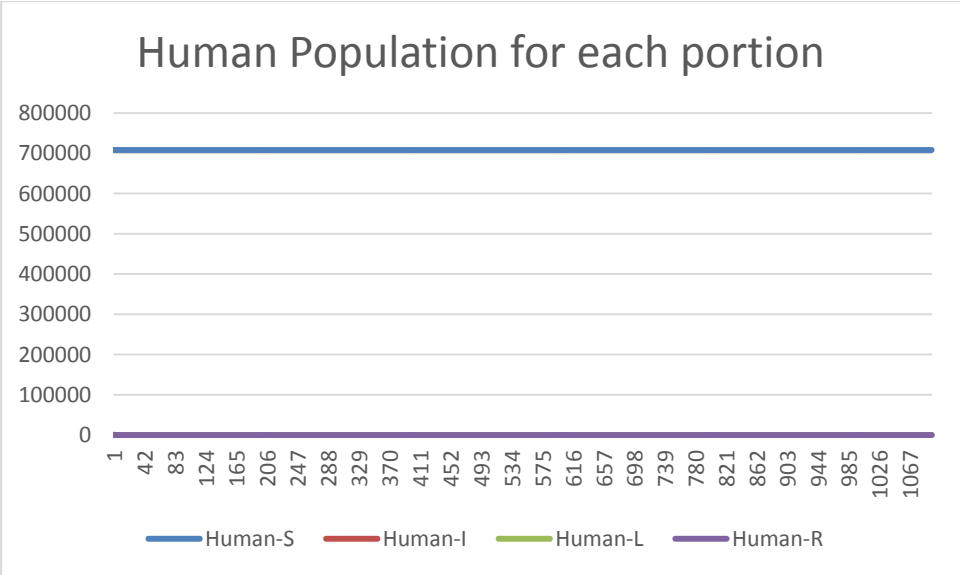
ภาพที่ 4.22 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดชัยนาท



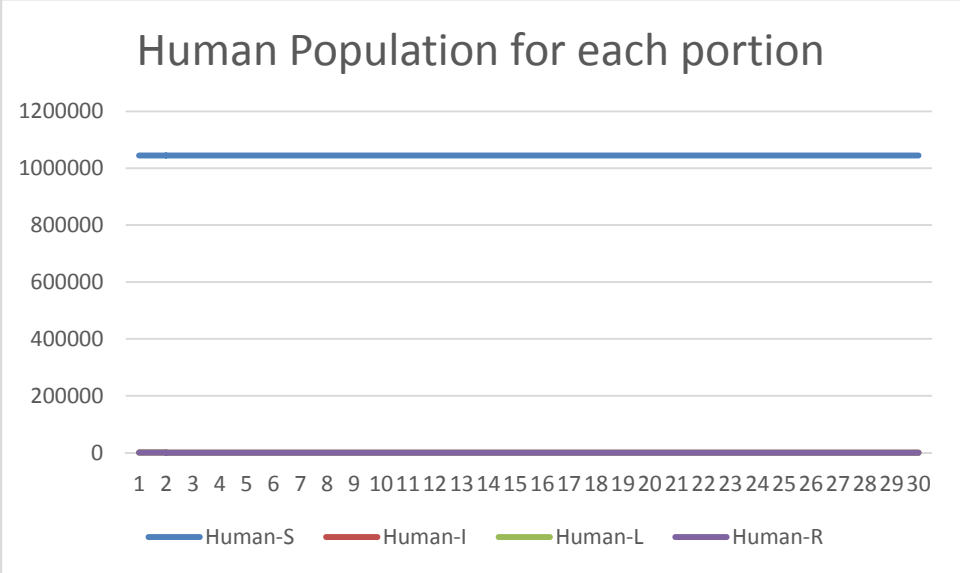
ภาพที่ 4.23 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 4.24 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดอุทัยธานี



ภาพที่ 4.25 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 4.26 จำนวนประชากรคน ในแต่ละกลุ่ม ของจังหวัดพิจิตร

จากภาพที่ 4.22-4.23 กราฟของ SILR มีการสะท้อนถึงสถานะที่เปลี่ยนไปภายในกลุ่มประชากรคน ซึ่งแตกต่างไปจากภาพที่ 4.24-4.26 ซึ่งสถานะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ซึ่งความเป็นไปได้ ของการผิดปกตินี้ อาจเป็นเพราะการขาดหายไปของปริมาณยุง และจำนวนประชากรคนที่ป่วยติดเชื้อมีอย่างไม่เพียงพอ จึงทำให้ผู้ติดเชื้อ และการแลกเปลี่ยนเชื้อไม่เกิดขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1.สรุปผลการวิจัย

เครื่องมือ mABMs-MAR เพื่อสร้างกระบวนการทำซ้ำของการระบาดของโรคมาลาเรียนั้น ได้ผลเป็นอย่างดีสำหรับในส่วนของการสร้างประชากรยุงสังเคราะห์ในแบบไดนามิก กล่าวคือ มีการควบคุมจำนวนประชากรของยุงในแต่ละวันให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการจำลองวงจรของการเกิดโรค รวมไปถึงการจัดคนลงพื้นที่เสมือน ก็สามารถจัดการได้อย่างเหมาะสม และได้นำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ในการตอบโต้การระบาดของโรคมาลาเรีย

5.2.อภิปรายผล

ภายหลังจากการทดลองดำเนินการกับแบบจำลอง ผลที่ได้จากการดำเนินการนั้น มีดังต่อไปนี้

5.2.1 ประชากรสังเคราะห์ยุง ได้มีการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยเงื่อนไขของการเกิด ตาย และช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของยุงนั้น เกิดจากผลกระทบโดยตรงจากสภาพอุณหภูมิในเขตพื้นที่ที่ดำเนินการแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยอุณหภูมินั้นส่งผลต่อจำนวนประชากรยุง และอายุของยุง อย่างไรก็ตาม ในการดำเนินการกับประชากรยุงนั้น ในแบบจำลองใช้เพียงอุณหภูมิเป็นหลักเท่านั้น ไม่มีการใช้ปัจจัยอื่นมาเป็นส่วนช่วยคำนวณจำนวนประชากร เช่น ปริมาณน้ำฝน ศัตรูธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อประชากรยุงอีกด้วยเช่นกัน

5.2.2 ประชากรคน มีการแสดงค่าของการติดเชื้อที่ผิดปกติ คือในบางจังหวัด เช่นนครสวรรค์ มีการสะท้อนถึงการแลกเปลี่ยนโรคระหว่างคน แต่บางจังหวัดเช่น พิจิตร หรือกำแพงเพชร กลับไม่แสดงการแลกเปลี่ยนเชื้อใด ๆ ซึ่ง อาจจะเป็นค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นจาก การหายไปของประชากรยุง และค่าการแพร่เชื้ออยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเกินไปคือ ไม่ถึง 0.5 นั้นเอง กอปรกับ ค่าเริ่มต้นของคนติดเชื้อนั้นมีปริมาณที่น้อย จึงทำให้เกิดโอกาสที่ยากต่อการที่จะนำเชื้อไปสู่พานะนั่นเอง

5.3. ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคของระบบแบบจำลอง สามารถจำแนกออกเป็นในส่วนของข้อมูลที่ใช้ดำเนินการ และปัญหาทางด้านกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ ดังมีรายละเอียดดังนี้

5.3.1 ข้อมูลที่นำมาใช้จะเป็นข้อมูลแบบทุติยะภูมิ ซึ่งได้มาจากการรวบรวมผ่านช่องทางการรายงานผลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไข้มาลาเรียของทางกระทรวงสาธารณสุข และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลบางส่วนนั้น ขาดความสมบูรณ์ หรือขาดข้อมูลที่มีความแน่นอน เช่นปริมาณ

ประชากรยุง ไม่สามารถทราบได้ เพราะข้อมูลที่รายงานนั้น มีรายงานเพียงแค่ปริมาณประชากรของตัวโม่ง และไม่ครบทุกพื้นที่ จำเป็นต้องนำเอาข้อมูลนั้นมาทำ Normalize เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมจากการสร้างแบบจำลอง

5.3.2 ปัญหาทางด้านกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ เนื่องจากแบบจำลองไข้มาลาเรียนั้น วิธีการหลักที่ใช้ดำเนินการคือ Agent based modeling ซึ่งเป็นวิธีการที่มีต้นทุนสูง โดยระบบสามารถแบ่งออกเป็นการวิจัยในสองสาขาหลักด้วยกัน นั่นคือ 1. Big data และ 2. Computational Epidemiology

ปัญหาที่พบคือ ถึงแม้ว่าระบบจะใช้ข้อมูลเพียงแค่ 5 จังหวัดในเขตความรับผิดชอบของ สคร. 3 ก็ตาม แต่ปริมาณข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบจำลองนั้น ก็ยังมีปริมาณมาก และไม่สามารถประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ในสำนักงานทั่วไปได้ ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการดำเนินการหาผลลัพธ์ของโปรแกรม อีกทั้งการรันยังใช้เวลาในการประมวลผลนานอีกด้วย ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาหลักของการดำเนินการในแบบจำลอง

5.4. ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองเพื่อการทำซ้ำการเกิดโรคระบาดของไข้มาลาเรียนั้น ยังมีข้อจำกัดอยู่มากประกอบด้วย ข้อมูลสภาพแวดล้อม การควบคุมปริมาณประชากรยุงสังเคราะห์ด้วยปัจจัยต่าง ๆ การสร้างประชากรคนสังเคราะห์ เป็นต้น ซึ่งสามารถแยกออกเป็นข้อต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

5.4.1 ประชากรยุงสังเคราะห์ นั้น องค์ประกอบที่สำคัญที่มีอยู่ในระบบจำลองขณะนี้ประกอบด้วย จำนวนประชากรยุงสังเคราะห์ในแต่ละเซลล์เสมือน วงจรชีวิตของยุงเพื่อใช้ในการสร้างประชากรสังเคราะห์ยุงในรุ่นถัดไป อุณหภูมิซึ่งมีผลต่อชีวิตของยุง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประชากรยุงสังเคราะห์นั้น ยังขาดปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อจำนวนประชากรยุงสังเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ภัยของยุงตามธรรมชาติ และมาตรการในการควบคุมยุงอื่นๆ เช่นการใช้ยาฆ่าแมลง หรือการกำจัดน้ำนิ่ง เพื่อลดจำนวนยุงเป็นต้น ซึ่ง หากมีการพัฒนาระบบในคราวถัดไป ตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นต้องนำมาใช้ภายในแบบจำลองเพื่อให้ได้ค่าความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.4.2 ประชากรคนสังเคราะห์ ในระบบจำลองนี้ ใช้ประชากรคนสังเคราะห์ในลักษณะที่เป็นระบบปิด กล่าวคือ ประชากรของคนในระบบตลอดการทดสอบแบบจำลองนั้น จะเป็นแบบคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็น การเกิดใหม่ของประชากร การตายในประชากร หรือแม้กระทั่งการย้ายถิ่นฐานของประชากร การเดินทางท่องเที่ยว หรือเดินทางในระยะเวลาสั้น ๆ ชั่วคราว เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากเวลาสมมติในการรันแบบจำลองมีระยะเวลานานขึ้น เช่นมากกว่า 10 ปี กอปรกับใช้ระบบภูมิต้านทานในประชากรสังเคราะห์คน ก็จะทำให้ สถานการณ์ของโรคมาลาเรียนั้น หายไปโดยสิ้นเชิง เนื่องจาก โอกาสที่คนจะป่วยจากการติดเชื้อได้นั้น มีเพียงครั้ง

เดียวเท่านั้น และการได้รับเชื้อมาลาเรียของยุงนั้น จะได้รับจากคนเท่านั้น ก็จะทำให้วงจรการแพร่เชื้อไม่สมบูรณ์ และไม่สะท้อนกับความเป็นจริง ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองครั้งต่อไป ควรมีการดำเนินการแบบไดนามิกสำหรับประชากรคนสังเคราะห์

5.4.3 ข้อมูลสภาพแวดล้อม ข้อมูลหลักที่ส่งผลกระทบที่มากที่สุดสำหรับแบบจำลองนี้มีเพียงอย่างเดียวคือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ที่จะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของประชากรยุงสังเคราะห์ ซึ่งอาจจะทำให้มีข้อโต้แย้งหรือถกเถียงต่อข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการในแบบจำลอง เนื่องจากไม่สอดคล้องกับรายงานผู้ป่วย หรือจำนวนยุงจากหน่วยงานหลักได้ สรุปคือ ในการพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มปัจจัยแวดล้อมอื่นที่ส่งผลต่อการดำเนินการของแบบจำลองเพื่อค่าความถูกต้องที่มากขึ้น

บรรณานุกรม

A. Luana Cristina Farnesi, Ademir Jesus Martins, Denise Valle and G. L. Rezende. (2009). **Embryonic development of Aedes Aegypti(Diptera:Culicidae): influence of different constant temperatures**. Mem Inst Oswaldo C, vol. 104, no. 1, pp. 124–126.

A. R. Mikler, A. Bravo-Salgado, and C. D. Corley. (2009). **Global Stochastic Contact Modeling of Infectious Diseases**. 2009 Int. Jt. Conf. Bioinformatics, Syst. Biol. Intell. Comput., pp. 327–330.

Angelina Mageni Lutambi, Melissa A. Penny, Thomas Smith, and Nakul Chitnis. (2013). **Mathematical modelling of mosquito dispersal in a heterogeneous environment**. Mathematical Biosciences.

B. Adams, E. C. Holmes, C. Zhang, M. P. Mammen, S. Nimmannitya, S. Kalayanarooj, and M. Boots. (2006). **Cross-protective immunity can account for the alternating epidemic pattern of dengue virus serotypes circulating in Bangkok**. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., vol. 103, no. 38, pp. 14234–9, Sep. 2006

C. M. Macal and M. J. North. (2010). **Tutorial on agent-based modelling and simulation**. J. Simul., vol. 4, no. 3, pp. 151–162, Sep. 2010.

Dengue Buidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention Control. World Health Organization, 2009, p. 160.

D. J. Gubler. (1998). **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever**. vol. 11, no. 3, 1998.

D. Barmak, C. Dorso, M. Otero, and H. Solari. (2011). **Dengue epidemics and human mobility**. Phys. Rev. E, vol. 84, no. 1, pp. 1–11, Jul. 2011

Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). **A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, 115(772), 700–721. https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118

Luís F. O. Jacintho et. al. (2010). **An agent-based model for the spread of the Dengue fever: a swarm platform simulation approach**. Proceeding SpringSim '10 Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference Article No. 2. April 11 - 15, 2010. Florida; USA.

Isidoro C., Fachada N., Barata F., Rosa A. (2011). **Agent-Based Model of Dengue Disease Transmission by Aedes aegypti Populations**. In: Advances in Artificial Life. Darwin Meets von Neumann, vol 5777, Springer, Berlin, Heidelberg

N. Gilbert. (n.d.). **AGENT-BASED MODELS**. pp. 1–20.

S. Kongsin, S. Jiamton, J. A. Suaya, and S. Vasanawathana. (2010). **Cost of dengue in Thailand**. vol. 34, pp. 77–88, 2010.

WHO. (20 กุมภาพันธ์ 2560). **Dengue and severe dengue**. เข้าถึงได้จาก World Health Organization: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/

กรมควบคุมโรค. (2559). **รายงานประจำปี 2559**. นนทบุรี: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

วัชรพงษ์ แสงนิล, จารุวรรณ์ วงบุตดี และณัฏฐวุฒิ แก้วพิทูลย์. (2552). **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมาลาเรีย จังหวัดอุบลราชธานี**. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2552 “การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน” 29 – 30 มกราคม 2552; 522 – 524.

ยุทธนา หมั่นดี. (2551). **มาลาเรีย**. วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่. ปีที่ 41 ฉบับที่ 3 กันยายน 2551; หน้า 156 – 166.

ภาคผนวก ก

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) :** นางปัทมนันท์ อิสรานนทกุล
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Mrs. Patthamanan Isaranontakul
   ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์
   สถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก :
   สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ โทรศัพท์ 056 219100-29 ต่อ 1162
   E-mail : comnsru@gmail.com
   ประวัติการศึกษา

ระดับ	วุฒิการศึกษา	สถาบัน	ประเทศ
ปริญญาตรี	วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย
ปริญญาโท	วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย

2. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) :** นายดนุวัศ อิสรานนทกุล
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Mr. Danuwat Isaranontakul
   ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์
   สถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก :
   สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ โทรศัพท์ 056 219100-29 ต่อ 1162
   E-mail : danuwat.r@gmail.com
   ประวัติการศึกษา

ระดับ	วุฒิการศึกษา	สถาบัน	ประเทศ
ปริญญาตรี	วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย
ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย

3. **ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : นายถิรภัทร มีสำราญ**

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Mr. Thiraphat Meesumrarn

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์

สถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก :

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ โทรศัพท์ 056 219100-29 ต่อ 1162

E-mail : thiraphat.meesumrarn@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับ	วุฒิการศึกษา	สถาบัน	ประเทศ
ปริญญาตรี	วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	ไทย
ปริญญาโท	วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

ภาคผนวก ข

รายงานสรุปผลการฝึกอบรมในการใช้ผลจากแบบจำลอง

โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
“การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค”

1. หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ต้องเผชิญปัญหาที่เกิดจากยุง ด้วยสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศ ที่เป็นปัจจัยให้เกิดการแพร่ขยายพันธุ์ยุง และสามารถนำไปสู่โรคไข้มาลาเรียได้ โรคมาลาเรียเป็นโรคติดเชื้อจากเชื้อปรสิตสกุลพลาสโมเดียม คือ พลาสโมเดียมไวแวกซ์ และพลาสโมเดียมฟัลซิปารัม พลาสโมเดียมโอวาเล่ และพลาสโมเดียมมาลาริอี โดยมียุงก้นปล่องเป็นพาหะในการแพร่ระบาดโรค ในประเทศไทยส่วนใหญ่พบเชื้อพลาสโมเดียมไวแวกซ์ และพลาสโมเดียมฟัลซิปารัม ผู้ที่ติดเชื้อมาลาเรียช่วงแรกจะมีอาการไข้ต่ำ ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัว หลังจากนั้นจะมีอาการไข้สูง หนาวสั่น อาการไข้มักจะเกิดหลังได้รับเชื้อประมาณ 2-3 สัปดาห์ ยาต้านมาลาเรียชนิดพลาสโมเดียมฟัลซิปารัมคือ ควินินร่วมกับเตเตร้าซัยคลิน มาลาเรียยังเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขเฉพาะพื้นที่ ที่ทำให้ประชาชนคนในพื้นที่เขตรับผิดชอบของ สคร. 3 นครสวรรค์ ป่วยไข้มาลาเรีย แม้การระบาดของโรคจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายแดนไทยติดกับประเทศเพื้นบ้านการอพยพเคลื่อนย้ายประชากร และการดื้อยารักษามาลาเรีย ที่จะส่งผลต่อการควบคุมป้องกันโรคมาลาเรียเป็นไปด้วยความยากลำบาก จึงจำเป็นต้องเพิ่มเน้นมาตรการควบคุมยุงพาหะ

แบบจำลองการระบาดของโรคจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการเฝ้าระวังเพื่อการตอบโต้ และควบคุมโรคและควบคุมพาหะในพื้นที่เฉพาะต่างๆ การใช้แบบจำลองสามารถพยากรณ์การแพร่ระบาดซึ่งเป็นข้อมูลในการป้องกัน และควบคุมการแพร่เชื้อมาลาเรีย โครงการอบรมนี้จะให้ความรู้ทางด้าน Computational Epidemiology ด้วยการอบรมเชิงปฏิบัติการผ่านโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นมา เพื่อเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับโรคในลักษณะที่แตกต่างจากการปฏิบัติเดิม โดยมุ่งหวังให้นำความรู้จากการใช้งานแบบจำลองไปใช้เพื่อวางแผนการป้องกันการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย

2. วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมาย

1. เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้ทางด้าน Computational Epidemiology ด้วยการปฏิบัติจริงผ่านทางโปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นมา
2. เพื่อเป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับโรคในลักษณะที่แตกต่างจากการปฏิบัติที่มีอยู่เดิม โดยการสร้างปัจจัยใหม่ ๆ ให้กับโรค

3. เป้าหมาย

เจ้าหน้าที่หน่วยงานด้านสาธารณสุข นักศึกษา หรือบุคคลอื่นที่สนใจทางด้าน Computational Epidemiology ประมาณ ๓๐ คน

4. กิจกรรมหลักของงาน / โครงการ

1. เป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ
2. มีการบรรยายและฝึกปฏิบัติ
3. ใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
4. ใช้ LCD Projector ประกอบการบรรยาย

5. ระยะเวลาดำเนินการ

1. ขั้นตอนการวางแผน (P: Plan)
   - สำรวจพื้นที่จัดอบรม
   - ประชุมคณะดำเนินงาน เพื่อวางแผนการจัดอบรม กำหนดวัน และเวลา
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน (D: Do)
   - ติดต่อประสานงาน และประชุมประสานงานกับคณะดำเนินงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
   - จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ
   - ดำเนินกิจกรรมตามแผนกิจกรรมที่วางไว้
3. ขั้นตอนการติดตามตรวจสอบขณะดำเนินงาน (C: Check)
   - สังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมโครงการ
   - แบบประเมินผลโครงการ
4. ขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนา (A: Act)
   - จัดทำรายงานการประเมินผลโครงการ
   - รวบรวมและบันทึกความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมโครงการ เพื่อใช้ในการดำเนินงานครั้งต่อไป

6. แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอน / กิจกรรม	เดือน ปี
1	จัดประชุมคณะกรรมการ (P)	ตุลาคม 2559
3	จัดเตรียมซื้อวัสดุ อุปกรณ์ (D)	ตุลาคม 2559
4	จัดอบรมเชิงปฏิบัติการ (D)	พฤศจิกายน 2559
5	ประเมินผลการดำเนินงาน (C)	พฤศจิกายน 2559
6	จัดทำรายงานผลประเมินโครงการ (A)	ธันวาคม 2559

7. สถานที่

ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ห้อง 442 อาคาร 4 ชั้น 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

8. วิทยากร

นางปัทมนันท์ อิสรานนทกุล และนายถิรภัทร มีสำราญ

9. คณะดำเนินงาน

1. อาจารย์ดนุวัศ อิสรานนนทกุล กรรมการ
2. อาจารย์เอกสิทธิ สิทธิสมาน กรรมการ
3. นางทัศนีย์ ทรัพย์ประมวล กรรมการ
4. นายศราวุธ ธะในสวรรค์ กรรมการ

10. รายละเอียดค่าใช้จ่ายที่ใช้

	รายการ	**จำนวน**	**ราคาต่อหน่วย**	**จำนวนวัน**	**รวมเงิน**
1	ค่าวิทยากรอบรม จำนวน 2 คน	7 ชม.	600	1 วัน	8,400
2	ค่าอาหารกลางวัน	32 คน	200	1 มื้อ	6,400
3	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม	32 คน	50	2 มื้อ	3,200
4	ค่าเอกสารในการจัดอบรม	30 ชุด			5,700
รวม					23,700

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

กำหนดการ
โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
“การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค”
วันที่ 2 พฤศจิกายน 2560
ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 442 อาคาร 4 ชั้น 4
สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
.....

เวลา	เนื้อหาการฝึกอบรม
08.15 – 08.30 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมอบรม
08.30 – 10.30 น.	- การใช้งาน Excel กับ SIR Model เพื่อศึกษาแบบจำลองของโรคระบาด
10.30 – 10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
10.45 – 12.00 น.	- การใช้เว็บแอพลิเคชั่น เพื่อศึกษาการระบาดของโรค - ศึกษาการใช้ Cellular Automata ร่วมกับ SIR Model เพื่ออธิบายการระบาดของโรค
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 14.30 น.	- การใช้เว็บแอพลิเคชั่น เพื่อศึกษาการระบาดของโรค (ต่อ) - การกำหนดกรณีศึกษาต่างๆ เพื่อใช้กับแบบจำลอง
14.30 – 14.45 น.	พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
14.45 – 16.30 น.	- สาธิตการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อประมวลผลการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย - แนะนำงานวิจัยแบบจำลองพฤติกรรมการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย

สรุปผลการประเมิน
โครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
“การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค”
วันที่ 2 พฤศจิกายน 2560
ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 442 อาคาร 4 ชั้น 4
สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

จากเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล เรื่อง การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค จำนวนผู้เข้ารับบริการ / ถ่ายทอดเผยแพร่ความรู้ เป้าหมาย 30 คน มีจำนวนผู้เข้ารับการอบรม 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100

มีความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายระดับมากถึงมากที่สุด ร้อยละ 92.40

ผู้รับบริการมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น ร้อยละ 96.67

ด้านความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย

ข้อมูลทั่วไป

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลร้อยละเกี่ยวกับเพศของผู้ประเมินความพึงพอใจ

ข้อมูล		จำนวน(คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	13	43.33
	หญิง	17	56.67
รวม		30	100.00

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับเพศของผู้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจ จำนวน 30 คน ประกอบด้วยเพศชาย จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 และเพศหญิง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	การแปรผล	S.D.
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
ด้านกระบวนการขั้นตอน และเนื้อหาในการอบรม/สัมมนา								
1. เนื้อหาในการอบรม/สัมมนา	19 (63.33)	11 (36.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.63	มากที่สุด	0.49
2. วิทยากรในการฝึกอบรม เรียงลำดับเนื้อหาถ่ายทอดได้เข้าใจ	21 (70.00)	9 (30.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.70	มากที่สุด	0.47
3. เอกสารประกอบการอบรม/สัมมนา	17 (56.67)	10 (33.33)	3 (10.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.47	มากที่สุด	0.68
4. กิจกรรมที่ใช้ในการฝึกอบรม/สัมมนา	19 (63.33)	10 (33.33)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.60	มากที่สุด	0.56

ความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	การแปรผล	S.D.
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
5. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการจัดอบรม/สัมมนา	16 (53.33)	13 (43.30)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.50	มากที่สุด	0.57
6. การรักษาเวลาที่ใช้ในการอบรม/สัมมนาแต่ละช่วง	16 (53.33)	14 (46.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.51
7. ความเตรียมความพร้อมของการจัดอบรม/สัมมนา	20 (63.67)	10 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.67	มากที่สุด	0.48
8. การแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคต่าง ๆ ในการอบรม/สัมมนา	17 (56.67)	12 (40.00)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.57
ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ								
1. เจ้าหน้าที่ให้ความสะดวกและบริการรวดเร็ว	21 (70.00)	8 (26.67)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.67	มากที่สุด	0.55
2. อัธยาศัยของเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ	21 (70.00)	8 (26.67)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.67	มากที่สุด	0.55
3. ความกระตือรือร้นในการให้บริการของเจ้าหน้าที่	21 (70.00)	8 (26.67)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.67	มากที่สุด	0.55
4. ความสุภาพของเจ้าหน้าที่	23 (76.67)	7 (23.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.77	มากที่สุด	0.43
5. การให้บริการที่เป็นธรรม (ไม่เลือกปฏิบัติ) ของเจ้าหน้าที่	21 (70.00)	9 (30.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.70	มากที่สุด	0.47
6. การประสานงานและติดตามงานของเจ้าหน้าที่	23 (76.67)	7 (23.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.77	มากที่สุด	0.43
ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก								
1. ขนาดห้องอบรม/สัมมนา	22 (73.33)	7 (23.33)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.70	มากที่สุด	0.47
2. อุณหภูมิ/แสง/เสียงของห้องอบรม/สัมมนา	18 (60.00)	12 (40.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.60	มากที่สุด	0.43
3. อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการอบรม/สัมมนา	21 (70.00)	9 (30.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.70	มากที่สุด	0.53
4. ความสะอาดของห้องอบรม/สัมมนา	18 (60.00)	12 (40.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.60	มากที่สุด	0.50
5. ความชัดเจนของป้ายบอกสถานที่อบรม/สัมมนา	18 (60.00)	10 (33.33)	2 (6.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.63
6. อาหาร อาหารว่าง และเครื่องดื่ม	17 (56.67)	12 (40.00)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.57
7. สถานที่จอดรถ	14 (46.7)	15 (50.00)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.43	มากที่สุด	0.57

ความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย	การแปรผล	S.D.
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
8. การติดต่อขอรับบริการ/การประชาสัมพันธ์	15 (50.00)	15 (50.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.50	มากที่สุด	0.51
ด้านคุณภาพของการอบรม/สัมมนา								
1. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้**ก่อน**เข้ารับการอบรม/สัมมนา	6 (20.00)	6 (20.00)	4 (13.33)	6 (20.00)	8 (26.7)	2.87	ปานกลาง	1.53
2. ประโยชน์ ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้**หลัง**เข้ารับการอบรม/สัมมนา	15 (50.00)	14 (46.7)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.47	มากที่สุด	0.57
3. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในการปฏิบัติงานได้	17 (56.67)	12 (40.00)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.57
4. เนื้อหาที่ได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการจัดอบรม/สัมมนาและความคาดหวังของผู้เข้าร่วมสัมมนา	17 (56.67)	12 (40.00)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.53	มากที่สุด	0.57
5. ระดับความพึงพอใจในภาพรวมที่ได้จากการอบรม/สัมมนา	21 (70.00)	8 (26.67)	1 (3.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.67	มากที่สุด	0.55
ค่าเฉลี่ยรวม						**4.60**	**มากที่สุด**	

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย แบ่งผลคะแนนทั้งหมดเป็น 5 ช่วงโดยใช้หลักการทางสถิติ ได้แก่ พิสัย/จำนวนชั้น = (คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด)/5 การแปลผลการประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.20-5.00 คือ ผู้ตอบเห็นว่ารายการนั้นมีระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.40-4.19 คือ ผู้ตอบเห็นว่ารายการนั้นมีระดับความพึงพอใจ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.60-3.39 คือ ผู้ตอบเห็นว่ารายการนั้นมีระดับความพึงพอใจ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.80-2.59 คือ ผู้ตอบเห็นว่ารายการนั้นมีระดับความพึงพอใจ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.79 คือ ผู้ตอบเห็นว่ารายการนั้นมีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

สรุปผลได้ดังนี้

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจเฉลี่ยรวมทุกๆ ด้าน ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.60 คิดเป็นร้อยละ 92.05 โดยแบ่งออกเป็นด้านๆ ดังนี้ ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.71 คิดเป็นร้อยละ 94.11 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ด้านกระบวนการขั้นตอนและเนื้อหาในการอบรม และ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก มีค่าเฉลี่ย 4.58 คิดเป็นร้อยละ 91.58 มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดและด้านคุณภาพของการอบรม/สัมมนา มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.55 คิดเป็นร้อยละ 91.00

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- การอบรมเป็นประโยชน์ และสามารถนำไปใช้ได้จริง
- สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในด้านการเรียนการสอนได้

ภาคผนวก ค

- รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค
วันที่ 2 พฤศจิกายน 2560

รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค

ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 442 อาคาร 4 ชั้น 4

สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ลำดับ	ชื่อ - นามสกุล	สถานที่ทำงาน	08.30 - 12.00 น.	13.00 - 16.30 น.
1	คุณธิติมา บุญเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
2	คุณชัญญพัชร์ จารุวัชรเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
3	คุณนงเยาว์ ในอรุณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
4	คุณพิมรา ทองแสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
5	คุณไชยศิลป์ พันธุ์แก้ว	โรงพยาบาลลานสัก		
6	คุณธงชาติ คำมณี	สำนักงานสาธารณสุขอำเภอลานสัก		
7	คุณนิภาพร ธนะเสวี	โรงพยาบาลตาคลี		
8	คุณพัทธยา เหมะ	โรงพยาบาลอุทัยธานี		
9	คุณศิริวัฒณา ลาภหลาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
10	คุณมานพ กฤชเถกิง	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเขาดิน		
11	คุณลัดดาวัลย์ อยู่ปราง	โรงพยาบาลพยุหะคีรี		
12	คุณกรรณิการ์ จารี	โรงพยาบาลโกรกพระ		
13	คุณพรรณิกา สาระชาติ	โรงพยาบาลตากฟ้า		
14	คุณไมตรี กลิ่นสังข์	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครสวรรค์		
15	คุณพฤกษ์ศราวุฒิ จักร์สวย	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
16	คุณสุเนตตรา ปานทรัพย์	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
17	คุณทวีศักดิ์ มีสวัสดิ์	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
18	คุณจักรพงษ์ เพ็งแจ้ง	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
19	คุณพรนภา คำพันธ์	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
20	คุณดุษฎี นรศาศวัต	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
21	คุณนเรศน์ ฐิตินันทิวัฒน์	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
22	คุณภาณุวัฒน์ เสงี่ยมจิตต์เกษม	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
23	คุณวัชรา จันทร์กระจ่าง	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
24	คุณธนภรณ์ พรหมมูล	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
25	คุณนิธิรุจน์ เพ็ชร์สินเดชากุล	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
26	คุณนิศามณี รอดแก้ว	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์		
27	คุณนนทกร วิไชยวงค์	เทศบาลนครนครสวรรค์		
28	คุณกัลย์รวี พูพัฒนานุรักษ์	เทศบาลนครนครสวรรค์		
29	คุณวรชนันท์ ชูทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
30	คุณเอกวิทย์ สิทธิวะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
31	คุณกาญจนา ยลสิริธัม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		

รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค

ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 442 อาคาร 4 ชั้น 4

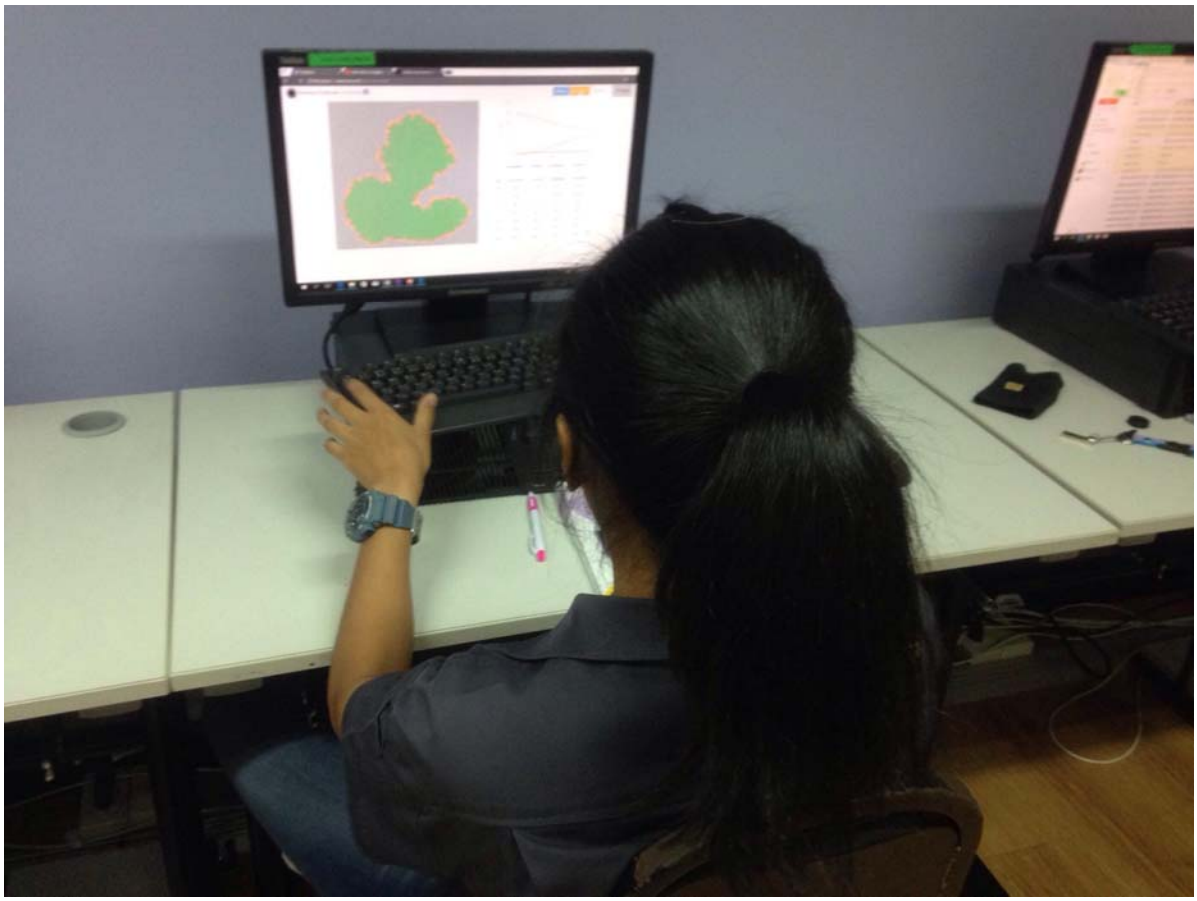
สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ลำดับ	ชื่อ - นามสกุล	สถานที่ทำงาน	08.30 - 12.00 น.	13.00 - 16.30 น.
32	นส.กันธารัตน์ อยู่ผ่องแผ้ว	สสว.3 นครสวรรค์	กันธารัตน์	กันธารัตน์
33	นายวุฒิชัย วิแหวนเพชร	รพ.สต.บ้านห้วยถั่ว ต.เก้าเลี้ยว		
34	นางศิวาพร กิจศิลกุล	บริษัท เอไอเอ จำกัด		
35	นางสาวกัลยนี ทรัพย์ประมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
36	นายอรรวุธ ธนะสวรรค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
37	นายเอกวิทย์ วิทย์ชวนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์	เอกวิทย์ วิทย์ชวนะ	เอกวิทย์ วิทย์ชวนะ
38	นายณพัฐศิศ ชัยรามนนทกุล	ม.วลัยลักษณ์		
39	นางปทมปนันท์ ชัยรามนนทกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์		
40	นายกิรกิต ฟิล์มกลาง	ม. ราชภัฏนครสวรรค์		
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				

ภาคผนวก ง

- ภาพกาจัดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ
เรื่องการใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาการระบาดของโรค

lenovo



Disease Outbreak Simulation
Step
Pause
Reset
Setting
Susceptable
Infected
Infectious
Recovery
Day
Susceptable
Infected
Infectious
Recovery

ภาคผนวก จ

นำเสนอผลงานแบบบรรยายในงานประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 10
"วิทยาศาสตร์มุ่งนวัตกรรมไทยแลนด์ 4.0"
และบทความวิจัยฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย
ครั้งที่ 10 (Proceedings)

ที่ ศธ ๐๕๓๐.๔(๑)/ว.๒๗๑ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ๔๔๑๕๐

๓๐ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๑

เรื่อง ตอบรับบทความวิจัยเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ ๑๐

เรียน คุณดนุวัศ อิสรานนทกุล, คุณปัทมนันท์ อิสรานนทกุล และคุณถิรภัทร มีสำราญ

ตามที่ท่านได้ให้ความสนใจเข้าร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ ๑๐ ในวันที่ ๒๔ - ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๖๑ ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสาคาม และได้ส่งบทความวิจัยเพื่อพิจารณานำเสนอในการประชุมวิชาการฯ เรื่อง The Simulation of Malaria

ในการนี้ฝ่ายติดตามและตรวจสอบผลงานวิจัย ขอเรียนแจ้งบทความดังกล่าวเข้าร่วมการประชุมวิชาการฯ นำเสนอแบบบรรยายในกลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและขอบคุณที่ส่งผลงานเข้าร่วมนำเสนอในการประชุมวิชาการฯ ทั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้เห็นงานของท่านในการประชุมวิชาการฯ

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ปรีชา ประเทพา)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
ผู้รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ประธานกรรมการจัดงานประชุมวิชาการระดับชาติ
"วิทยาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ ๑๐

ฝ่ายติดตามและตรวจสอบผลงานวิจัย
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
โทรศัพท์ ๐ ๔๓๗๕ ๔๒๔๘ โทรสาร ๐ ๔๓๗๕ ๔๒๔๘