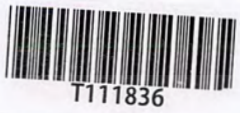
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองตามรายเดือนของผู้ป่วยโรคมาลาเรียในประเทศไทย

MONTHLY DISTRIBUTIVE MODEL OF MALARIA CASES IN THAILAND



นันทนา ตรีคูณรุ่งเรือง

มลฤดี วงค์รอบ

สุพรรณิกา คงปัญญา

วพ.
น4182
2552

สขหมู่.....
เลขทะเบียน 111836
วัน,เดือน,ปี 24 S.A. 2553

b 12098189
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MONTHLY DISTRIBUTIVE MODEL OF MALARIA CASES IN THAILAND

NANTHANA TREEKHUNRUNGRUANG

MONRUEDEE WONGROB

SUPANNIKA KONGPANYA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE IN APPLIED MATHEMATICS FACULTY OF SCIENCE KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ACADEMIC YEAR 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ แบบจำลองตามรายเดือนของผู้ป่วยโรคมาลาเรียในประเทศไทย

MONTHLY DISTRIBUTIVE MODEL OF MALARIA CASES IN THAILAND

ชื่อนักศึกษา นางสาวนันทนา ตรีคูณรุ่งเรือง 49050179

นางสาวมลฤดี วงค์รอบ 49050185

นางสาวสุพรรณิกา คงปัญญา 49051053

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2552

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.ดร.กาญจนา คำนึงกิจ	
กรรมการ ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ	
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แบบจำลองตามรายเดือนของผู้ป่วยโรคมาลาเรียในประเทศไทย	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนันทนา ตรีคูณรุ่งเรือง	49050179
	นางสาวมลฤดี วงค์รอบ	49050185
	นางสาวสุพรรณิกา คงปัญญา	49051053
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2552	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์	

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางการลดอัตราการระบาดของโรคมาลาเรียในประเทศไทย ผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ นำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อจะได้เป็นประโยชน์ต่อการสาธารณสุขของประเทศต่อไปซึ่งการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ ได้จากการศึกษากลไกการติดเชื้อ และวงจรชีวิตของยุงซึ่งเป็นพาหะนำโรค ที่ทำให้เกิดโรคมาลาเรีย โดยได้ศึกษาการแพร่ระบาดของโรคตามรายเดือน โดยได้ใช้ทฤษฎีความเสถียรของระบบ (Steady state theorem) และความสัมพันธ์เวียนบังเกิด (recurrence relation) แล้วจึงนำข้อมูลของผู้ป่วยและทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเพื่อให้เห็นผลการใช้งานแบบจำลองนี้ได้จริงจึงได้มีการพัฒนาโดยนำมาสร้างเป็นโปรแกรมสำหรับคำนวณหาผลลัพธ์จากข้อมูลจริง และเพื่อใช้เป็นแนวทางการค้นคว้าวิจัยหาวิธีการลดอัตราการระบาดของโรคต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	monthly distributive model of Malaria cases in Thailand	
Students	Miss Nanthana Treekhunrungruang	49050179
	Miss Monruedee Wongrob	49050185
	Miss Supannika Kongpanya	49051053
Degree	Bachelor of Science	
Program	Applied Mathematics	
Academic Year	2009	
Advisor	Asst.Prof.Dr.Puntani Pongsumpun	

ABSTRACT

The purpose of this special problem is to decrease the outbreak of Malaria cases in Thailand. We look for finding methods to reduce the transmission rate of this disease. The mathematical knowledge is used to find the appropriated model. This should be useful for public health in Thailand. The mathematical model is created by learning mechanism of infecting life cycle's mosquitoes. We consider the monthly distribution of this disease. The steady state theorem and recurrence relation are used in this study. We then take the real data and mathematical theorem to develop the mathematical model. The numerical results are shown by creating program. This study should be an alternative way to decrease the outbreak of this disease.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ซึ่งจะสำเร็จได้เนื่องจากได้รับคำแนะนำปรึกษาและตอบคำถามต่างๆในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์ ตลอดจนเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คอยแนะนำปรึกษา และเป็นกำลังใจมาตลอด ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าขาดหอสมุดกลางที่เป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูลที่สำคัญจนสามารถจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ขึ้นมาได้อย่างเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ทุกท่านที่คอยสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาองค์ความรู้ต่างๆให้แก่ผู้จัดทำโดยตลอดมารวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาทุกท่านที่ช่วยเหลือในด้านการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำปัญหาพิเศษนี้มาโดยตลอด

ในท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ความดีงามที่เกิดจากปัญหาพิเศษนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดจนอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำ.....2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 โรคมาลาเรีย.....4
2.1.1 การแพร่โรคมาลาเรีย.....5
2.1.2 ยุงพาหะนำโรคมาลาเรีย.....5
2.1.3 สาเหตุของการเกิดโรคมาลาเรีย.....8
2.1.4 ประเภทของเชื้อมาลาเรีย.....9
2.1.5 วงจรชีวิตของมาลาเรีย.....10
2.1.6 อาการ และอาการแสดงของโรคมาลาเรีย.....11
2.1.7 การจับไข้ของโรคมาลาเรีย.....12
2.1.8 วัคซีนป้องกันโรคมาลาเรีย.....12
2.1.9 แหล่งเสี่ยงต่อโรคมาลาเรีย.....12
2.1.10 แหล่งที่พบโรคมาลาเรีย.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....14
2.2.1 แบบจำลอง.....15
2.3 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ (Steady State Solution).....16
2.4 ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด (Recurrence relations).....17
2.4.1 ประเภทของความสัมพันธ์เวียนบังเกิด.....18
2.5 การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ.....20

บทที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามรายเดือนของคนไข้โรคมาลาเรีย.....30
3.1 ข้อมูลโรคมาลาเรีย.....30
3.2 แบบจำลองตามรายเดือนสำหรับโรคมาลาเรีย.....33

บทที่ 4 การวิเคราะห์แบบจำลอง.....41
4.1 หา Steady State Solution.....41
4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....54
4.3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม..... .64
4.4 ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลของปี พ.ศ.2544.....110
4.4 ตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล.....124

บทที่ 5 สรุปผลการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ.....132
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....132
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม.....133
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 133

บรรณานุกรม..... 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงตัวอย่างประเภทของความสัมพันธ์เวียนบังเกิดที่มักพบบ่อย.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 Ronald Ross นักจุลชีววิทยาชาวอังกฤษ....4
2.2 ลักษณะการเกาะของ ยุงก้นปล่องขณะดูดกินเลือด....5
2.3 ยุงก้นปล่อง *Anopheles dirus*....6
2.4 ยุงก้นปล่อง *Anopheles minimus*....6
2.5 ยุงก้นปล่อง *Anopheles maculates*....7
2.6 ยุงก้นปล่อง *Anopheles sundaicus*....7
2.7 วงจรชีวิตของมาลาเรีย....10
2.8 แหล่งที่พบเชื้อ....13
2.9 แสดงกระบวนการคิดของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์....14
3.1 กราฟรวม 16 ปีของผู้ป่วยโรคมาลาเรีย....31
3.2 กราฟรวม 16 ปีของผู้ป่วยโรคมาลาเรียแบ่งตามรายเดือน....32
3.3 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมาลาเรีย (พิจารณาเดือนที่ 1 ถึง 12)....35
3.4 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของยุง....38
4.1 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับรายระเอียดของยุงก้นปล่อง....55
4.2 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้จากโรคมาลาเรีย....57
4.3 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมาลาเรีย....59
4.4 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อมาลาเรียแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้....61
4.5 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ป่วยที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้....63
4.6 หน้าจอโปรแกรม....64
4.7 หน้าจอแสดงหน้าหลัก....65
4.8 หน้าจอแสดงการแนะนำตัวแปร....67
4.9 หน้าจอแสดงการแนะนำพารามิเตอร์....68
4.10 หน้าจอแสดงคู่มือการใช้โปรแกรม....69
4.11 หน้าจอแสดงการกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์....70
4.12 หน้าจอแสดงรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....73
4.14 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544.....74
4.15 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544 75
4.16 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....76
4.17 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปี พ.ศ.2544.....77
4.18 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปี พ.ศ.2544.....78
4.19 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....79
4.20 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปีพ.ศ.2544.....80
4.21 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544...81
4.22 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้.....82
4.23 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ในปีพ.ศ.2544.....83
4.24 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ ในปี พ.ศ.2544.....84
4.25 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....85
4.26 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544.....86
4.27 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในปี พ.ศ.254.....87
4.28 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....88
4.29 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปีพ.ศ.2544.....89
4.30 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปี พ.ศ.2544.....90
4.31 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....91
4.32 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปี พ.ศ.2544.....92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.33 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้
ในปี พ.ศ.2544.....93
4.34 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุป.....94
4.35 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุปของคน.....95
4.36 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหากราฟสรุปของคนในปีพ.ศ.2544.....96
4.37 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุปของยุง.....97
4.38 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหากราฟสรุปของยุงในปีพ.ศ.2544.....98
4.39 หน้าจอแสดงการพยากรณ์.....99
4.40 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....100
4.41 แสดงข้อผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลไม่ครบ.....101
4.42 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์.....102
4.43 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม
-เดือนธันวาคมที่มีผลรวมมากกว่าจำนวนประชากร.....103
4.44 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลที่มีค่าเป็นทศนิยม.....103
4.45 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....104
4.46 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....105
4.47 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้.....106
4.48 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....107
4.49 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....108
4.50 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....109
4.51 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544....110
4.52 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ
ในปี พ.ศ.2544.....111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.53 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....112
4.54 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....113
4.55 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....114
4.56 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....115
4.57 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของฟื้นไข้ในปี พ.ศ.2544.....116
4.58 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ฟื้นไข้ในปี พ.ศ.2544.....117
4.59 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544....118
4.60 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544.....119
4.61 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....120
4.62 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....121
4.63 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....122
4.64 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544.....123
4.65 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....124
4.66 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.67 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อ
และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....127
4.68 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้.....128
4.69 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ.....129
4.70 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอด
เชื้อได้..... 130
4.71 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้.....131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากโรคมาลาเรียนี้จะพบมากในเขตที่มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ทำให้เชื้อแบ่งตัว ได้แก่ เขตร้อน แต่การกระจายของเชื้อโรคอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโลกมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น สำหรับประเทศไทยจะพบเชื้อได้ทั่วไป ยกเว้นกรุงเทพฯและเขตปริมณฑล พบผู้ป่วยกระจายทุกกลุ่มอายุ โดยเฉพาะในกลุ่มอายุ 10-35 ปี อัตราส่วนของผู้ป่วยเพศชายจะมากกว่าเพศหญิง ประมาณ 2 เท่า มาลาเรียเป็นโรคที่คนไทยรู้จักกันมานานแล้ว โดยโรคมาลาเรียเป็นโรคที่ระบาดและคุกคามมาตั้งแต่เมื่อ 1,500 ปีก่อน เป็นโรคที่พบเฉพาะในเขตร้อนเท่านั้น โดยจังหวัดที่พบผู้ป่วยมาก 10 อันดับแรกในประเทศไทย คือ ตาก สุราษฎร์ธานี กาญจนบุรี ยะลา จันทบุรี แม่ฮ่องสอน นครศรีธรรมราช กระบี่ ประจวบคีรีขันธ์ และสระแก้ว มีพาหะนำโรคคือ ยุงก้นปล่อง (*Anopheles spp.*) ที่เป็นพาหะหลักของการนำเชื้อโรคมาลาเรียที่สำคัญ ได้แก่ 1. *Anopheles dirus* 2. *Anopheles minimus* 3. *Anopheles maculatus* 4. *Anopheles sundaicus*

ปัจจุบันสถานการณ์โรคมาลาเรียทั่วโลกมีปัญหาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในทวีปแอฟริกา ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) จัดให้โรคมาลาเรียเป็นโรคที่มีปัญหาและมีความสำคัญเร่งด่วน 1 ใน 4 โรค ที่ต้องได้รับการแก้ไข ประกอบด้วย เอดส์ ไข้เลือดออก วัณโรคและมาลาเรีย ในแต่ละปีมีประชากรทั่วโลกประมาณ 200-500 ล้านคนติดเชื้อมาลาเรีย และประมาณ 1-2 ล้านคนเสียชีวิต สำหรับประเทศไทยการระบาดของโรคมาลาเรียมีเขตปรากฏชัดเจน ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตะเข็บชายแดนระหว่างประเทศ โดยเฉพาะชายแดนไทย-พม่า และไทย-กัมพูชา ส่วนไทย-มาเลเซีย พบเป็นบางจุด

โรคมาลาเรียเป็นโรคที่ต้องมีการเฝ้าระวังอยู่ตลอดมาเพราะเป็นโรคที่ถือว่ามีความร้ายแรงอีกโรคหนึ่ง ดังนั้นจากเหตุผลที่สำคัญเหล่านี้จึงสมควรอย่างยิ่งที่ควรจะลดการระบาดของโรคมาลาเรีย โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำ

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมาลาเรียและเขียนโปรแกรมเพื่อหาจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545) และคาดการณ์ล่วงหน้าถึงจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ โดยใช้ทฤษฎีความเสถียรของระบบ(Steady state theorem) ซึ่งนำไปสู่แนวทางการหาวิธีการป้องกันโรคและลดจำนวนผู้ป่วย

1.3 ขอบเขตของปัญหา

วิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยสำหรับแต่ละเดือนของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2536-2551 เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมาลาเรีย และเขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมการระบาดของโรคมาลาเรีย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ช่วยในการลดงบประมาณของประเทศไทยในการรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคมาลาเรีย
2) เพื่อเสนอแนวทางใหม่ในการลดการระบาดโรคมาลาเรีย
3) เพื่อเฝ้าระวังการเกิดโรคมาลาเรีย
4) เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยสำหรับผู้ที่มีความสนใจในหัวข้อ และแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1) รวบรวมข้อมูลของโรคมาลาเรีย
2) รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดโรคโดยแยกตามเดือนของประเทศไทย
3) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการเกิดโรคโดยแยกตามเดือนของประเทศไทยในเชิงลึก
4) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมาลาเรีย
5) วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ว่ามีปัจจัยใดที่สามารถควบคุมการระบาดของโรค
6) ทดลองนำแบบจำลองไปใช้จริงกับข้อมูล และใช้กับการคาดการณ์จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคมาลาเรีย

โรคมาลาเรียเป็นโรคที่ระบาดและคุกคามมาตั้งแต่เมื่อ 1,500 ปีก่อน แพทย์ชาวกรีก ชื่อ Hippocrates ได้พบว่า มาลาเรียเป็นโรคชนิดหนึ่งที่มีสาเหตุจากการที่ผู้ป่วยใช้ชีวิตใกล้ชิดกับบริเวณที่มีน้ำนิ่งแต่ Hippocrates ไม่รู้ว่าโรคนี้มีสาเหตุที่แท้จริงมาจากเชื้อปรสิตในยุง นอกจากนี้กรุงโรมในอดีตเมื่อ 700 ปีก่อน ก็เคยถูกคุกคามด้วยโรคมาลาเรีย จนกระทั่งทางรัฐบาลต้องออกกฎให้กำจัดแหล่งน้ำเน่าในเมืองให้หมด ชาวโรมันในสมัยนั้นจึงได้ตั้งชื่อโรคร้ายนี้ว่า มาลาเรีย (malaria) ซึ่งมาจากการสนธิคำว่า "mal" ที่แปลว่า "เสีย" กับคำว่า "aria" ที่แปลว่า "อากาศ" เพราะในสมัยนั้นเชื่อว่าอากาศเสีย คือ สาเหตุที่ทำให้คนเป็นโรคนี้

ในปี พ.ศ.2423 Charles-Louis-Alphonse Laveran แพทย์ทหารชาวฝรั่งเศสซึ่งขณะนั้นทำงานอยู่ที่ประเทศ Algeria ได้สังเกตเห็นเชื้อมาลาเรียในเลือดของคนป่วย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ แต่เขาไม่รู้ว่าเชื้อโรคที่เห็นนั้นมาจากแหล่งใด อย่างไรก็ตาม ความลึกลับเกี่ยวกับที่มาของโรคมาลาเรียได้ถูกเปิดเผยเป็นครั้งแรกโดย Giovanni Battista Grassi นักชีววิทยาชาวอิตาเลียนพบยุงก้นปล่องตัวเมีย (*Anopheles spp.*) และในขณะเดียวกัน Ronald Ross นักจุลชีววิทยาชาวอังกฤษ ซึ่งขณะนั้นทำงานอยู่ที่โรงพยาบาล Hyderabad ในประเทศอินเดีย เมื่อ Ross สามารถพิสูจน์ได้ว่าเชื้อพยาธิที่ Laveran เห็นนั้นมาจากการที่คนถูกยุงก้นปล่องกัด การค้นพบนี้ทำให้ Ross ได้รับรางวัลโนเบล สาขาการแพทย์

รูปที่ 2.1 Ronald Ross นักจุลชีววิทยาชาวอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การแพร่โรคมาลาเรีย

1. การแพร่ในธรรมชาติ (natural transmission) เกิดจากการถูกยุงกัด เป็นวิธีหลัก
2. การแพร่โดยบังเอิญ (accidental transmission) เช่น การถ่ายเลือด, การใช้เข็มฉีดยาร่วมกันในผู้เสพยาเสพติด
3. การแพร่ผ่านทางรก (congenital transmission) พบน้อยมาก
4. การแพร่โดยเจตนา (deliberate transmission)

2.1.2 ยุงพาหะนำโรคมาลาเรีย

ยุงพาหะนำโรคมาลาเรีย ในประเทศไทย คือ ยุงก้นปล่อง (*Anopheles spp.*) ที่เรียกอย่างนี้เพราะเวลาที่ยุงกัดคน มันจะเกาะโดยยกก้นขึ้นทำมุมกับผิวหนัง 45 องศา

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเกาะของ ยุงก้นปล่องขณะดูดกินเลือด

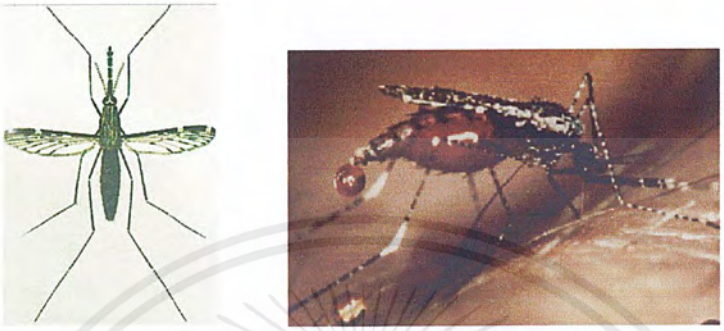
ยุงก้นปล่อง ที่เป็นพาหะหลักของการนำเชื้อโรคมาลาเรียที่สำคัญ ได้แก่

1. *Anopheles dirus*
2. *Anopheles minimus*
3. *Anopheles maculates*
4. *Anopheles sundaicus*

1. ***Anopheles dirus*** ลักษณะของปาก (proboscis) จะยาวเกือบเท่ารยางค์ปาก (maxillary palpi) และ ส่วนปลายอก (scutellum) จะโค้งเรียบไม่มีรอยหยัก ส่วนขาจะขาลายทั้ง 3 คู่ ข้อต่อระหว่างขาคู่หลังตรงส่วน Tibia และ Tarsi จะมีปื้นขาวยาวมาก เห็นได้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Anopheles Dirus พบในป่าทึบชอบออกไข่ตามแอ่งน้ำนิ่งขังตามธรรมชาติ ลักษณะนิสัยชอบกินเลือดคนมาก ไม่ชอบกินเลือดสัตว์อื่นออกหากินตอนกลางคืนถึงเช้ามืด แต่ถ้าป่าทึบมาก ๆ ก็หากินช่วงกลางวันด้วย ยุงชนิดนี้เป็นชนิดที่มีความสามารถในการแพร่เชื้อมาลาเรียมากกว่ายุงพาหะชนิดอื่นในประเทศไทย



รูปที่ 2.3 ยุงก้นปล่อง *Anopheles dirus*

2. *Anopheles minimus* ลักษณะปาก รยางค์ปากและส่วนปลายของอกคล้าย *Anopheles dirus* แต่ส่วนของปากและขาดำตลอด *Anopheles minimus* พบตามชายป่าชอบวางไข่ในลำธารน้ำใสไหลเอื่อย ๆ ยุง *Anopheles spp.* จะชอบออกไข่ในน้ำนิ่ง

รูปที่ 2.4 ยุงก้นปล่อง *Anopheles minimus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. *Anopheles maculatus* ลักษณะปาก รยางค์ปากและส่วนปลายของอกคล้าย *Anophelesdirus* แต่ลักษณะของขาจะลายทั้ง 3 คู่ ขาคู่หลังจะมีปื้นขาวที่ส่วนปลาย

รูปที่ 2.5 ยุงก้นปล่อง *Anopheles maculatus*

4. *Anopheles sundaicus* ลักษณะปาก รยางค์ปาก และส่วนปลายของอกคล้าย *Anopheles dirus* แต่ลักษณะของขาทุกขาจะมีจุดขาวเป็นกระ ไม่มีปื้นขาวเลย ยุงมีปากที่เป็นท่อแหลมสำหรับดูดเลือดจากคนเพื่อเอาโปรตีนไปสร้างไข่ ยุงตัวเมียมักออกหาเหยื่อเวลากลางคืน โดยใช้ปากที่มีลักษณะเป็นท่อเจาะผิวหนังเพื่อดูดกินเลือด กระบวนการนี้ตามปรกติจะดำเนินไปโดยเหยื่อไม่รู้ตัว เนื่องจากยุงจะปล่อยน้ำลายออกมา เพื่อทำหน้าที่เป็นยาชา ทำให้คนถูกกัดไม่รู้สึกเจ็บ ซึ่งน้ำลายนี่เองที่มีเชื้อมาลาเรีย โดยยุงได้เชื้อนี้จากคนที่มันไปกัดมาก่อน

รูปที่ 2.6 ยุงก้นปล่อง *Anopheles sundaicus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สาเหตุของการเกิดโรคมาลาเรีย

โรคมาลาเรียในคนเกิดจากเชื้อปรสิต plasmodium 4 ชนิด ได้แก่ *Plasmodium falciparum Plasmodium vivax, Plasmodium malariae* และ *Plasmodium ovale* โดยมียุงก้นปล่องเป็นพาหะนำโรค วงจรชีวิตของเชื้อมาลาเรียซึ่งมียุงก้นปล่องที่เป็นพาหะนั้น จะมีเชื้อมาลาเรียซึ่งอยู่ในระยะที่เป็นตัวอ่อนเรียกว่า สปอโรซอยต์ (sporozoite) อยู่ในต่อมน้ำลาย เมื่อมากัดคนก็จะปล่อยสปอโรซอยต์เข้าสู่กระแสโลหิต และเข้าสู่เซลล์ตับภายใน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเพิ่มขนาดสร้างออร์กาเนลต่าง ๆ และแบ่งนิวเคลียสหลายครั้งได้เป็นเมอร์โรซอยต์ (merozoite) สปอโรซอยต์ ของ *Plasmodium vivax* และ *Plasmodium ovale* บางส่วนเมื่อเข้าสู่เซลล์ตับแล้วจะหยุดพักการเจริญชั่วขณะ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการไข้กลับ (relapse) ในผู้ป่วยเรียกระยะการหยุดพักนี้ว่า ฮิปโนซอยต์ (hypnozoite) เมอร์โรซอยต์จะออกจากเซลล์ตับเข้าสู่เม็ดเลือดแดง และกินฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงเป็นอาหารโดยใช้กระบวนการ pinocytosis เมอร์โรซอยต์จะเจริญแบ่งตัวในเม็ดเลือดแดงเป็น 4 ระยะ ได้แก่

1. ระยะ Ring form
2. ระยะ Trophozoite
3. ระยะ Schizont
4. ระยะ Gametocyte

จากนั้นเมอโรซอยต์จะแตกออกจากเม็ดเลือดแดง และเป็นอิสระในกระแสโลหิตชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่ เป็นการเพิ่มจำนวนเชื้อมาลาเรียอย่างรวดเร็ว เมอร์โรซอยต์บางตัวจะเจริญไปเป็นเชื้อระยะมีเพศเรียกว่า แกมีโตไซต์(gametocyte) ซึ่งมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย เมื่อยุงก้นปล่องมากัดคนจะได้ แกมีโตไซต์ เข้าไปอยู่ในกระเพาะอาหารแล้วจะเจริญเติบโตและสืบพันธ์ได้เป็น ไซโกต (Zygote) ไซโกตจะเจริญและแบ่งตัวได้เป็น สปอโรซอยต์จำนวนมากและเคลื่อนออกจากกระเพาะอาหารเข้าสู่ต่อมน้ำลายของยุงพร้อมที่จะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสโลหิตของคนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประเภทของเชื้อมาลาเรีย

1. **ฟัลซิพารัมมาลาเรีย (*Plasmodium falciparum*)** เป็นมาลาเรียชนิดที่รุนแรงและเป็นอันตรายมากที่สุด จึงมีชื่อว่า "malignant malaria" ผู้ที่ได้รับเชื้อนี้เข้าไปและไม่ได้รับการรักษาจะมีอาการรุนแรงเกิดเป็นมาลาเรียขึ้นสมองได้ แต่ถ้าได้รับการรักษาและหายจากโรคแล้วมักจะหายเป็นปกติ โดยไม่มีอาการอื่นหลงเหลืออีกเลย ผู้ป่วยฟัลซิพารัมมาลาเรียจะเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้บ่อย เช่น เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ เกิดภาวะความเป็นกรดเกิน (metabolc acidosis) และเสียชีวิตจากปอดบวมน้ำหรือไตวายได้ผู้ป่วยฟัลซิพารัมมาลาเรีย ในระยะแรกของโรคจะมีอาการไข้ ปวดเมื่อยตามตัว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องหรือท้องเดิน บางคนอาจมีไอหรือลักษณะคล้ายไข้หวัดได้ใน 4 – 5 วันแรกของโรคไข้จะสูงลอยตลอดเวลา เนื่องจากการแตกของเม็ดเลือดแดงแต่ละชุดไม่พร้อมกัน แต่หลังจากเชื้อมาลาเรียเจริญอยู่ในระยะเดียวกันแล้ว เม็ดเลือดแดงจะแตกพร้อมกันทุก 48 ชั่วโมงจึงให้ชื่อว่า tertain malaria ผู้ป่วยอาจซีดและเหลือง ตับ ม้ามโต

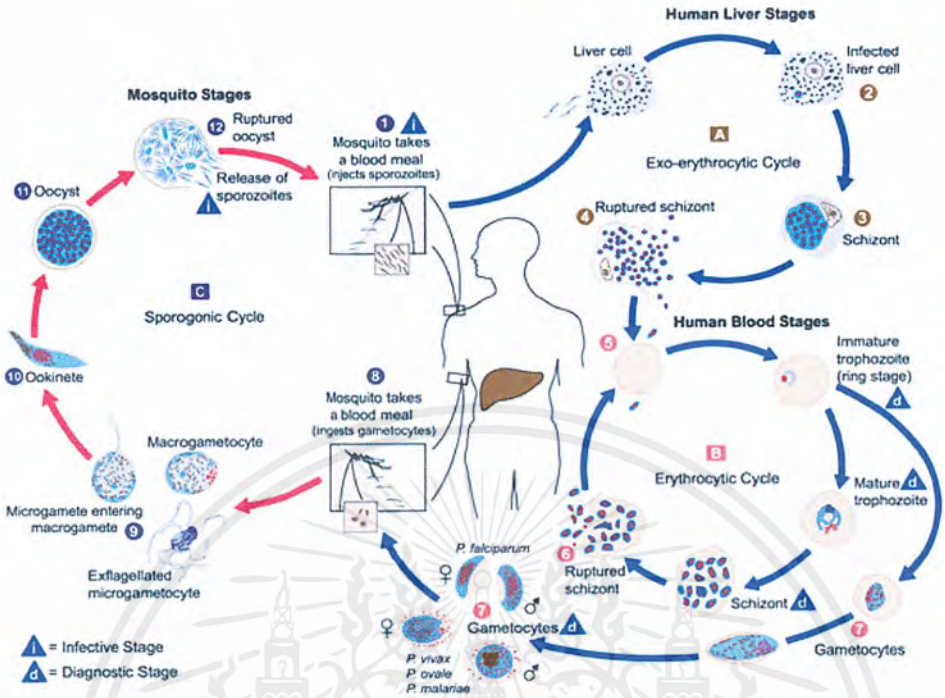
2. **ไวแวกซ์มาลาเรีย (*Plasmodium vivax*)** ผู้ป่วยที่เป็นไวแวกซ์มาลาเรียมักจะไม่เสียชีวิต จึงมีชื่อว่า "benign tertain malaria" แต่ผู้ป่วยจะเป็นโรคซ้ำอีก อาการของผู้ป่วยไวแวกซ์มาลาเรีย จะมีลักษณะคล้ายกับ ฟัลซิพารัมมาลาเรีย แต่จะพบหนาวสั่นได้บ่อยกว่า และขณะเกิดหนาวสั่น มักมีอาการปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อมาก ผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการรักษาอาการไข้จะค่อย ๆ ทุเลาและหายได้ แต่จะเป็นซ้ำได้อีกภายใน 2 ปี นานที่สุด 8 ปี

3. **โอวัลเล่มาลาเรีย (*Plasmodium ovale*)** อาการของผู้ป่วยที่ติดเชื้อชนิดโอวัลเล่ จะมีลักษณะคล้ายกับไวแวกซ์มาลาเรีย แต่จะมีอาการน้อยกว่า และมีเชื้อกลับเป็นซ้ำน้อยกว่า ถ้าไม่ได้รับการรักษาอาการไข้จะทุเลาและหายไปได้เอง แต่เป็นซ้ำได้อีกภายใน 1 ปีนานที่สุด 5 ปี

4. **มาลาริอีมาลาเรีย (*Plasmodium malariae*)** เชื้อมาลาริอีมาลาเรีย จะทำให้เกิดมีไข้หนาวสั่นวันเว้น 3 วัน คือ มีไข้วันที่ 1 แล้วสบายอยู่ 3 วัน วันที่ 4 จึงมีไข้อีก จึงเรียกว่า "quartan malaria" ผู้ป่วยมักไม่มีอาการรุนแรงและกว่าจะเกิดอาการไข้อาจใช้เวลานานเป็นปี เชื้อมาลาริอีอยู่ในคนได้เป็นเวลานานหลายปี มีรายงานนานถึง 53 ปี เชื้อนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิด nephrotic syndrome ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 วงจรชีวิตของมาลาเรีย



รูปที่ 2.7 วงจรชีวิตของมาลาเรีย

วงจรชีวิตของมาลาเรียแบ่งออกเป็น 2 แบบ อธิบายโดยใช้ตัวอักษรกำกับคือ C หมายถึง วงจรชีวิตของเชื้อในยุง A , B หมายถึง วงจรชีวิตของเชื้อที่อยู่ในคน

ในส่วนที่เกิดขึ้นในคนนั้นยังแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือ

1. ระยะที่เกิดขึ้นในเซลล์ตับ (liver parenchymal cells หรือ hepatocytes)

เมื่อยุงก้นปล่องที่มีเชื้อมาลาเรียระยะติดต่อที่เรียกว่าสปอร์โรซอยต์ (sporozoites) กัดดูดเลือดคนสปอร์โรซอยต์ จะเข้าสู่คนโดยปะปนมากับน้ำลายของยุงเข้าสู่กระแสเลือด และหลังจากนั้นประมาณครึ่งชั่วโมง มันจะเข้าไปอยู่ในเซลล์ตับและมีการเจริญเติบโตแบ่งตัวเพิ่มจำนวนขึ้นมากมาย เรียกระยะนี้ว่า ระยะไซซอนท์ (schizont) ต่อมาประมาณ 8-15 วัน ไซซอนต์ที่แตกต่างจะปล่อยเมอโรซอยต์เข้าสู่กระแสเลือดเจริญเติบโตต่อไปในเม็ดเลือดแดง

ในเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์ และ เชื้อโอวัลเล สปอร์โรซอยต์บางตัวจะเจริญอย่างช้าๆ เรียกว่า hypnozoites ใช้เวลานานหลายเดือนกว่าจะได้ เมอโรซอยต์ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการไข้กลับ (relapses) โดยปกติระยะเวลาในการเจริญของเชื้อมาลาเรียตั้งแต่ สปอร์โรซอยต์ จนกลายเป็นเมอโรซอยต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระยะที่เกิดขึ้นในเม็ดเลือดแดง เรียกว่า erythrocytic schizogony หรือ blood scizogony เมื่อเมอโรซอยต์เข้าไปในเม็ดเลือดแดงจะเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป

2.1.6 อาการ และอาการแสดงของโรคมาลาเรีย

อาการ และอาการแสดงของโรคมาลาเรียไม่มีลักษณะพิเศษบ่งเฉพาะ โดยมากจะมีอาการนำคล้ายกับคนเป็นไข้หวัด คือ มีไข้ต่ำๆ ปวดศีรษะ ปวดตามตัว และกล้ามเนื้อ อาจมีอาการคลื่นไส้เบื่ออาหารได้ อาการนี้จะเป็นเพียงระยะสั้นเป็นวันหรือหลายวันได้ ขึ้นอยู่กับระยะฟักตัวของเชื้อชนิดของเชื้อ จำนวนของสปอโรซอยต์ที่ผู้ป่วยได้รับเข้าไปภาวะภูมิต้านทานต่อเชื้อมาลาเรียของผู้ป่วย ภาวะที่ผู้ป่วยได้รับยาป้องกันมาลาเรียมาก่อน หรือได้รับยารักษามาลาเรียมาบ้างแล้ว อาการไข้ซึ่งเป็นอาการที่เด่นชัดของมาลาเรียประกอบด้วย 3 ระยะคือ

1. ระยะสั่น ผู้ป่วยจะมีอาการหนาวสั่น ปากและตัวสั่น ซีด ผิวหนังแห้งหยาบ อาจจะเกิดขึ้นนาน ประมาณ 15 – 60 นาที ระยะนี้ตรงกับการแตกของเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อมาลาเรีย

2. ระยะร้อน ผู้ป่วยจะมีไข้สูง อาจมีอาการคลื่นไส้อาเจียนร่วมด้วย หน้าแดง ระยะนี้ใช้เวลา 2 – 6 ชั่วโมง

3. ระยะเหงื่อออก ผู้ป่วยจะมีเหงื่อออกจนชุ่มที่นอน หลังจากระยะเหงื่อออก จะมีอาการอ่อนเพลีย ไข้ลด ปัจจุบันนี้จะพบลักษณะทั้ง 3 ระยะ ได้น้อยมาก ผู้ป่วยจะมีไข้สูงลอยตลอดเวลา โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เป็นมาลาเรียครั้งแรก เนื่องจากในระยะแรกของการติดเชื้อมาลาเรีย เชื้ออาจเจริญถึงระยะแก่ไม่พร้อมกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากได้รับเชื้อในเวลาต่างกัน เชื้อจึงเจริญในเม็ดเลือดแดงไม่พร้อมกัน ทำให้เกิดมีเชื้อหลายระยะ การแตกของเม็ดเลือดแดงจึงไม่พร้อมกัน ผู้ป่วยมาลาเรียในระยะแรกอาจมีไข้สูงลอยตลอดวันแต่เมื่อผ่านไประยะหนึ่งแล้ว การแตกของเม็ดเลือดแดงเกิดขึ้นพร้อมกัน จะเห็นผู้ป่วยมีการจับไข้หนาวสั่นเป็นเวลา แยกได้ชัดเจนตามชนิดของเชื้อมาลาเรีย เชื้อไวแวกซ์ ฟัลซิพารัม และโอวัลเล่ ใช้เวลาในการแบ่งตัว 48 ชั่วโมง จึงทำให้เกิดไข้ทุกวันที่ 3 ส่วนมาลาริอีใช้เวลา 72 ชั่วโมง อาการไข้จึงเกิดทุกวันที่ 4 ภายหลังที่เป็นมาลาเรียได้ระยะหนึ่ง จะตรวจพบว่าผู้ป่วยซีด บางคนมีตัวเหลือง ตาเหลือง ตับและม้ามโต บางรายกดเจ็บ ถ้าเม็ดเลือดแดงแตกมากๆ จะพบว่าผู้ป่วยมีปัสสาวะดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 การจับไข้ของโรคมาลาเรีย

มี 4 ลักษณะ ดังนี้

1. การจับไข้ครั้งแรก (Primary attack) หลังจากระยะฟักตัว

2. การเกิดอาการไข้กลับของโรคมาลาเรีย (Relapse) โดยพบเชื้อมาลาเรียในเลือดอีกหลังจากที่หายจากการเป็นไข้แล้ว ทั้งที่ไม่ได้รับเชื้อใหม่อีกเลย อาการไข้กลับชนิดนี้พบได้ในผู้ที่ติดเชื้อมาลาเรียชนิดไวแวกซ์ (*P. vivax*) และโอวาเล่ (*P. ovale*) เพราะมาลาเรียทั้งสองชนิดนี้มีเชื้อระยะหลบพัก (hypnozoite) ซึ่งสามารถหลบซ่อนอยู่ในเซลล์ตับและเจริญเติบโตขึ้น แล้วเข้าสู่เม็ดเลือดแดงอีก ทำให้เกิดอาการไข้กลับมาอีกครั้ง ส่วนเชื้อ ฟัลซิปารัม (*P. falciparum*) และมาลาริอี (*P. malariae*) ไม่มีเชื้อระยะดังกล่าว จึงไม่มีอาการไข้กลับ โดยทั่วไปแล้วอาการไข้กลับมักรุนแรงน้อยกว่า และระยะเวลาเป็นก็สั้นกว่าการเป็นไข้มาลาเรียในตอนแรก

3. Recrudescence เป็นอาการไข้กลับที่เกิดจากระยะเชื้อในเม็ดเลือดแดงของเชื้อมาลาเรียถูกกำจัดไม่หมดเมื่อเป็นมาลาเรียในตอนแรก เชื้อที่เหลืออยู่จึงเจริญเพิ่มจำนวนขึ้น ผู้ป่วยจึงกลับเป็นไข้ได้อีกส่วนใหญ่เชื้อมาลาเรียจะอยู่ได้ไม่เกิน 1 ปี ในเชื้อชนิดฟัลซิปารัม (*P. falciparum*) ส่วนมาลาริอี (*P. malariae*) ก็มี Recrudescence ได้และอาจเกิดได้หลังครั้งแรกหลายปี

4. Reinfection คือ การเกิดอาการไข้ของโรคมาลาเรียโดยได้รับเชื้อใหม่ไม่ใช่เชื้อที่หลงเหลือค้างจากการรับเชื้อและป่วยครั้งก่อน

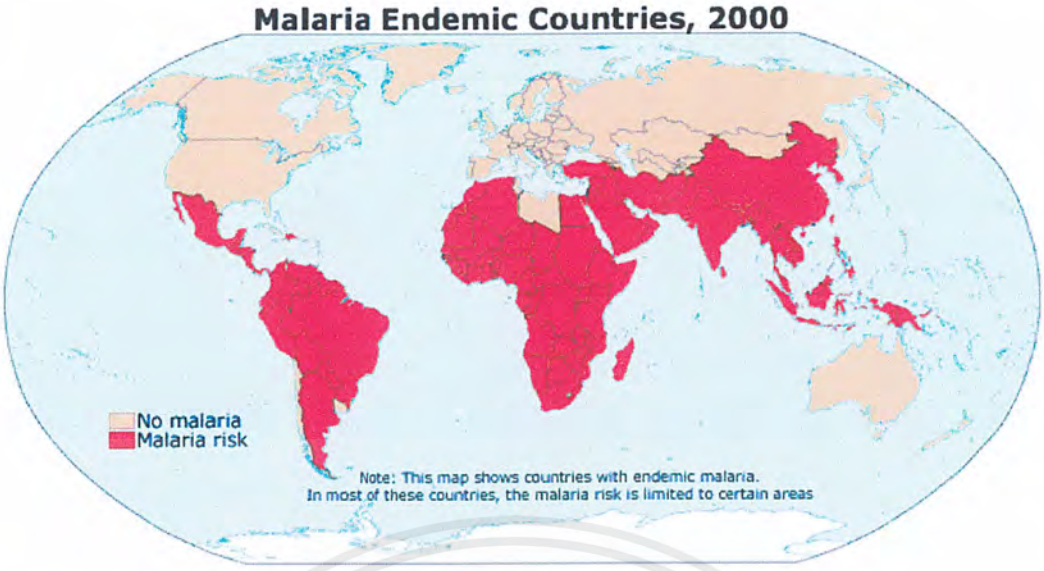
2.1.8 วัคซีนป้องกันโรคมาลาเรีย

ขณะนี้ยังไม่มีวัคซีนที่สามารถป้องกันโรคมาลาเรียได้อย่างแท้จริง

2.1.9 แหล่งเสี่ยงต่อมาลาเรีย

ประเทศไทยพบได้ทุกภาค โดยเฉพาะเขตป่าเขาและมีน้ำไหล เขตชายแดนติดต่อกับประเทศพม่า ลาว มาเลเซีย และกัมพูชาก็พบมากและมักจะเป็นเชื้อดื้อยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แหล่งที่พบเชื้อมาลาเรีย

มาลาเรียมีการกระจายอย่างกว้างขวาง ระหว่างเส้นรุ้งที่ 64 องศาเหนือ จนถึงเส้นรุ้งที่ 32 องศาใต้ ขึ้นกับอุณหภูมิของบรรยากาศและระดับความสูงจากน้ำทะเล โดยเฉลี่ยจะพบเชื้อมาลาเรียที่อุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส (68 องศาฟาเรนไฮต์) การกระจายของเชื้อมาลาเรีย ทั้ง 4 ชนิดมีดังต่อไปนี้

1. **พลาสโมเดียม ฟัลซิปารัม (*Plasnodium falciparum*)** พบทั่วไปบริเวณเขตร้อน และเขตอบอุ่น แต่จะไม่พบเชื้อชนิดนี้ในช่วงฤดูร้อน ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 21.1 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮต์) โดยพบมากในเขตร้อนของแอฟริกา อเมริกา และเอเชีย สำหรับในประเทศไทยนั้นพบได้ทั่วประเทศโดยเฉพาะบริเวณชายแดน

2. **พลาสโมเดียม ไวแวกซ์ *Plasnodium vivax*)** มีการแพร่กระจายเป็นอาณาบริเวณกว้างมากคือ สำหรับทวีปแอฟริกาพบน้อย ส่วนในประเทศไทยพบมากบริเวณภาคใต้

3. **พลาสโมเดียม มาลาริอี (*Plasnodium malariae*)** มีจำกัดไม่แพร่หลายนัก มีในแอฟริกากลางและตะวันตก ศรีลังกาและบางส่วนของมาเลเซีย

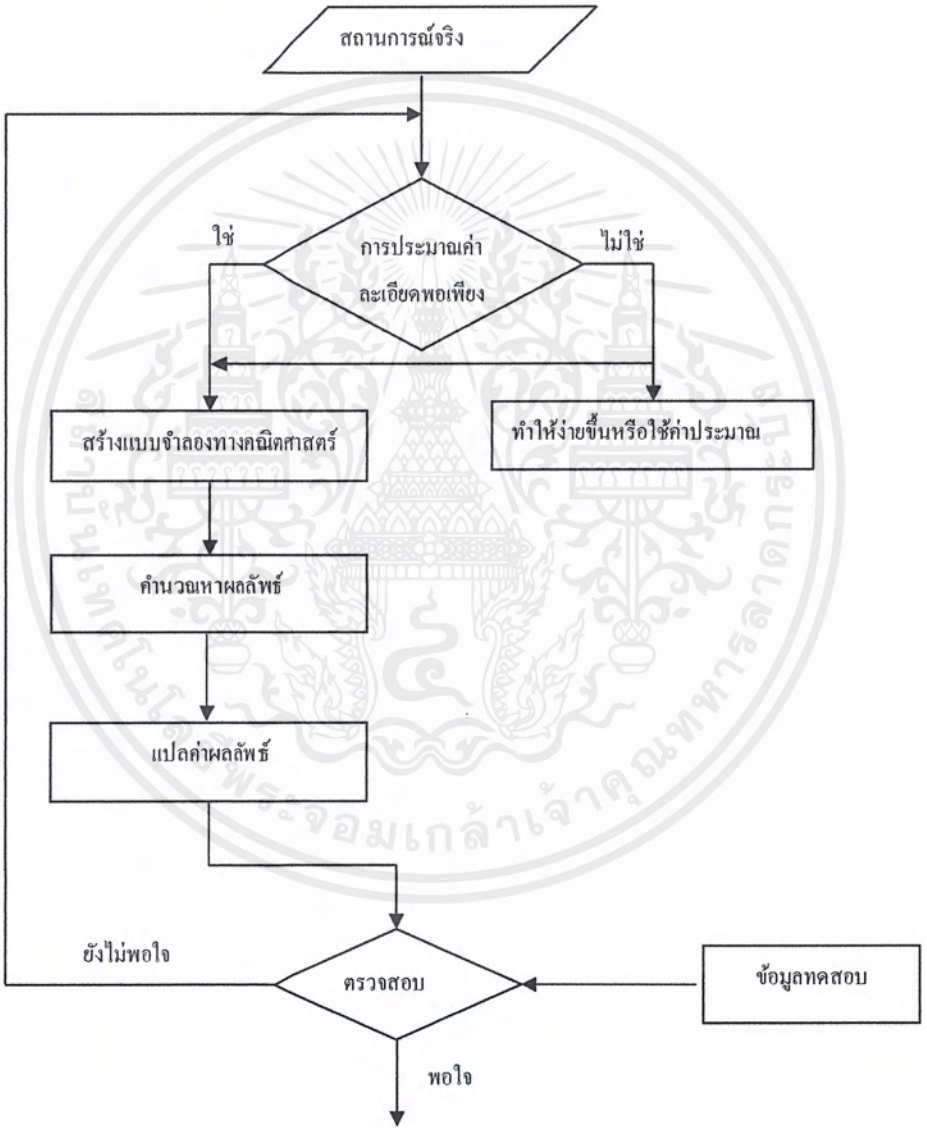
4. **พลาสโมเดียม โอวาเล่ (*Plasnodium ovale*)** มีมากในแอฟริกาตะวันตก มีรายงานพบในฟิลิปปินส์ บอร์เนียว เซลีเบส หมู่เกาะโมลุกกะ ออสเตรเลียเหนือ หมู่เกาะโซโลมอน และนิวฮิบิติส สำหรับประเทศไทยพบน้อยมากเพียงปีละ 1-2 ราย และมักพบบริเวณจังหวัดชายแดนซึ่งมีมาลาเรียชุกชุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10 แหล่งที่พบโรคมาลาเรีย

โรคนี้จะพบมากในเขตที่มีอุณหภูมิเหมาะสมที่ทำให้เชื้อแบ่งตัวได้แก่ เขตร้อน แต่การกระจายของเชื้อโรคอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโลกมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น และการเคลื่อนย้ายของประชากร สำหรับประเทศไทยจะพบเชื้อได้ทั่วไป เชื้อมีมากในป่าเขาลำเนาไพรและตามชายแดน

2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 2.9 แสดงกระบวนการคิดของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือแนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานในหลายลักษณะดังนี้

1. เป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมที่ต้องทำอะไรบ้างและทำอะไรก่อนอะไรหลัง

2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของปัญหาที่เราสนใจ และช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรมปัญหาและการแก้ปัญหาที่สนใจได้

3. เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) จากการที่แบบจำลองจะช่วยให้พฤติกรรมของปัญหา ก็จะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของแบบจำลองเกิดขึ้น จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับสถานการณ์ที่เราสนใจ

4. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งซึ่งสร้างขึ้นแทนปัญหาที่เราสนใจจริง ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆ กับระบบงานจริงแต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆ มาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆไปใช้กับสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงได้หรือไม่

2.3 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ (Steady State Solution)

พิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบดังนี้

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dX_1}{dt} &= F_1(X_1, X_2, X_3, ..., X_n) \\
\frac{dX_2}{dt} &= F_2(X_1, X_2, X_3, ..., X_n) \\
&\vdots \\
\frac{dX_n}{dt} &= F_n(X_1, X_2, X_3, ..., X_n)
\end{aligned}\right\} \qquad (2.3.1.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเฉลยของความเสถียรของระบบสมการนี้ สามารถหาได้จากการจัดให้ด้านขวาของสมการทุกสมการของ (2.3.1.1) เป็นศูนย์ นั่นก็คือ

$$\left.\begin{aligned} F_1(X_1, X_2, X_3, ..., X_n) &= 0 \\ F_2(X_1, X_2, X_3, ..., X_n) &= 0 \\ &\vdots \\ F_n(X_1, X_2, X_3, ..., X_n) &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.3.1.2)$$

2.4 ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด (Recurrence relations)

ความสัมพันธ์เวียนบังเกิดสำหรับลำดับ $a_0, a_1, a_2, ..., a_n$ คือ สมการที่แสดงโดยต้องคำนวณลำดับที่มาก่อน ($a_0, a_1, a_2, ..., a_{n-1}$) โดยสมการดังกล่าวต้องมีเงื่อนไขเริ่มต้นที่แน่นอน

2.4.1 ประเภทของความสัมพันธ์เวียนบังเกิด

เราสามารถจำแนกประเภทของความสัมพันธ์เวียนบังเกิดที่ได้ตามคุณสมบัติ 4 ประการของความสัมพันธ์ ดังนี้

1. อันดับ (Order) ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด $a_n = f(a_{n-1}, a_{n-2}, a_{n-3}, ..., a_{n-k})$ เป็นแบบอันดับ k ก็ต่อเมื่อตัวย้อนกลับไกลสุดที่ต้องใช้ในการบรรยาย a_n คือ ตัว a_{n-k} และความสัมพันธ์เวียนบังเกิดจะจัดอยู่ในรูปแบบ

$$a_n = c_1 a_{n-1} + c_2 a_{n-2} + c_3 a_{n-3} + ... + c_n a_{n-k} \quad \text{เมื่อ} \quad c_1, ..., c_n \neq 0$$

สังเกตว่า สมการความสัมพันธ์เวียนบังเกิดเอกพันธ์เชิงเส้นอันดับ k ที่มีสัมประสิทธิ์คงที่ สมการดังกล่าวนี้เมื่อรวมกับเงื่อนไขเริ่มต้น k ค่า $a_0 = c_0, a_1 = c_1, ..., a_{k-1} = c_{k-1}$ จะให้ลำดับ $a_0, a_1, a_2, ..., a_n$ เพียงชุดเดียว

<u>ตัวอย่างเช่น</u> $a_n = 3a_{n-1} + n^2 a_{n-3}$

เป็นความสัมพันธ์เวียนบังเกิดอันดับสาม เนื่องจากใช้พจน์ย้อนกลับไกลสุดคือ a_{n-3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเป็นเชิงเส้น (linear/non-linear) ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด $a_n = f(a_{n-1}, a_{n-2}, a_{n-3}, ..., a_{n-k})$ จะเป็นแบบเชิงเส้น (linear recurence) ก็เมื่อฟังก์ชัน f เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวก่อนหน้านี้ในลำดับ

ตัวอย่างเช่น

$a_n = 2a_{n-1}/a_{n-2} + 5$ หรือ $a_n = 2a_{n-1} - a_{n-3} + n^2$ เป็นความสัมพันธ์เวียนบังเกิดเชิงเส้น

ในขณะที่ $a_n = 2a_{n-1} - a_{n-3} + n^2$ เป็นความสัมพันธ์เวียนบังเกิดไม่เชิงเส้น

3. ความเป็นเอกพันธ์ (homogeneous/non- homogeneous) ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด $a_n = f(a_{n-1}, a_{n-2}, a_{n-3}, ..., a_{n-k})$ เป็นความสัมพันธ์เวียนบังเกิดเอกพันธ์ก็เมื่อ $f(0,0,...,0) = 0$ หรือกล่าวว่าทุกๆพจน์ของความสัมพันธ์ต้องมี a_i ประกอบอยู่ด้วย

ตัวอย่างเช่น

$a_n = 2a_{n-1} + a_{n-3}$ เป็นเอกพันธ์

ในขณะที่ $a_n = 2a_{n-1} + a_{n-3} + 1$ ไม่เป็นเอกพันธ์

4. ค่าสัมประสิทธิ์ ในที่นี้เราสนใจว่าสัมประสิทธิ์ที่คูณกับพจน์ที่มี a_i ทั้งหลายในความสัมพันธ์เวียนบังเกิดนั้นเป็นค่าคงตัวหรือไม่

ตัวอย่างเช่น

$a_n = 2a_{n-1} + a_{n-3}$ เป็นความสัมพันธ์เวียนบังเกิดที่สัมประสิทธิ์เป็นค่าคงตัว

ในขณะที่ $a_n = na_{n-1} + a_{n-3}$ มีสัมประสิทธิ์เป็นค่าไม่คงตัว

เราจำแนกความสัมพันธ์เวียนบังเกิดตามคุณสมบัติสี่ข้อข้างต้นนี้ก็เพราะว่ามีความสัมพันธ์เวียนบังเกิดสองประเภทหลักที่ใช้คุณสมบัติสี่ข้อนี้ในการบรรยาย ที่สามารถหาผลเฉลยได้เสมอ

111836
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างประเภทของความสัมพันธ์เวียนบังเกิดที่มักพบบ่อย

ประเภท	ตัวอย่างเช่น
• first - order	
linear	$a_n = na_{n-1} - 1$
non linear	$a_n = 1/(1+a_{n-1})$
• second – order	
linear	$a_n = a_{n-1} + 2a_{n-2}$
non linear	$a_n = a_{n-1}a_{n-2}$
constant coefficients	$a_n = 4a_{n-1} + 2a_{n-2}$
variable coefficients	$a_n = na_{n-1} + (n-1)a_{n-2} + 1$
• k – th order	$a_n = f(a_{n-1}, a_{n-2}, a_{n-3}, \ldots, a_{n-k})$

2.5 การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ

การสร้างแบบจำลองสำหรับ โรคติดเชื้อ มีหลายรูปแบบดังนี้

1) แบบจำลอง SIR

2) แบบจำลอง SIRS

3) แบบจำลอง SIRS (โดยที่คำนึงถึงอัตราการเกิดและการตาย)

4) แบบจำลอง SIS

ให้ $N =$ จำนวนประชากรทั้งหมด

$S =$ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากร

$I =$ จำนวนของผู้ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ของประชากร

$R =$ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ของประชากร

โดย β, ν, γ เป็นค่าคงที่ดังนี้

$\beta =$ อัตราของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากรแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (ที่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

$\nu =$ อัตราของผู้ติดเชื้อ (ที่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

$\gamma =$ อัตราของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เปลี่ยนเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\delta =$ อัตราการตายของประชากร

$\alpha =$ อัตราการเกิดของประชากร

เมื่อ βSI คือ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

vI คือ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

γR คือ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

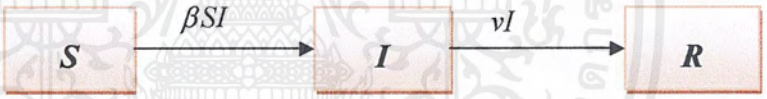
δS คือ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

SI คือ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

δR คือ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิต

αN คือ จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

1) แบบจำลอง SIR



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - vI$$

$$\frac{dR}{dt} = vI$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายรายละเอียดของโมเดลดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= - จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื่อได้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื่อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

= + จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

แสดงการหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 1

จากแบบจำลองที่ 1) **แบบจำลอง SIR**

$$-\beta SI = 0 \tag{2.5.1}$$

$$I(\beta S - \nu) = 0 \tag{2.5.2}$$

$$\nu I = 0 \tag{2.5.3}$$

จาก (2.5.3) จะได้ว่า $I = 0$

แทนค่า $I = 0$ ใน (2.5.2)

$$I(\beta S - \nu) = 0$$

$$\therefore\ I = 0 \text{ หรือ } S = \frac{\nu}{\beta}$$

<u>กรณีที่ 1</u> แทนค่าใน $I = 0$ ใน (2.5.1)

จะได้ว่า $-\beta S(0) = 0$

$\therefore\ S = 0$ หรือ $S \neq 0$

เราทราบแล้วว่า $N = S + I + R$

ถ้า $S = 0$ จะได้ว่า $R = N$

ถ้า $S \neq 0$ จะได้ว่า $S + R = N$

ถ้า $S = N$ แล้ว $R = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่ 2</u> แทนค่า $S=\frac{v}{\beta}$ ใน (2.5.1)

จะได้ว่า $-Iv=0; v\neq 0$

$\therefore\ I=0$

เราทราบแล้วว่า $R=N-S-I$

$$R=N-\frac{v}{\beta}-0$$

$$R=N-\frac{v}{\beta}$$

$\therefore$ จะได้ Steady state

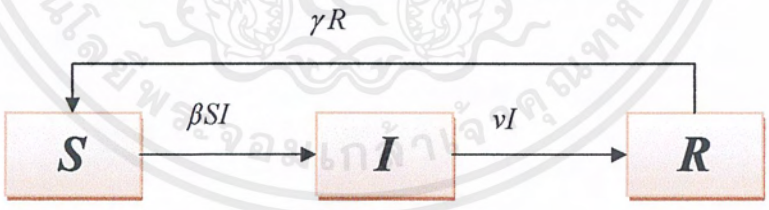
กรณีที่ $I=0$ จะได้ว่า

$$(S,I,R)=(N,0,0)$$

กรณีที่ $S=\frac{v}{\beta}$ จะได้ว่า

$$(S,I,R)=\left(\frac{v}{\beta},0,N-\frac{v}{\beta}\right)$$

2) แบบจำลองของ SIRS



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt}=-\beta SI+\gamma R$$

$$\frac{dI}{dt}=\beta SI-vI$$

$$\frac{dR}{dt}=vI-\gamma R$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= - จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

\+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

\- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

= + จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

\- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

แสดงการหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 2

จากแบบจำลองที่ 2) **แบบจำลอง SIRS**

$$-\beta IS + \gamma R = 0 \tag{2.5.4}$$

$$I(\beta S - v) = 0 \tag{2.5.5}$$

$$vI - \gamma R = 0 \tag{2.5.6}$$

จาก (2.5.6) จะได้ว่า $I = \frac{\gamma R}{v}$

แทนค่า $I = \frac{\gamma R}{v}$ ใน (2.5.5)

$$\frac{\gamma R}{v}(\beta S - v) = 0$$

จะได้ว่า

$$\gamma R = 0 \quad \text{หรือ} \quad \beta S - v = 0$$

$$R = 0 \quad \text{และ} \quad S = \frac{v}{\beta}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่ 1</u> แทนค่า $R=0$ ใน (2.5.4)

จะได้ว่า $-\beta SI+\gamma(0)=0$

$$-\beta SI=0$$

$$\therefore I=0$$

จาก $N=S+I+R$

$$\therefore S=N$$

<u>กรณีที่ 2</u> แทนค่า $S=\frac{v}{\beta}$ ใน (2.5.4)

$$-\beta\left(\frac{v}{\beta}\right)I+\gamma R=0$$

$$-vI+\gamma R=0$$

$$\therefore I=\frac{\gamma R}{v}$$

จาก $N=S+I+R$

$$N=\frac{v}{\beta}+\frac{\gamma R}{v}+R$$

$$\therefore R=N-\frac{v}{\beta}-\frac{\gamma R}{v}$$

$\therefore$ จะได้ Steady state

กรณีที่ $R=0$ จะได้ว่า

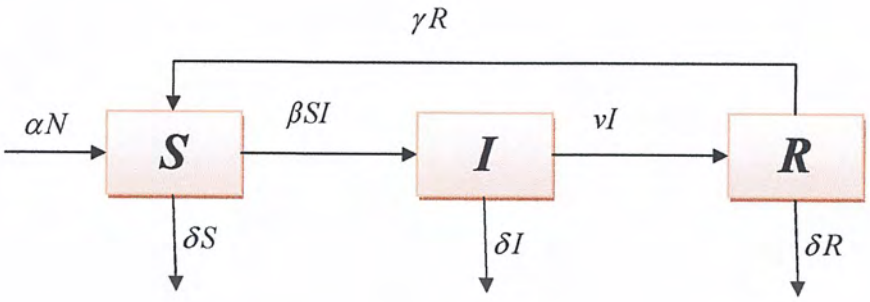
$$(S,I,R)=(N,0,0)$$

กรณีที่ $S=\frac{v}{\beta}$ จะได้ว่า

$$(S,I,R)=\left(\frac{v}{\beta},\frac{\gamma R}{v},N-\frac{v}{\beta}-\frac{\gamma R}{v}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบจำลอง SIRS (โดยที่คำนึงถึงอัตราการเกิดและการตาย)



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = \alpha N - \beta SI + \gamma R - \delta S$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - vI - \delta I$$

$$\frac{dR}{dt} = vI - \gamma R - \delta R$$

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 3

จากแบบจำลองที่ 3) **แบบจำลอง SIRS**

$$\alpha N - \beta IS + \gamma R - \delta S = 0 \tag{2.5.7}$$

$$\beta IS - vI - \delta I = 0 \tag{2.5.8}$$

$$vI - \gamma R - \delta R = 0 \tag{2.5.9}$$

จาก (2.5.9) จะได้ว่า $I = \dfrac{\gamma R + \delta R}{v}$

แทนค่า $I = \dfrac{\gamma R + \delta R}{v}$ ใน (2.5.8)

$$\beta S\left(\frac{\gamma R + \delta R}{v}\right) + v\left(\frac{\gamma R + \delta R}{v}\right) - \delta\left(\frac{\gamma R + \delta R}{v}\right) = 0$$

$$\frac{\beta S\gamma R}{v} + \frac{\beta S\delta R}{v} - \gamma R - \delta R - \frac{\delta\gamma R}{v} - \frac{\delta^2 R}{v} = 0$$

$$R\left(\frac{\beta S\gamma}{v} + \frac{\beta S\delta}{v} - \gamma - \delta - \frac{\delta\gamma}{v} - \frac{\delta^2}{v}\right) = 0$$

$\therefore$ จะได้ $R = 0$ หรือ $\dfrac{\beta S\gamma}{v} + \dfrac{\beta S\delta}{v} - \gamma - \delta - \dfrac{\delta\gamma}{v} - \dfrac{\delta^2}{v} = 0$

$$S\left(\frac{\beta\gamma + \beta S}{v}\right) = \gamma + \delta + \frac{\delta\gamma}{v} + \frac{\delta^2}{v}$$

$$S = \left(\frac{v}{\beta(\gamma + \delta)}\right)\left(\gamma + \delta + \frac{\delta\gamma}{v} + \frac{\delta^2}{v}\right)$$

$$= \frac{\gamma v + \delta(v + \gamma + \delta)}{\beta(\gamma + \delta)}$$

<u>กรณีที่ 1</u> แทนค่า $R = 0$ ใน (2.5.7)

จะได้ว่า $\alpha N - \beta SI - \delta S = 0$

$$\alpha N - S(\beta I + \delta) = 0$$

จาก $N = S + I + R$

$$\therefore N = \frac{\alpha N}{\beta I + \delta} + I + 0$$

$$\therefore I = N - \frac{\alpha N}{\beta I + \delta}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่2</u> แทนค่า $S=\frac{\gamma v+\delta(v+\gamma+\delta)}{\beta(\gamma+\delta)}$ ใน (2.5.7)

$$\alpha N-\beta\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\beta(\gamma+\delta)}\right)I-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\beta(\gamma+\delta)}\right)\delta+\gamma R=0$$

$$\therefore R=\frac{-\alpha N}{\gamma}+\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma(\gamma+\delta)}\right)I+\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma\beta(\gamma+\delta)}\right)\delta$$

จาก $N=S+I+R$

$$I=N-S-R$$

$$\therefore I=N-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\beta(\gamma+\delta)}\right)+\frac{\alpha N}{\gamma}-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma(\gamma+\delta)}\right)I-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma\beta(\gamma+\delta)}\right)\delta$$

$\therefore$ จะได้ Steady state

กรณีที่ $R=0$ จะได้ว่า

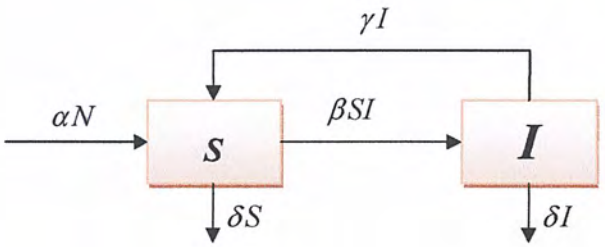
$$(S,I,R)=\left(\frac{\alpha N}{\beta I+\delta},N-\frac{\alpha N}{\beta I+\delta},0\right)$$

กรณีที่ $S=\frac{\gamma v+\delta(v+\gamma+\delta)}{\beta(\gamma+\delta)}$ จะได้ว่า

$$(S,I,R)=\left(\begin{array}{l}\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\beta(\gamma+\delta)}\right),N-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\beta(\gamma+\delta)}\right)+\frac{\alpha N}{\gamma}-\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma(\gamma+\delta)}\right)I \\ -\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma\beta(\gamma+\delta)}\right)\delta,-\alpha N+\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma(\gamma+\delta)}\right)I+\left(\frac{\gamma v+\delta v+\delta\gamma+\delta^2}{\gamma\beta(\gamma+\delta)}\right)\delta\end{array}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แบบจำลอง SIS



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = \alpha N - \beta SI + \gamma I - \delta S$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \delta I - \gamma I$$

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 4

จากแบบจำลองที่ 4) **แบบจำลอง SIS**

$$\alpha N - \beta IS + \gamma I - \delta S = 0 \qquad (2.5.10)$$

$$\alpha N - \beta IS - \gamma I = 0 \qquad (2.5.11)$$

จาก (2.5.11), $I(\beta S - \gamma - \delta) = 0$

$\therefore$ จะได้ $I = 0$ หรือ $\beta S - \gamma - \delta = 0$

$$\therefore S = \frac{\gamma + \delta}{\beta}$$

<u>กรณีที่ 1</u> แทนค่า $I = 0$ ใน (2.5.10)

$$\alpha N - \beta SI + \gamma I - \delta S = 0$$

$$\alpha N - \delta S = 0$$

$$S = \frac{\alpha N}{\delta}$$

จาก $N = S + I + R$ แทนค่า $S = \frac{\alpha N}{\delta}$

จะได้ว่า

$$N = \frac{\alpha N}{\delta} + 0 + R$$

$$N = \frac{\alpha N}{\delta} + R$$

$$R = N - \frac{\alpha N}{\delta}$$

$$\therefore R = N - \frac{\alpha N}{\delta}$$

<u>กรณีที่ 2</u> แทนค่า $S = \frac{\gamma + \delta}{\beta}$ ใน (2.5.10)

$$\alpha N - \beta SI + \gamma I - \delta S = 0$$

$$\alpha N - \beta I\left(\frac{\gamma + \delta}{\beta}\right) + \gamma I - \left(\frac{\gamma + \delta}{\beta}\right)\delta = 0$$

$$\alpha N - (\gamma + \delta) I + \gamma I - \left(\frac{\gamma + \delta}{\beta}\right)\delta = 0$$

$$\alpha N - I(\gamma + \delta - \gamma) - \left(\frac{\gamma + \delta}{\beta}\right)\delta = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-I(\delta) = -\alpha N + \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right)\delta$$

$$-I\delta = -\alpha N + \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right)\delta$$

$$I = \frac{\alpha N}{\delta} - \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right)$$

จาก $N = S + I + R$

$$N = \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right) - \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right) + \left(\frac{\alpha N}{\delta}\right) + R$$

$$N = \left(\frac{\alpha N}{\delta}\right) + R$$

$$R = N - \frac{\alpha N}{\delta}$$

$\therefore$ จะได้ Steady state

กรณีที่ $I = 0$ จะได้ว่า

$$(S, I, R) = \left(\frac{\alpha N}{\delta}, 0, N - \frac{\alpha N}{\delta}\right)$$

กรณีที่ $S = \frac{\gamma+\delta}{\beta}$ จะได้ว่า

$$(S, I, R) = \left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}, -\left(\frac{\gamma+\delta}{\beta}\right) + \frac{\alpha N}{\delta}, N - \frac{\alpha N}{\delta}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แบบจำลองของโรคมาลาเรีย

ก่อนที่จะทำการสร้างแบบจำลองของโรคมาลาเรีย ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลของโรคมาลาเรียดังนี้

3.1 ข้อมูลโรคมาลาเรีย

แบ่งประเทศไทยออกเป็น 4 ภาค ดังนี้

ภาคเหนือ ประกอบด้วย 17 จังหวัด ดังนี้

เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน น่าน แพร่ อุตรดิตถ์ ตาก สุโขทัย พิษณุโลก เพชรบูรณ์ พิจิตร อุทัยธานี กำแพงเพชร นครสวรรค์

ภาคกลาง ประกอบด้วย 26 จังหวัด ดังนี้

กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี นครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุพรรณบุรี สิงห์บุรี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ลพบุรี ชัยนาท อ่างทอง นครนายก ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย 19 จังหวัด ดังนี้

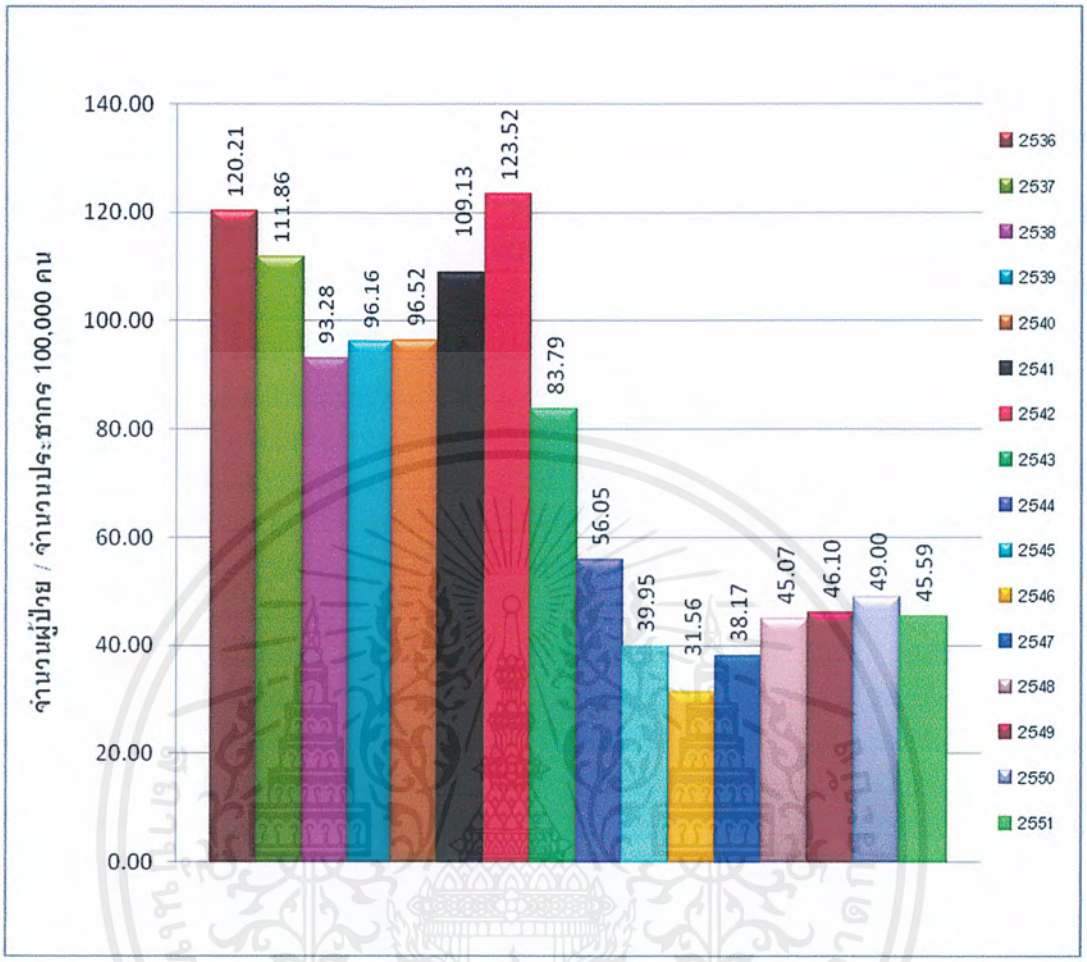
นครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ สกลนคร นครพนม กาฬสินธุ์ หนองคาย มหาสารคาม ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์ เลย ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุดรธานี อุบลราชธานี ยโสธร มุกดาหาร หนองบัวลำภู อำนาจเจริญ

ภาคใต้ ประกอบด้วย 14 จังหวัด ดังนี้

กระบี่ ชุมพร ตรัง นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี พังงา พัทลุง ภูเก็ต ยะลา ระนอง สงขลา สตูล สุราษฎร์ธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟผู้ป่วยโรคมาลาเรียของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 – 2551 ได้กราฟดังนี้

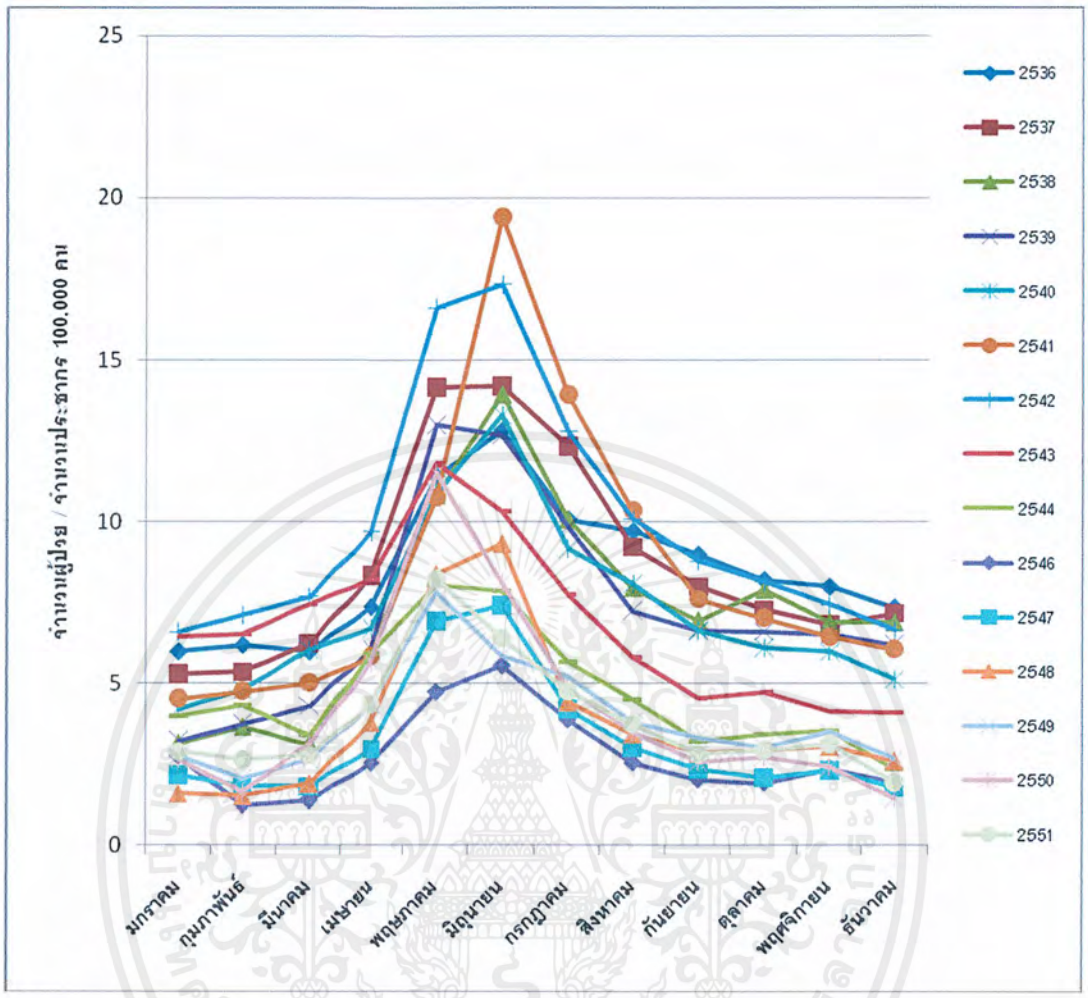


รูปที่ 3.1 กราฟรวม 16 ปีของผู้ป่วยโรคมาลาเรีย

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าโรคนี้มีการระบาดอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 - 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟผู้ป่วยโรคมาลาเรียของแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 – 2551 แยกตามรายเดือนได้กราฟดังนี้



รูปที่ 3.2 กราฟรวม 16 ปีของผู้ป่วยโรคมาลาเรียแบ่งตามรายเดือน

<u>หมายเหตุ</u> ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการพิจารณาการระบาดของโรคมาลาเรียตามรายเดือนในปี พ.ศ. 2545 เนื่องจากกองระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข ไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลตามรายเดือนไว้

จากข้อมูลของผู้ป่วยโรคมาลาเรียรายเดือนในข้างต้นจะสังเกตเห็นได้ว่า จำนวนของผู้ป่วยจะมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม และช่วงเวลาดังกล่าวจัดอยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งเหมาะกับการเจริญเติบโตของยุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แบบจำลองตามรายเดือนสำหรับโรคมาลาเรีย

ในการศึกษานี้เราพิจารณาการสร้างแบบจำลองของประชากรและยุง

ให้

S_{p_i} = จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อสำหรับเดือนที่ i

E_{p_i} = จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ สำหรับเดือนที่ i

I_{p_i} = จำนวนของผู้ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ สำหรับเดือนที่ i

R_{p_i} = จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ สำหรับเดือนที่ i

S_{v_i} = จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ สำหรับเดือนที่ i

E_{v_i} = จำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

I_{v_i} = จำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ สำหรับเดือนที่ i

ประชากรที่ i หมายถึง

i=1 คือ เดือนที่ 1 หมายถึง เดือนมกราคม

i=2 คือ เดือนที่ 2 หมายถึง เดือนกุมภาพันธ์

i=3 คือ เดือนที่ 3 หมายถึง เดือนมีนาคม

.

.

.

i=12 คือ เดือนที่ 12 หมายถึง เดือนธันวาคม

สมมติว่าเราพิจารณาประชากรทั้งหมด 12 กลุ่ม

ให้ความหมายของพารามิเตอร์แต่ละตัวเป็นดังนี้

b_p = อัตราการเกิดของประชากร (เท่ากับอัตราการตายของประชากร d_p)

d_p = อัตราการเสียชีวิตของประชากร

β_p = อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากยุงไปสู่คน

n_p = อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้ง

m_p = อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

l_p = อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

θ_i = อัตราที่ประชากรพัฒนาจากเดือนที่ i ไปสู่เดือนที่ i+1

N_p = จำนวนประชากร (สมมติให้คงที่) $= S_p + E_p + I_p + R_p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K_p = อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และถ่ายทอดเชื้อได้) (เท่ากับ $\frac{1}{II_p}$ เมื่อ II_p คือระยะเวลาของการฟักตัวของเชื้อในตัวคน)

S_p = จำนวนทั้งหมดของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมาลาเรีย

$= S_{p_1} + S_{p_2} + \ldots + S_{p_{12}}$

E_p = จำนวนทั้งหมดของผู้ติดเชื้อมาลาเรียแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$= E_{p_1} + E_{p_2} + \ldots + E_{p_{12}}$

I_p = จำนวนทั้งหมดของผู้ติดเชื้อมาลาเรียและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$= I_{p_1} + I_{p_2} + \ldots + I_{p_{12}}$

S_v = จำนวนทั้งหมดของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมาลาเรีย

$= S_{v_1} + S_{v_2} + \ldots + S_{v_{12}}$

E_v = จำนวนทั้งหมดของยุงที่ติดเชื้อมาลาเรียแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$= E_{v_1} + E_{v_2} + \ldots + E_{v_{12}}$

I_v = จำนวนทั้งหมดของยุงที่ติดเชื้อมาลาเรียและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$= I_{v_1} + I_{v_2} + \ldots + I_{v_{12}}$

R_p = จำนวนทั้งหมดของผู้ฟื้นไข้

$= R_{p_1} + R_{p_2} + \ldots + R_{p_{12}}$

r_p = อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

C_{v_1} = จำนวนยุง ณ เดือนที่ 1

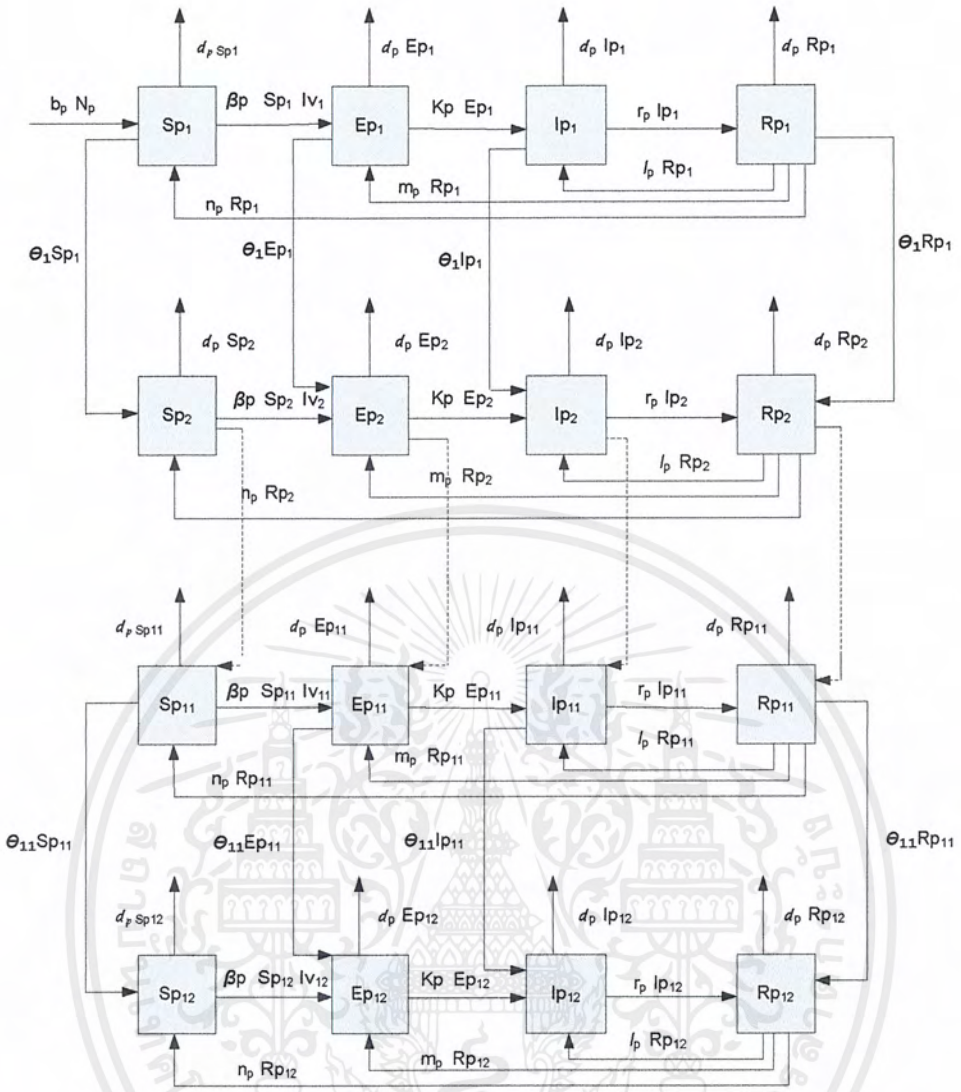
μ_v = อัตราการตายของยุง

β_v = อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากคนไปสู่ยุง

II_v = ระยะฟักตัวของเชื้อในยุง

K_v = อัตราที่ยุงเปลี่ยนสถานะจากยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) (เท่ากับ $\frac{1}{II_v}$ เมื่อ II_v คือระยะเวลาของการฟักตัวของเชื้อในยุง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมาลาเรีย (พิจารณาเดือนที่ 1 ถึง 12)

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

จากแบบจำลอง เครื่องหมายชี้เข้า คือ + , เครื่องหมายชี้ออก คือ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ เดือนที่ 1

= + จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

+ จำนวนของผู้ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเดือนที่ 1

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่พัฒนาจากเดือนที่ 1 ไปเป็นเดือนที่ 2

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิตเดือนที่ 1

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

+ จำนวนของผู้ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิตเดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่พัฒนาจากเดือนที่ 1 ไปเป็นเดือนที่ 2

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ(และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

= + จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

+ จำนวนของผู้ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ฟื้นไข้ เดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิตเดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่พัฒนาจากเดือนที่ 1 ไปเป็นเดือนที่ 2

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ เดือนที่ 1

= + จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ฟื้นไข้ เดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเดือนที่ 1

- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ 1
- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิตเดือนที่ 1
- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ที่พัฒนาจากเดือนที่ 1 ไปเป็นเดือนที่ 2 สำหรับเดือนที่ i (i =2,3,...,12)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเดือนที่ i (i =2,3,...,12)

= + จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่พัฒนาจากเดือนที่ i-1 ไปเป็นเดือนที่ i

- จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่พัฒนาจากเดือนที่ i ไปเป็นเดือนที่ i+1
- จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิตเดือนที่ i

\+ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเดือนที่ i

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i (i =2,3,...,12)

= + จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i

\+ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i

\+ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ(แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)ที่พัฒนาจากเดือนที่ i-1 ไปเป็นเดือน i

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิตเดือนที่ i
- จำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่พัฒนาจากเดือนที่ i ไปเป็นเดือนที่ i+1

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)เดือนที่ i (i =2,3,...,12)

= + จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i

\+ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ฟื้นไข้เดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิตเดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่พัฒนาจากเดือนที่ i ไปเป็นเดือนที่ i+1

\+ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่พัฒนาจากเดือนที่ i-1 ไปเป็นเดือนที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ เดือนที่ i (i =2,3,...,12)

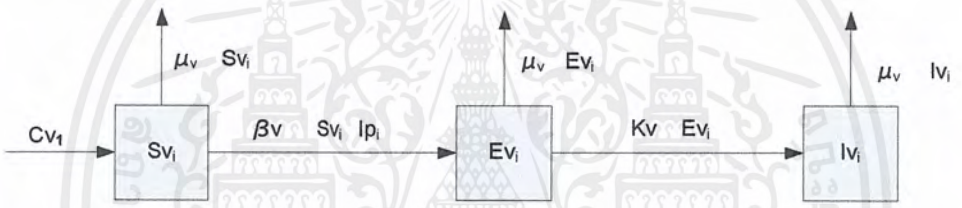
= + จำนวนผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ฟื้นไข้เดือนที่ i

- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) เดือนที่ i
- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิตเดือนที่ i

\+ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ที่พัฒนาจากเดือนที่ i-1 ไปเป็นเดือนที่ i

- จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ที่พัฒนาจากเดือนที่ i ไปเป็นเดือนที่ i+1

แบบจำลองของยุง



รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของยุง

อธิบายรายละเอียดแบบจำลองได้ดังนี้

จากแบบจำลอง เครื่องหมายชี้เข้า คือ + , เครื่องหมายชี้ออก คือ -

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + จำนวนของยุงที่เกิดใหม่ ณ เดือนที่ i

- จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นยุงที่ติดเชื้อ (แต่ไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อ ได้) ณ เดือนที่ i
- จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต ณ เดือนที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่ติดเชื้อ(แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ณ เดือนที่ i

- จำนวนของยุงที่ติดเชื้อ(แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)แล้วเปลี่ยนไปเป็นยุงที่ติดเชื้อ(และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ณ เดือนที่ i
- จำนวนของยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิต ณ เดือนที่ i

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นยุงที่ติดเชื้อ(และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ณ เดือนที่ i

- จำนวนของยุงที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ที่เสียชีวิต ณ เดือนที่ i

จากแผนภาพแสดงแนวคิดข้างต้น นำมาเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$\frac{d\theta}{dt}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงของ θ

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ เราสามารถหาได้โดย

$$\frac{dS_{p_1}}{dt} = b_p N_p - \beta_p S_{p_1} I_{v_1} - \theta_1 S_{p_1} - d_p S_{p_1} + n_p R_{p_1} \quad \text{เมื่อ} \quad i = 1$$

$$\frac{dS_{p_i}}{dt} = \theta_{i-1} S_{p_{i-1}} - \beta_p S_{p_i} I_{v_1} - \theta_i S_{p_i} - d_p S_{p_i} + n_p R_{p_i} \quad \text{เมื่อ} \quad i = 2,...,11$$

$$\frac{dS_{p_{12}}}{dt} = \theta_{11} S_{p_{11}} - \beta_p S_{p_{12}} I_{v_{12}} - d_p S_{p_{12}} + n_p R_{p_{12}} \quad \text{เมื่อ} \quad i = 12$$

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เราสามารถหาได้โดย

$$\frac{dE_{p_1}}{dt} = \beta_p S_{p_1} I_{v_1} - (\theta_1 E_{p_1} + d_p E_{p_1} + K_p E_{p_1}) + R_{p_1} m_p \quad \text{เมื่อ} \quad i = 1$$

$$\frac{dE_{p_i}}{dt} = \beta_p S_{p_i} I_{v_1} + \theta_{i-1} E_{p_{i-1}} + R_{p_i} m_p - \theta_i E_{p_i} - K_p E_{p_i} - d_p E_{p_i} \quad \text{เมื่อ} \quad i = 2,...,11$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{dE_{p_{12}}}{dt} = \beta_p S_{p_{12}} I_{v_{12}} + \theta_{11} E_{p_{11}} + R_{p_{12}} m_p - K_p E_{p_{12}} - d_p E_{p_{12}} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 12$$

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ เราสามารถหาได้โดย

$$\frac{dI_{p_1}}{dt} = K_p E_{p_1} + l_p R_{p_1} - \theta_1 I_{p_1} - d_p I_{p_1} - r_p I_{p_1} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 1$$

$$\frac{dI_{p_i}}{dt} = K_p E_{p_i} + \theta_{i-1} I_{p_{i-1}} + l_p R_p - (r_p + d_p) I_{p_i} - \theta_i I_{p_i} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 2,...,11$$

$$\frac{dI_{p_{12}}}{dt} = K_p E_{p_{12}} + \theta_{11} I_{p_{11}} + l_p R_{p_{12}} - (d_p + r_p) I_{p_{12}} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 12$$

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ เราสามารถหาได้โดย

$$\frac{dR_{p_1}}{dt} = r_p I_{p_1} - (l_p R_{p_1} + m_p R_{p_1} + n_p R_{p_1}) - d_p R_{p_1} - \theta_1 R_{p_1} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 1$$

$$\frac{dR_{p_i}}{dt} = r_p I_{p_i} - (l_p R_{p_i} + m_p R_{p_i} + n_p R_{p_i}) - \theta_i R_{p_i} - d_p R_{p_i} + \theta_{i-1} R_{p_{i-1}} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 2,...,11$$

$$\frac{dR_{p_{12}}}{dt} = r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}} - (d_p R_{p_{12}} + l_p R_{p_{12}} + m_p R_{p_{12}} + n_p R_{p_{12}}) \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 12$$

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรยุง เราสามารถหาได้ดังนี้

$$\frac{dS_{v_i}}{dt} = C_{v_1} - \beta_v S_{v_i} I_{p_i} - \mu_v S_{v_i}$$

$$\frac{dE_{v_i}}{dt} = \beta_v S_{v_i} I_{p_i} - K_v E_{v_i} - \mu_v E_{v_i}$$

$$\frac{dI_{v_i}}{dt} = K_v E_{v_i} - \mu_v I_{v_i} \qquad \text{เมื่อ} \quad i = 1,2,...,12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์แบบจำลอง

4.1 หา Steady State Solution

สำหรับประชากร ดังนี้

$$\frac{dS_{p_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

$$\frac{dE_{p_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

$$\frac{dI_{p_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

$$\frac{dR_{p_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เมื่อ $i = 1$

$$\frac{dS_{p_1}}{dt} = b_p N_p - \beta_p I_{v_1} S_{p_1} - \theta_1 S_{p_1} - d_p S_{p_1} + n_p R_{p_1}$$

$$b_p N_p - \beta_p I_{v_1} S_{p_1} - \theta_1 S_{p_1} - d_p S_{p_1} + n_p R_{p_1} = 0$$

$$b_p N_p - (\beta_p I_{v_1} + \theta_1 + d_p) S_{p_1} + n_p R_{p_1} = 0$$

$$-(\beta_p I_{v_1} + \theta_1 + d_p) S_{p_1} = -(n_p R_{p_1} + b_p N_p)$$

$$S_{p_1} = \frac{(n_p R_{p_1} + b_p N_p)}{(\beta_p I_{v_1} + \theta_1 + d_p)}$$

เมื่อ $i = 2$

$$\frac{dS_{p_i}}{dt} = \theta_{i-1} S_{p_{i-1}} - \beta_p I_{v_1} S_{p_1} - \theta_i S_{p_i} - d_p S_{p_i} + n_p R_{p_i}$$

$$\frac{dS_{p_2}}{dt} = \theta_1 S_{p_1} - \beta_p I_{v_2} S_{p_2} - \theta_2 S_{p_2} - d_p S_{p_2} + n_p R_{p_2}$$

$$\theta_1 S_{p_1} - \beta_p I_{v_2} S_{p_2} - \theta_2 S_{p_2} - d_p S_{p_2} + n_p R_{p_2} = 0$$

$$\theta_1 S_{p_1} - (\beta_p I_{v_2} + \theta_2 + d_p) S_{p_2} + n_p R_{p_2} = 0$$

$$-(\beta_p I_{v_2} + \theta_2 + d_p) S_{p_2} = -(n_p R_{p_2} + \theta_1 S_{p_1})$$

$$S_{p_2} = \frac{(n_p R_{p_2} + \theta_1 S_{p_1})}{(\beta_p I_{v_2} + \theta_2 + d_p)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dS_{p_3}}{dt}=\theta_2 S_{p_2}-\beta_p I_{v_3} S_{p_3}-\theta_3 S_{p_3}-d_p S_{p_3}+n_p R_{p_3}$$

$$\theta_2 S_{p_2}-\beta_p I_{v_3} S_{p_3}-\theta_3 S_{p_3}-d_p S_{p_3}+n_p R_{p_3}=0$$

$$\theta_2 S_{p_2}-(\beta_p I_{v_3}+\theta_3+d_p) S_{p_3}+n_p R_{p_3}=0$$

$$-(\beta_p I_{v_3}+\theta_3+d_p) S_{p_3}=-(n_p R_{p_3}+\theta_2 S_{p_2})$$

$$S_{p_3}=\frac{(n_p R_{p_3}+\theta_2 S_{p_2})}{(\beta_p I_{v_3}+\theta_3+d_p)}$$

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dS_{p_{12}}}{dt}=\theta_{11} S_{p_{11}}-\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}-d_p S_{p_{12}}+n_p R_{p_{12}}$$

$$\theta_{11} S_{p_{11}}-\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}-d_p S_{p_{12}}+n_p R_{p_{12}}=0$$

$$\theta_{11} S_{p_{11}}-(\beta_p I_{v_{12}}+d_p) S_{p_{12}}+n_p R_{p_{12}}=0$$

$$-(\beta_p I_{v_{12}}+d_p) S_{p_{12}}=-(n_p R_{p_{12}}+\theta_{11} S_{p_{11}})$$

$$S_{p_{12}}=\frac{(n_p R_{p_{12}}+\theta_{11} S_{p_{11}})}{(\beta_p I_{v_{12}}+d_p)}$$

ดังนั้นจะได้ Steady state ดังนี้

$$S_{p_1}=\frac{(n_p R_{p_1}+b_p N_p)}{(\beta_p I_{v_1}+\theta_1+d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=1$$

$$S_{p_i}=\frac{(n_p R_{p_i}+\theta_{p_{i-1}} S_{p_{i-1}})}{(\beta_p I_{v_i}+\theta_i+d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=2,\ldots,11$$

$$S_{p_{12}}=\frac{(n_p R_{p_{12}}+\theta_{11} S_{p_{11}})}{(\beta_p I_{v_{12}}+d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เมื่อ $i=1$

$$\frac{dE_{p_1}}{dt}=\beta_p I_{v_1} S_{p_1}-\theta_1 E_{p_1}-d_p E_{p_1}-K_p E_{p_1}+m_p R_{p_1}$$

$$\beta_p I_{v_1} S_{p_1}-\theta_1 E_{p_1}-d_p E_{p_1}-K_p E_{p_1}+m_p R_{p_1}=0$$

$$\beta_p I_{v_1} S_{p_1}-(\theta_1+d_p+K_p)E_{p_1}+m_p R_{p_1}=0$$

$$-(\theta_1+d_p+K_p)E_{p_1}=-(m_p R_{p_1}+\beta_p I_{v_1} S_{p_1})$$

$$E_{p_1}=\frac{(m_p R_{p_1}+\beta_p I_{v_1} S_{p_1})}{(\theta_1+d_p+K_p)}$$

เมื่อ $i=2$

$$\frac{dE_{p_i}}{dt}=\beta_p I_{v_i} S_{p_i}+\theta_{i-1} E_{p_{i-1}}+m_p R_{p_i}-\theta_i E_{p_i}-d_p E_{p_i}-K_p E_{p_i}$$

$$\frac{dE_{p_2}}{dt}=\beta_p I_{v_2} S_{p_2}+\theta_1 E_{p_1}+m_p R_{p_2}-\theta_2 E_{p_2}-d_p E_{p_2}-K_p E_{p_2}$$

$$\beta_p I_{v_2} S_{p_2}+\theta_1 E_{p_1}+m_p R_{p_2}-\theta_2 E_{p_2}-d_p E_{p_2}-K_p E_{p_2}=0$$

$$\beta_p I_{v_2} S_{p_2}+\theta_1 E_{p_1}-(\theta_2+d_p+K_p)E_{p_2}+m_p R_{p_2}=0$$

$$-(\theta_2+d_p+K_p)E_{p_2}=-(m_p R_{p_2}+\beta_p I_{v_2} S_{p_2}+\theta_1 E_{p_1})$$

$$E_{p_2}=\frac{(m_p R_{p_2}+\beta_p I_{v_2} S_{p_2}+\theta_1 E_{p_1})}{(\theta_2+d_p+K_p)}$$

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dE_{p_3}}{dt}=\beta_p I_{v_3} S_{p_3}+\theta_2 E_{p_2}+m_p R_{p_3}-\theta_3 E_{p_3}-d_p E_{p_3}-K_p E_{p_3}$$

$$\beta_p I_{v_3} S_{p_3}+\theta_2 E_{p_2}+m_p R_{p_3}-\theta_3 E_{p_3}-d_p E_{p_3}-K_p E_{p_3}=0$$

$$\beta_p I_{v_3} S_{p_3}+\theta_2 E_{p_2}-(\theta_2+d_p+K_p)E_{p_2}+m_p R_{p_3}=0$$

$$-(\theta_2+d_p+K_p)E_{p_2}=-(m_p R_{p_3}+\beta_p I_{v_3} S_{p_3}+\theta_2 E_{p_2})$$

$$E_{p_3}=\frac{(m_p R_{p_3}+\beta_p I_{v_3} S_{p_3}+\theta_2 E_{p_2})}{(\theta_2+d_p+K_p)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dE_{p_{12}}}{dt}=\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}}-d_p E_{p_{12}}-K_p E_{p_{12}}$$

$$\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}}-d_p E_{p_{12}}-K_p E_{p_{12}}=0$$

$$\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}}-(d_p+K_p)E_{p_{12}}=0$$

$$-(d_p+K_p)E_{p_{12}}=-(\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}})$$

$$E_{p_{12}}=\frac{(\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}})}{(d_p+K_p)}$$

ดังนั้นจะได้ Steady state ดังนี้

$$E_{p_1}=\frac{(m_p R_{p_1}+\beta_p I_{v_1} S_{p_1})}{(\theta_1+d_p+K_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=1$$

$$E_{p_i}=\frac{(m_p R_{p_i}+\beta_p I_{v_i} S_{p_i}+\theta_{i-1}E_{p_{i-1}})}{(\theta_1+d_p+K_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=2,...,11$$

$$E_{p_{12}}=\frac{(\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}}+\theta_{11}E_{p_{11}}+m_p R_{p_{12}})}{(d_p+K_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เมื่อ $i=1$

$$\frac{dI_{p_1}}{dt}=K_p E_{p_1}+l_p R_{p_1}-\theta_1 I_{p_1}-d_p I_{p_1}-r_p I_{p_1}$$

$$K_p E_{p_1}+l_p R_{p_1}-\theta_1 I_{p_1}-d_p I_{p_1}-r_p I_{p_1}=0$$

$$K_p E_{p_1}+l_p R_{p_1}-(\theta_1+d_p+r_p)I_{p_1}=0$$

$$-(\theta_1+d_p+r_p)I_{p_1}=-(K_p E_{p_1}+l_p R_{p_1})$$

$$I_{p_1}=\frac{(K_p E_{p_1}+l_p R_{p_1})}{(\theta_1+d_p+r_p)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i=2$

$$\frac{dI_{p_i}}{dt} = K_pE_{p_i} + \theta_{i-1}I_{p_{i-1}} + l_pR_{p_i} - \theta_iI_{p_i} - (d_p + r_p)I_{p_i}$$

$$\frac{dI_{p_2}}{dt} = K_pE_{p_2} + \theta_1I_{p_2} + l_pR_{p_2} - \theta_2I_{p_2} - d_pI_{p_2} - r_pI_{p_2}$$

$$K_pE_{p_2} + \theta_1I_{p_2} + l_pR_{p_2} - \theta_2I_{p_2} - d_pI_{p_2} - r_pI_{p_2} = 0$$

$$K_pE_{p_2} + \theta_1I_{p_2} + l_pR_{p_2} - (\theta_2 + d_p + r_p)I_{p_2} = 0$$

$$-(\theta_2 + d_p + r_p)I_{p_2} = -(K_pE_{p_2} + \theta_1I_{p_2} + l_pR_{p_2})$$

$$I_{p_2} = \frac{K_pE_{p_2} + \theta_1I_{p_2} + l_pR_{p_2}}{(\theta_2 + d_p + r_p)}$$

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dI_{p_3}}{dt} = K_pE_{p_3} + \theta_2I_{p_2} + l_pR_{p_3} - \theta_3I_{p_3} - d_pI_{p_3} - r_pI_{p_3}$$

$$K_pE_{p_3} + \theta_2I_{p_2} + l_pR_{p_3} - \theta_3I_{p_3} - d_pI_{p_3} - r_pI_{p_3} = 0$$

$$K_pE_{p_3} + \theta_2I_{p_2} + l_pR_{p_3} - (\theta_3 + d_p + r_p)I_{p_3} = 0$$

$$-(\theta_3 + d_p + r_p)I_{p_3} = -(K_pE_{p_3} + \theta_2I_{p_2} + l_pR_{p_3})$$

$$I_{p_3} = \frac{K_pE_{p_3} + \theta_2I_{p_2} + l_pR_{p_3}}{(\theta_3 + d_p + r_p)}$$

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dI_{p_{12}}}{dt} = K_pE_{p_{12}} + \theta_{11}I_{p_{11}} + l_pR_{p_{12}} - d_pI_{p_{12}} - r_pI_{p_{12}}$$

$$K_pE_{p_{12}} + \theta_{11}I_{p_{11}} + l_pR_{p_{12}} - d_pI_{p_{12}} - r_pI_{p_{12}} = 0$$

$$K_pE_{p_{12}} + \theta_{11}I_{p_{11}} + l_pR_{p_{12}} - (d_p + r_p)I_{p_{12}} = 0$$

$$-(d_p + r_p)I_{p_{12}} = -(K_pE_{p_{12}} + \theta_{11}I_{p_{11}} + l_pR_{p_{12}})$$

$$I_{p_{12}} = \frac{K_pE_{p_{12}} + \theta_{11}I_{p_{11}} + l_pR_{p_{12}}}{(d_p + r_p)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ Steady state ดังนี้

$$I_{p_1} = \frac{(K_p E_{p_1} + l_p R_{p_1})}{(\theta_1 + d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$I_{p_i} = \frac{K_p E_{p_i} + \theta_{i-1} I_{p_{i-1}} + l_p R_{p_i}}{(\theta_i + d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 2,...,11$$

$$I_{p_{12}} = \frac{K_p E_{p_{12}} + \theta_{11} I_{p_{11}} + l_p R_{p_{12}}}{(d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ทั้งหมด

เมื่อ $i = 1$

$$\frac{dR_{p_1}}{dt} = r_p I_{p_1} - \theta_1 R_{p_1} - d_p R_{p_1} - \ell_p R_{p_1} - m_p R_{p_1} - n_p R_{p_1}$$

$$r_p I_{p_1} - \theta_1 R_{p_1} - d_p R_{p_1} - \ell_p R_{p_1} - m_p R_{p_1} - n_p R_{p_1} = 0$$

$$r_p I_{p_1} - (\theta_1 + d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_1} = 0$$

$$R_{p_1} = \frac{r_p I_{p_1}}{(\theta_1 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)}$$

เมื่อ $i = 2$

$$\frac{dR_{p_i}}{dt} = r_p I_{p_i} - \theta_1 R_{p_i} - d_p R_{p_i} - \ell_p R_{p_i} - m_p R_{p_i} - n_p R_{p_i} + \theta_{i-1} R_{p_{i-1}}$$

$$\frac{dR_{p_2}}{dt} = r_p I_{p_2} - \theta_2 R_{p_2} - d_p R_{p_2} - \ell_p R_{p_2} - m_p R_{p_2} - n_p R_{p_2} + \theta_1 R_{p_1}$$

$$r_p I_{p_2} - \theta_2 R_{p_2} - d_p R_{p_2} - \ell_p R_{p_2} - m_p R_{p_2} - n_p R_{p_2} + \theta_1 R_{p_1} = 0$$

$$r_p I_{p_2} - (\theta_2 + d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_2} + \theta_1 R_{p_1} = 0$$

$$-(\theta_2 + d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_2} = -(\theta_1 R_{p_1} + r_p I_{p_2})$$

$$R_{p_2} = \frac{(\theta_1 R_{p_1} + r_p I_{p_2})}{(\theta_2 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dR_{p_3}}{dt} = r_p I_{p_3} - \theta_3 R_{p_3} - d_p R_{p_3} - \ell_p R_{p_3} - m_p R_{p_3} - n_p R_{p_3} + \theta_2 R_{p_2}$$

$$r_p I_{p_3} - \theta_3 R_{p_3} - d_p R_{p_3} - \ell_p R_{p_3} - m_p R_{p_3} - n_p R_{p_3} + \theta_2 R_{p_2} = 0$$

$$r_p I_{p_3} - (\theta_3 + d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_3} + \theta_2 R_{p_2} = 0$$

$$-(\theta_3 + d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_3} = -(\theta_2 R_{p_2} + r_p I_{p_3})$$

$$R_{p_3} = \frac{(\theta_2 R_{p_2} + r_p I_{p_3})}{(\theta_3 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)}$$

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dR_{p_{12}}}{dt} = r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}} - d_p R_{p_{12}} - \ell_p R_{p_{12}} - m_p R_{p_{12}} - n_p R_{p_{12}}$$

$$r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}} - d_p R_{p_{12}} - \ell_p R_{p_{12}} - m_p R_{p_{12}} - n_p R_{p_{12}} = 0$$

$$r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}} - (d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_{12}} = 0$$

$$-(d_p + \ell_p + m_p + n_p) R_{p_{12}} = -(r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}})$$

$$R_{p_{12}} = \frac{(r_p I_{p_{12}} + \theta_{11} R_{p_{11}})}{(d_p + \ell_p + m_p + n_p)}$$

ดังนั้นจะได้ Steady State ดังนี้

$$R_{p1} = \frac{r_p I_{p1}}{(\theta_1 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=1$$

$$R_{pi} = \frac{(\theta_{i-1} R_{pi-1} + r_p I_{pi})}{(\theta_i + d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=2,3,...,11$$

$$R_{p12} = \frac{(r_p I_{p12} + \theta_{11} R_{p11})}{(d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i=12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก N_p เป็นจำนวนประชากรทั้งหมดซึ่งมีค่าคงที่ และ

$$N_p = S_p + E_p + I_p + R_p$$

พิจารณา $\frac{dN_p}{dt} = \frac{d}{dt}(S_p + E_p + I_p + R_p)$

$$= \frac{dS_p}{dt} + \frac{dE_p}{dt} + \frac{dI_p}{dt} + \frac{dR_p}{dt}$$

$$= b_p N_p - d_p S_p - [\sum_{i=1}^{12} \beta_p S_{p_i}] I_p + n_p R_p + [\sum_{i=1}^{12} \beta_p S_{p_i}] I_p$$

$$-d_p E_p - k_p E_p + m_p R_p + E_p K_p + \ell_p R_p - d_p I_p - r_p I_p + I_p r_p$$

$$-d_p R_p - \ell_p R_p - m_p R_p - n_p R_p$$

$$= b_p N_p - d_p S_p - d_p E_p - d_p I_p - d_p R_p$$

$$= N_p b_p - [S_p + E_p + I_p + R_p] d_p$$

$$= N_p b_p - N_p d_p$$

เนื่องจาก จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นค่าคงที่

ดังนั้น $\frac{dN_p}{dt} = 0$

$$\therefore N_p(b_p - d_p) = 0$$

$$b_p - d_p = 0$$

$$\therefore b_p = d_p$$

นั่นคือ อัตราการเกิดของประชากร เท่ากับ อัตราการตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับยุง ดังนี้

$$\frac{dS_{v_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

$$\frac{dE_{v_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

$$\frac{dI_{v_i}}{dt} = 0 \qquad ,i = 1,...,12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

$$\frac{dS_{v_i}}{dt} = C_{v_1} - \beta_v I_{p_i} S_{v_i} - \mu_v S_{v_i}$$

เมื่อ $i = 1$

$$\frac{dS_{v_1}}{dt} = C_{v_1} - \beta_v I_{p_1} S_{v_1} - \mu_v S_{v_1}$$

$$C_{v_1} - \beta_v I_{p_1} S_{v_1} - \mu_v S_{v1} = 0$$

$$C_{v_1} - (\beta_v I_{p_1} + \mu_v) S_{v_1} = 0$$

$$S_{v_1} = \frac{C_{v_1}}{(\beta_v I_{p_1} + \mu_v)}$$

เมื่อ $i = 2$

$$\frac{dS_{v_2}}{dt} = C_{v_1} - \beta_v I_{p_2} S_{v_2} - \mu_v S_{v_2}$$

$$C_{v_1} - \beta_v I_{p_2} S_{v_2} - \mu_v S_{v_2} = 0$$

$$C_{v_1} - (\beta_v I_{p_2} + \mu_v) S_{v_2} = 0$$

$$S_{v_2} = \frac{C_{v_1}}{(\beta_v I_{p_2} + \mu_v)}$$

เมื่อ $i = 3$

$$\frac{dS_{v_3}}{dt} = C_{v_1} - \beta_v I_{p_3} S_{v_3} - \mu_v S_{v_3}$$

$$C_{v_1} - \beta_v I_{p_3} S_{v_3} - \mu_v S_{v_3} = 0$$

$$C_{v_1} - (\beta_v I_{p_3} + \mu_v) S_{v_3} = 0$$

$$S_{v_3} = \frac{C_{v_1}}{(\beta_v I_{p_3} + \mu_v)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dS_{v_{12}}}{dt}=C_{v_1}-\beta_v I_{p_{12}} S_{v_{12}}-\mu_v S_{v_{12}}$$

$$C_{v_1}-\beta_v I_{p_{12}} S_{v_{12}}-\mu_v S_{v_{12}}=0$$

$$C_{v_1}-(\beta_v I_{p_{12}}+\mu_v)S_{v_{12}}=0$$

$$S_{v_{12}}=\frac{C_{v_1}}{(\beta_v I_{p_{12}}+\mu_v)}$$

ดังนั้นจะได้ Steady State ดังนี้

$$S_{v_i}=\frac{C_{v_1}}{(\beta_v I_{p_i}+\mu_v)} \qquad \text{เมื่อ } i=1,2,3,...,12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$$\frac{dE_{v_i}}{dt}=\beta_v S_{v_i} I_{p_i}-K_v E_{v_i}-\mu_v E_{v_i}$$

เมื่อ $i=1$

$$\frac{dE_{v_1}}{dt}=\beta_v S_{v_1} I_{p_1}-K_v E_{v_1}-\mu_v E_{v_1}$$

$$\beta_v S_{v_1} I_{p_1}-K_v E_{v_1}-\mu_v E_{v_1}=0$$

$$\beta_v S_{v_1} I_{p_1}-(K_v+\mu_v)E_{v_1}=0$$

$$E_{v_1}=\frac{\beta_v S_{v_1} I_{p_1}}{(K_v+\mu_v)}$$

เมื่อ $i=2$

$$\frac{dE_{v_2}}{dt}=\beta_v S_{v_2} I_{p_2}-K_v E_{v_2}-\mu_v E_{v_2}$$

$$\beta_v S_{v_2} I_{p_2}-K_v E_{v_2}-\mu_v E_{v_2}=0$$

$$\beta_v S_{v_2} I_{p_2}-(K_v+\mu_v)E_{v_2}=0$$

$$E_{v_2}=\frac{\beta_v S_{v_2} I_{p_2}}{(K_v+\mu_v)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dE_{v_3}}{dt} = \beta_v S_{v_3} I_{p_3} - K_v E_{v_3} - \mu_v E_{v_3}$$

$$\beta_v S_{v_3} I_{p_3} - K_v E_{v_3} - \mu_v E_{v_3} = 0$$

$$\beta_v S_{v_3} I_{p_3} - (K_v + \mu_v) E_{v_3} = 0$$

$$E_{v_3} = \frac{\beta_v S_{v_3} I_{p_3}}{(K_v + \mu_v)}$$

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dE_{v_{12}}}{dt} = \beta_v S_{v_{12}} I_{p_{12}} - K_v E_{v_{12}} - \mu_v E_{v_{12}}$$

$$\beta_v S_{v_{12}} I_{p_{12}} - K_v E_{v_{12}} - \mu_v E_{v_{12}} = 0$$

$$\beta_v S_{v_{12}} I_{p_{12}} - (K_v + \mu_v) E_{v_{12}} = 0$$

$$E_{v_{12}} = \frac{\beta_v S_{v_{12}} I_{p_{12}}}{(K_v + \mu_v)}$$

ดังนั้นจะได้ Steady State ดังนี้

$$E_{v_i} = \frac{\beta_v S_{v_i} I_{p_i}}{(K_v + \mu_v)} \qquad \text{เมื่อ } i = 1,2,3,...,12$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

$$\frac{dI_{v_i}}{dt} = K_v E_{v_i} - \mu_v I_{v_i}$$

เมื่อ $i=1$

$$\frac{dI_{v_1}}{dt} = K_v E_{v_1} - \mu_v I_{v_1}$$

$$K_v E_{v_1} - \mu_v I_{v_1} = 0$$

$$-\mu_v I_{v_1} = -K_v E_{v_1}$$

$$I_{v_1} = \frac{K_v E_{v_1}}{\mu_v}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $i=2$

$$\frac{dI_{v_2}}{dt} = K_v E_{v_2} - \mu_v I_{v_2}$$

$$K_v E_{v_2} - \mu_v I_{v_2} = 0$$

$$-\mu_v I_{v_2} = -K_v E_{v_2}$$

$$I_{v_2} = \frac{K_v E_{v_2}}{\mu_v}$$

เมื่อ $i=3$

$$\frac{dI_{v_3}}{dt} = K_v E_{v_3} - \mu_v I_{v_3}$$

$$K_v E_{v_3} - \mu_v I_{v_3} = 0$$

$$-\mu_v I_{v_3} = -K_v E_{v_3}$$

$$I_{v_3} = \frac{K_v E_{v_3}}{\mu_v}$$

$\vdots$

เมื่อ $i=12$

$$\frac{dI_{v_{12}}}{dt} = K_v E_{v_{12}} - \mu_v I_{v_{12}}$$

$$K_v E_{v_{12}} - \mu_v I_{v_{12}} = 0$$

$$-\mu_v I_{v_{12}} = -K_v E_{v_{12}}$$

$$I_{v_{12}} = \frac{K_v E_{v_{12}}}{\mu_v}$$

ดังนั้นจะได้ Steady State ดังนี้

$$I_{v_i} = \frac{K_v E_{v_i}}{\mu_v} \qquad \text{เมื่อ } i = 1,2,3,\ldots,12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก N_v เป็นจำนวนยุงทั้งหมด ซึ่งมีค่าคงที่ และ

$$N_v = \sum_{i=1}^{12}(S_{v_i} + E_{v_i} + I_{v_i})$$

พิจารณา $\frac{dN_v}{dt} = 0$

$$\sum_{i=1}^{12}(\frac{dS_{v_i}}{dt} + \frac{dE_{v_i}}{dt} + \frac{dI_{v_i}}{dt}) = 0$$

$$C_{v_1} - \sum_{i=1}^{12}(\beta_{v_i} S_{v_i} I_{p_i} - \mu_v S_{v_i}) + \sum_{i=1}^{12}(\beta_{v_i} S_{v_i} I_{p_i} - K_v E_{v_i} - \mu_v E_{v_i}) + \sum_{i=1}^{12}(K_v E_{v_i} - \mu_v I_{v_i}) = 0$$

$$C_{v_1} - \mu_v S_{v_i} - \mu_v E_{v_i} - \mu_v I_{v_i} = 0$$

$$C_{v_1} - (S_{v_i} - E_{v_i} - I_{v_i})\mu_v = 0$$

$$0 = C_{v_1} - N_v \mu_v$$

$$\therefore N_v = \frac{C_{v_1}}{\mu_v}$$

จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ข้างต้นมาเขียนโปรแกรมประยุกต์เพื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้สร้างไว้แล้ว ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ในการคำนวณนั้นต้องมีการรับค่า จำนวนผู้ป่วยของแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม และรับค่า

- อัตราการเกิดของประชากร (b_p)
- อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากยุงไปสู่คนสำหรับเดือนที่ i (β_p)
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้ง (n_p)
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (m_p)
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (ℓ_p)
- อัตราที่ประชากรพัฒนาจากเดือนที่ i ไปสู่เดือนที่ i+1 (θ_i)
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และถ่ายทอดเชื้อได้) (k_p)
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ (r_p)
- จำนวนทั้งหมดของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (I_{p_i})
- จำนวนยุง ณ เดือนที่ 1 (c_{v_1})
- อัตราการตายของยุง (μ_v)
- อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากคนไปสู่ยุง (β_v)
- อัตราที่ยุงเปลี่ยนสถานะจากยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)ไปเป็นที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) (k_v)

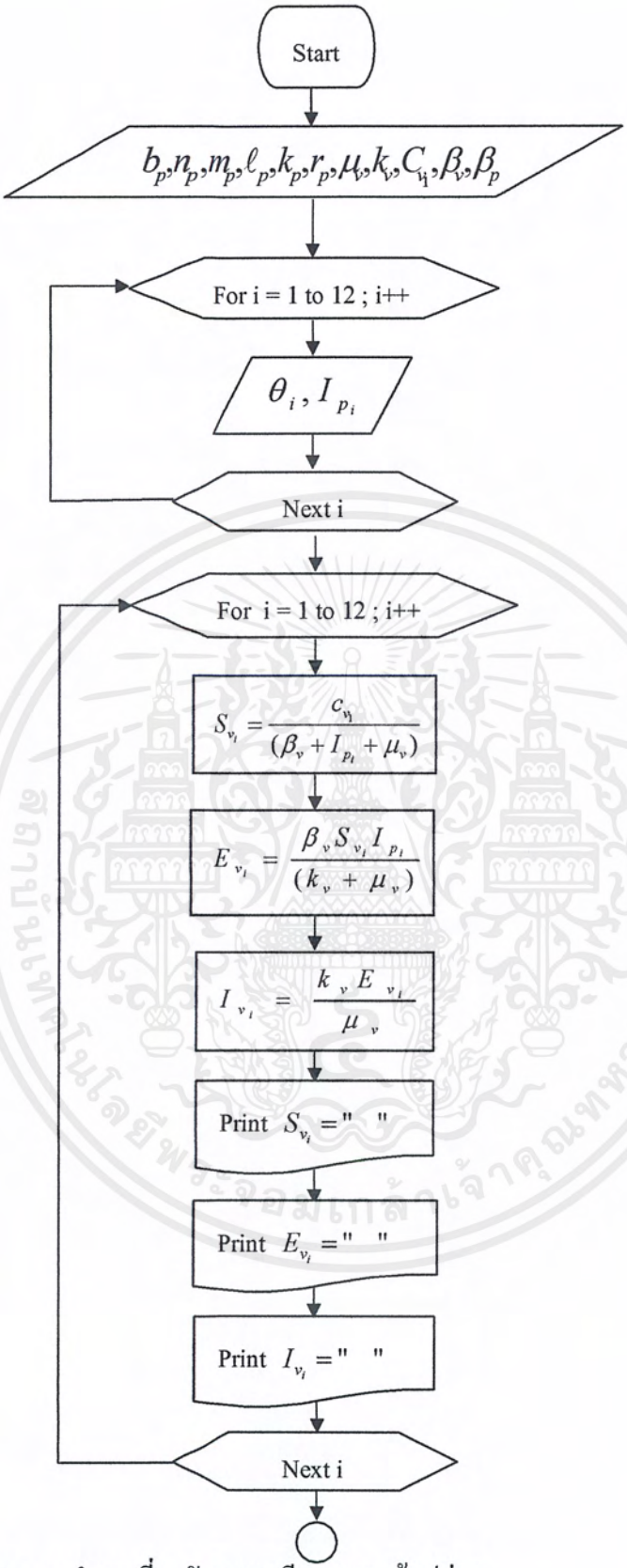
เพื่อใช้ในการคำนวณหา $S_{v_i}, E_{v_i}, I_{v_i}, S_{p_i}, E_{p_i}, I_{p_i}, R_{p_i}$

ดังนั้น $$S_{v_i} = \sum_{i=1}^{12} \frac{c_{v_1}}{(\beta_v + I_{p_i} + \mu_v)}$$

$$E_{v_i} = \sum_{i=1}^{12} \frac{\beta_v S_{v_1} I_{p_i}}{(k_v + \mu_v)}$$

$$I_{v_i} = \sum_{i=1}^{12} \frac{k_v E_{v_1}}{\mu_v}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับรายละเอียดของยุงก้นปล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

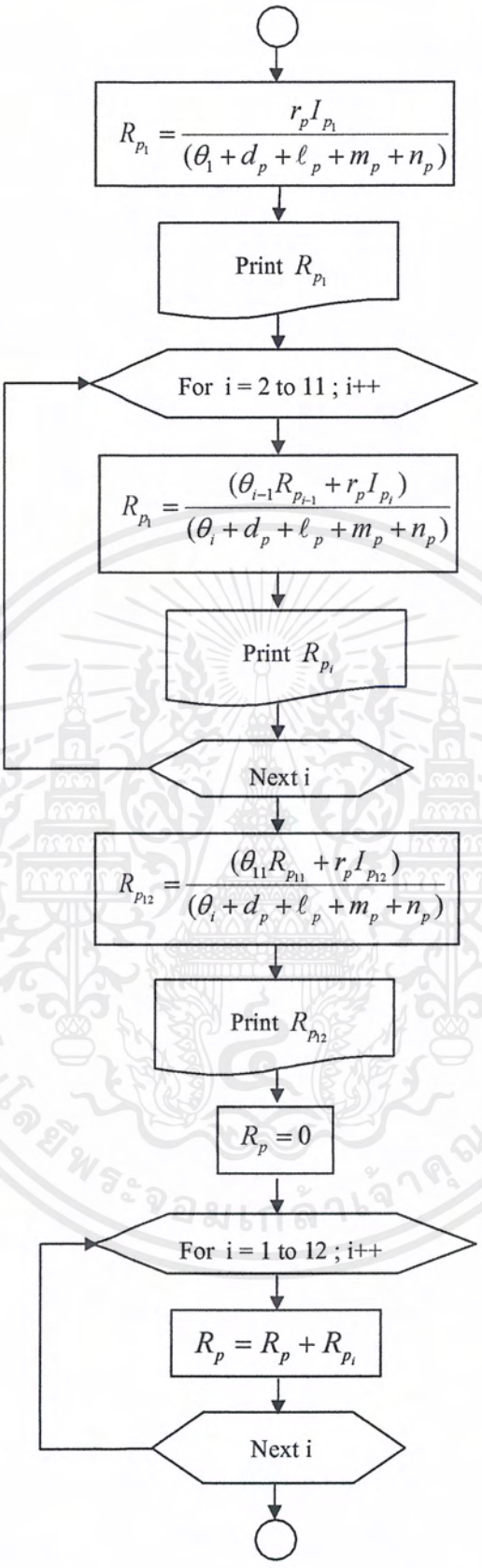
จากนั้นคำนวณหาค่า $R_{p_1}, R_{p_i}, R_{p_{12}}$ จาก

$$R_{p_1} = \frac{r_p I_{p_1}}{(\theta_1 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$R_{p_i} = \frac{(\theta_{i-1} R_{p_{i-1}} + r_p I_{p_i})}{(\theta_1 + d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 2,3,...,11$$

$$R_{p_{12}} = \frac{(\theta_{11} R_{p_{11}} + r_p I_{p_{12}})}{(d_p + \ell_p + m_p + n_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้จากโรคมาลาเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

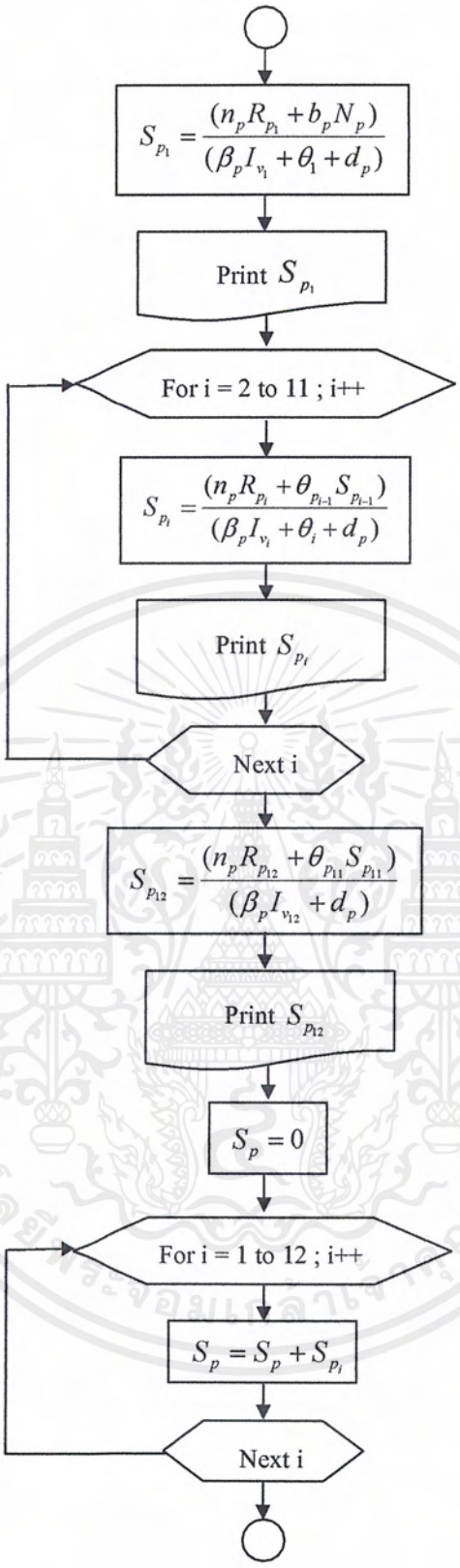
เมื่อได้ค่า $R_{p_1}, R_{p_i}, R_{p_{12}}$ แล้วสามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา $S_{p_1}, S_{p_i}, S_{p_{12}}$ จาก

$$S_{p_1} = \frac{(n_p R_{p_1} + b_p N_p)}{(\beta_p I_{v_1} + \theta_1 + d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$S_{p_i} = \frac{(n_p R_{p_i} + \theta_{p_{i-1}} S_{p_{i-1}})}{(\beta_p I_{v_i} + \theta_i + d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 2,3,...,11$$

$$S_{p_{12}} = \frac{(n_p R_{p_{12}} + \theta_{p_{11}} S_{p_{11}})}{(\beta_p I_{v_{12}} + d_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมาลาเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

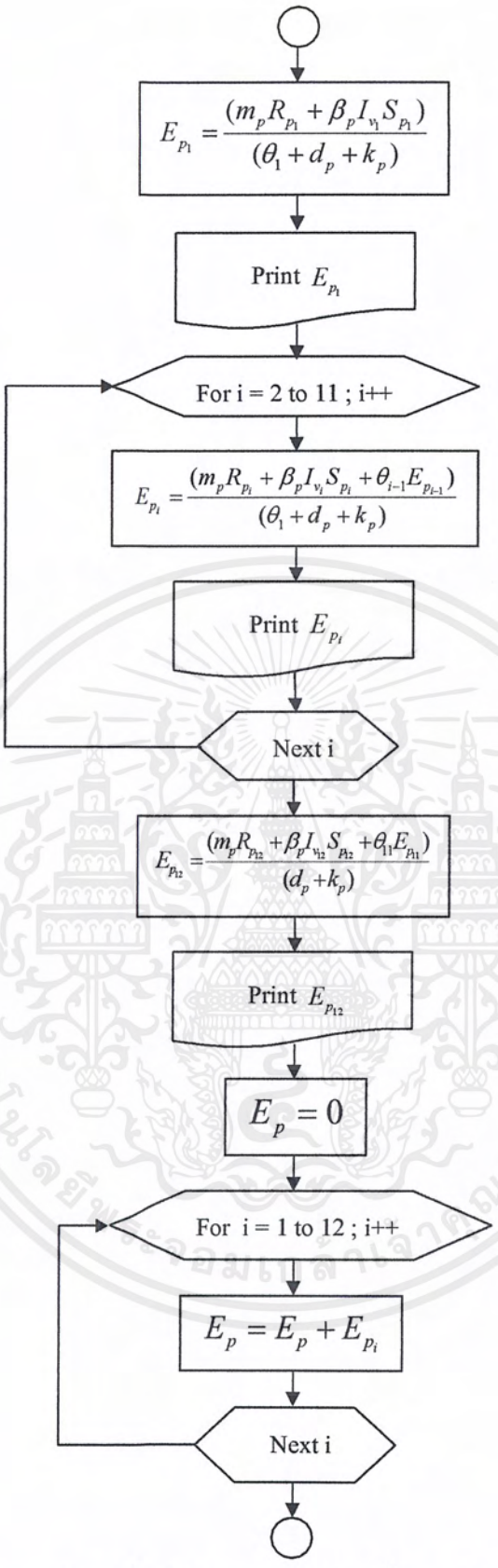
เมื่อได้ค่า $S_{p_1}, S_{p_i}, S_{p_{12}}$ แล้วสามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่า $E_{p_1}, E_{p_i}, E_{p_{12}}$ จาก

$$E_{p_1} = \frac{(m_p R_{p_1} + \beta_p I_{v_1} S_{p_1})}{(\theta_1 + d_p + k_p)} \quad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$E_{p_i} = \frac{(m_p R_{p_i} + \beta_p I_{v_i} R_{p_i} + \theta_{i-1} E_{p_{i-1}})}{(\theta_1 + d_p + k_p)} \quad \text{เมื่อ } i = 2,3,...,11$$

$$E_{p_{12}} = \frac{(\beta_p I_{v_{12}} S_{p_{12}} + \theta_{11} E_{p_{11}} + m_p R_{p_{12}})}{(d_p + k_p)} \quad \text{เมื่อ } i = 12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อมาลาเรียแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

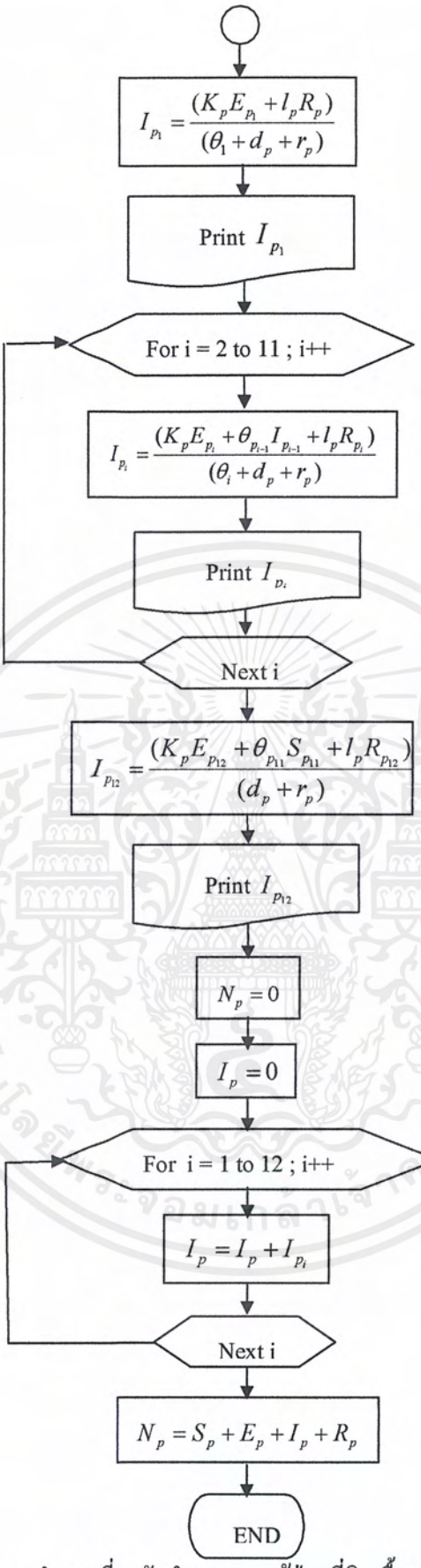
เมื่อได้ค่า $E_{p_1}, E_{p_i}, E_{p_{12}}$ แล้วสามารถนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่า $I_{p_1}, I_{p_i}, I_{p_{12}}$ จาก

$$I_{p_1} = \frac{(K_p E_{p_1} + l_p R_p)}{(\theta_1 + d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$I_{p_i} = \frac{(K_p E_{p_i} + \theta_{p_{i-1}} I_{p_{i-1}} + l_p R_{p_i})}{(\theta_i + d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 2,3,...,11$$

$$I_{p_{12}} = \frac{(K_p E_{p_{12}} + \theta_{p_{11}} S_{p_{11}} + l_p R_{p_{12}})}{(d_p + r_p)} \qquad \text{เมื่อ } i = 12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



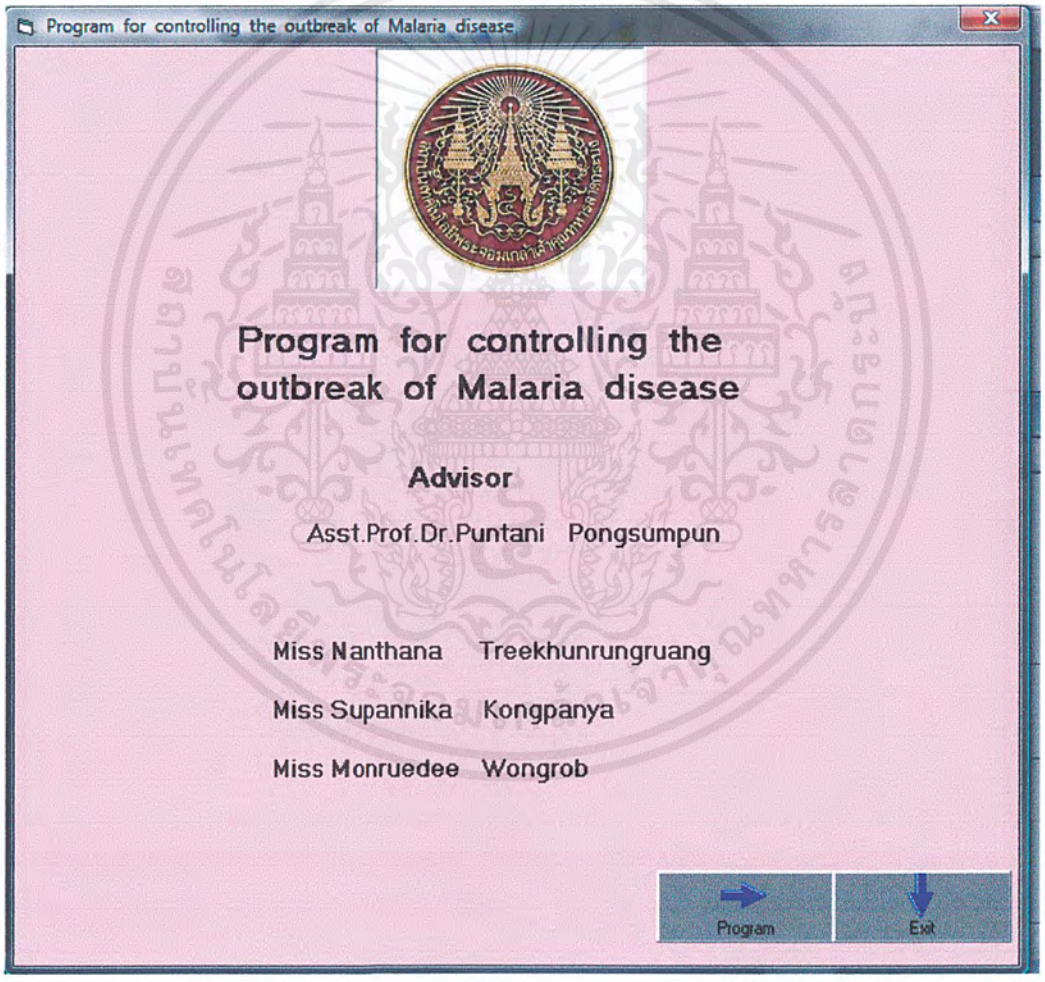
รูปที่ 4.5 ผังงานแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ป่วยที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่า S_M ,E_M,I_M และ R_M แล้วเราสามารถหาค่าของผลรวมของประชากร (N_p) ได้ว่า $N_p = S_p + E_p + I_p + R_p$ แล้วนำค่าดังกล่าวที่ได้ไปวาดกราฟเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

เมื่อเข้าสู่หน้าจอโปรแกรมหลัก จะประกอบไปด้วยชื่อโปรแกรม อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะผู้จัดทำ และประกอบด้วย ปุ่มเข้าสู่โปรแกรม และปุ่มออกจากโปรแกรม

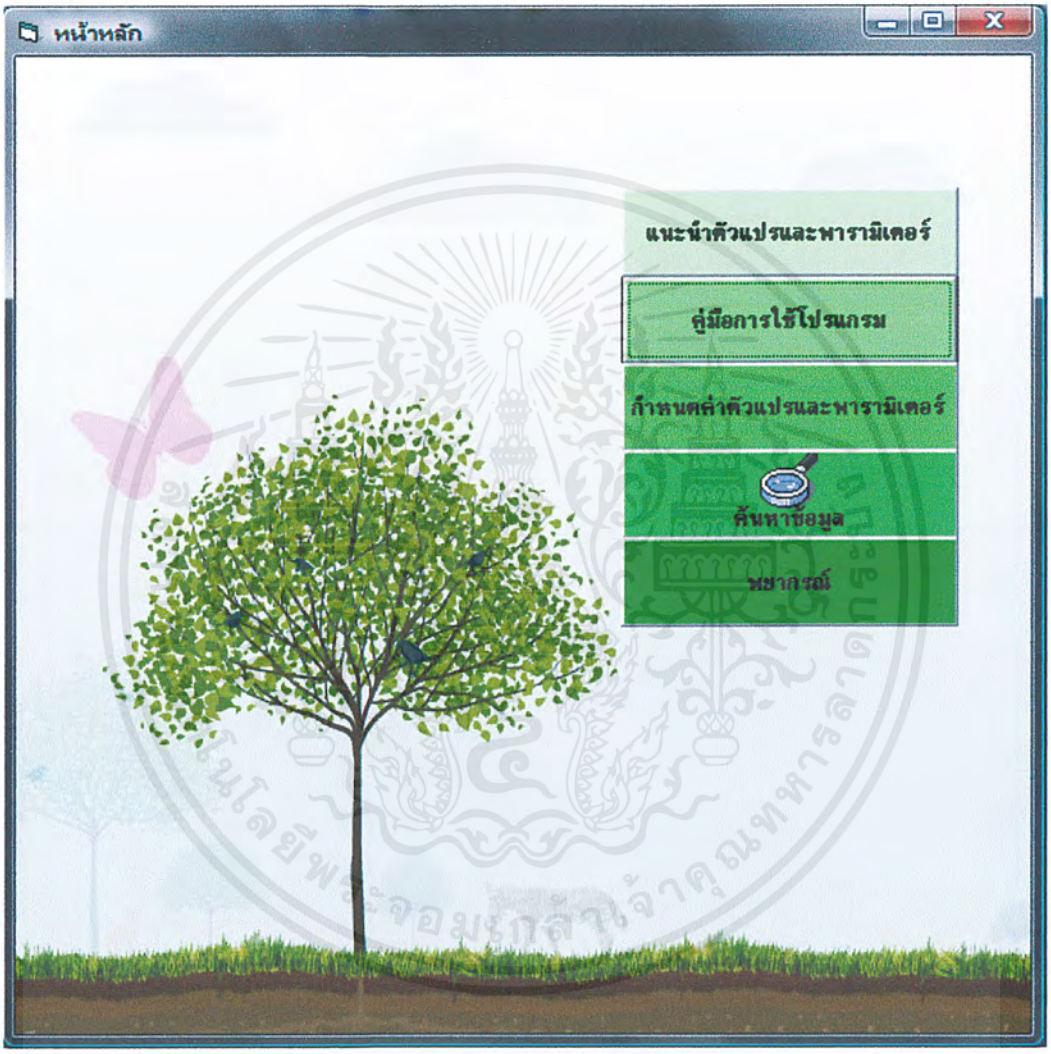


รูปที่ 4.6 หน้าจอโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

ก็จะเข้าสู่หน้าจอเลือกรายการที่ต้องการ ประกอบไปด้วยปุ่มแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ ปุ่มคู่มือการใช้โปรแกรม กำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ ค้นหาและพยากรณ์



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการให้แสดงความหมายของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการให้แสดงวิธีการใช้โปรแกรม

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบค่าหรือเมื่อต้องการเปลี่ยนค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์

กดปุ่ม

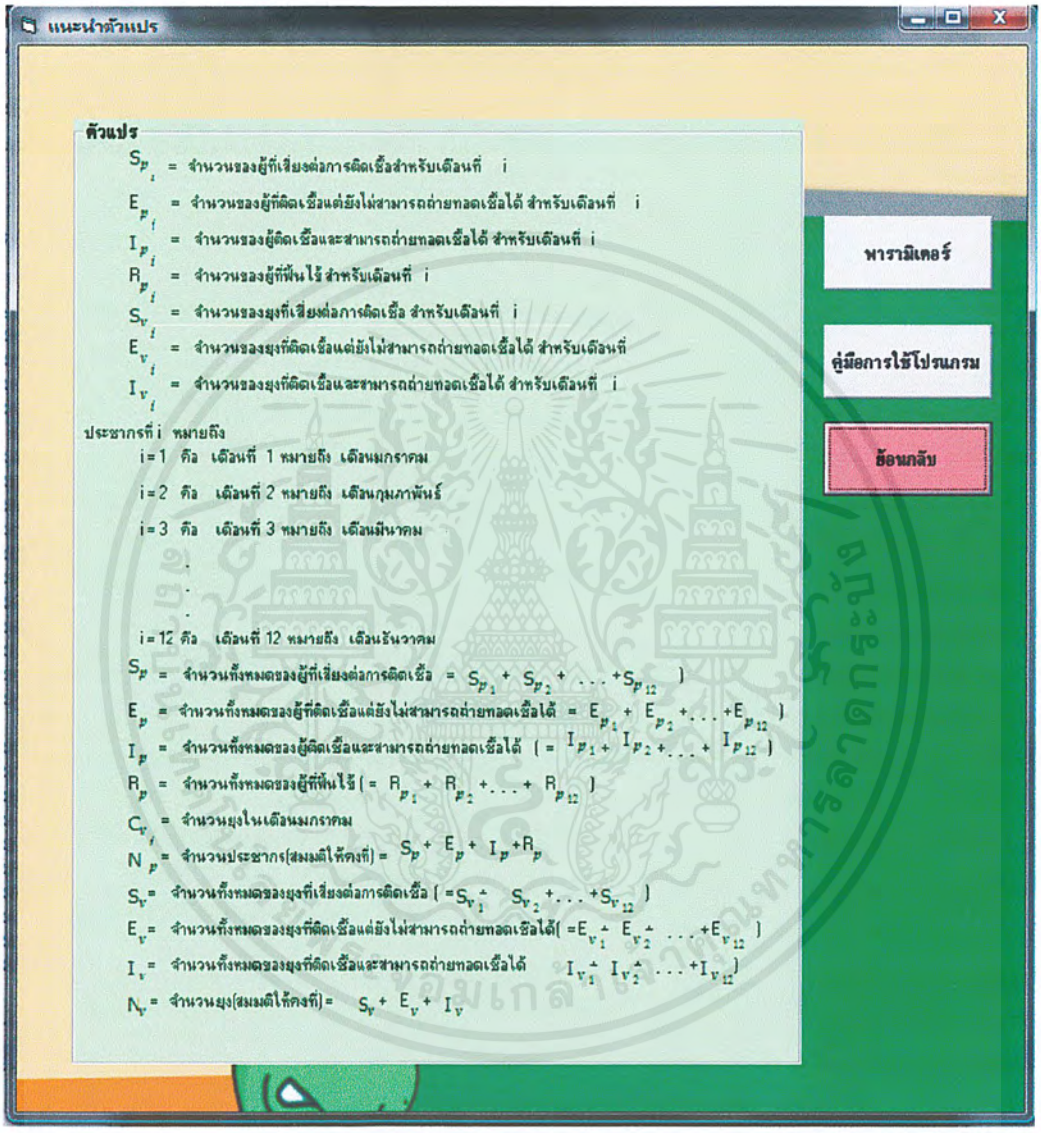
เมื่อต้องการค้นหาข้อมูล

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนที่สามารถควบคุมการระบาดของจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

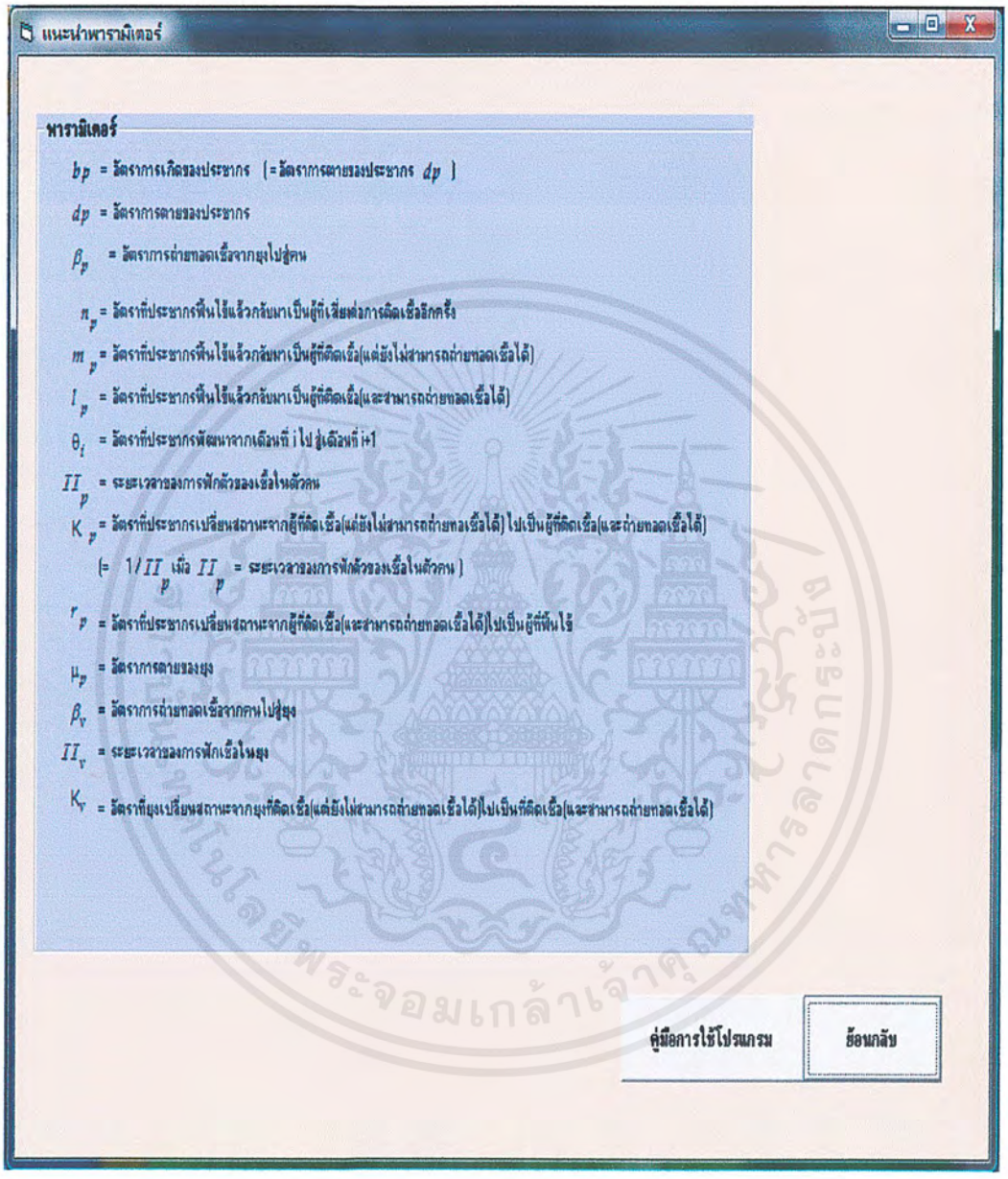
กดปุ่ม **แนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์** จะเข้าสู่หน้าจอแสดงความหมายของตัวแปร และพารามิเตอร์ ประกอบไปด้วย ปุ่มย้อนกลับ และปุ่มคู่มือการใช้โปรกรม



รูปที่ 4.8 หน้าจอแสดงการแนะนำตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม **พารามิเตอร์** จะเข้าสู่หน้าจอแสดงการแนะนำพารามิเตอร์



รูปที่ 4.9 หน้าจอแสดงการแนะนำพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

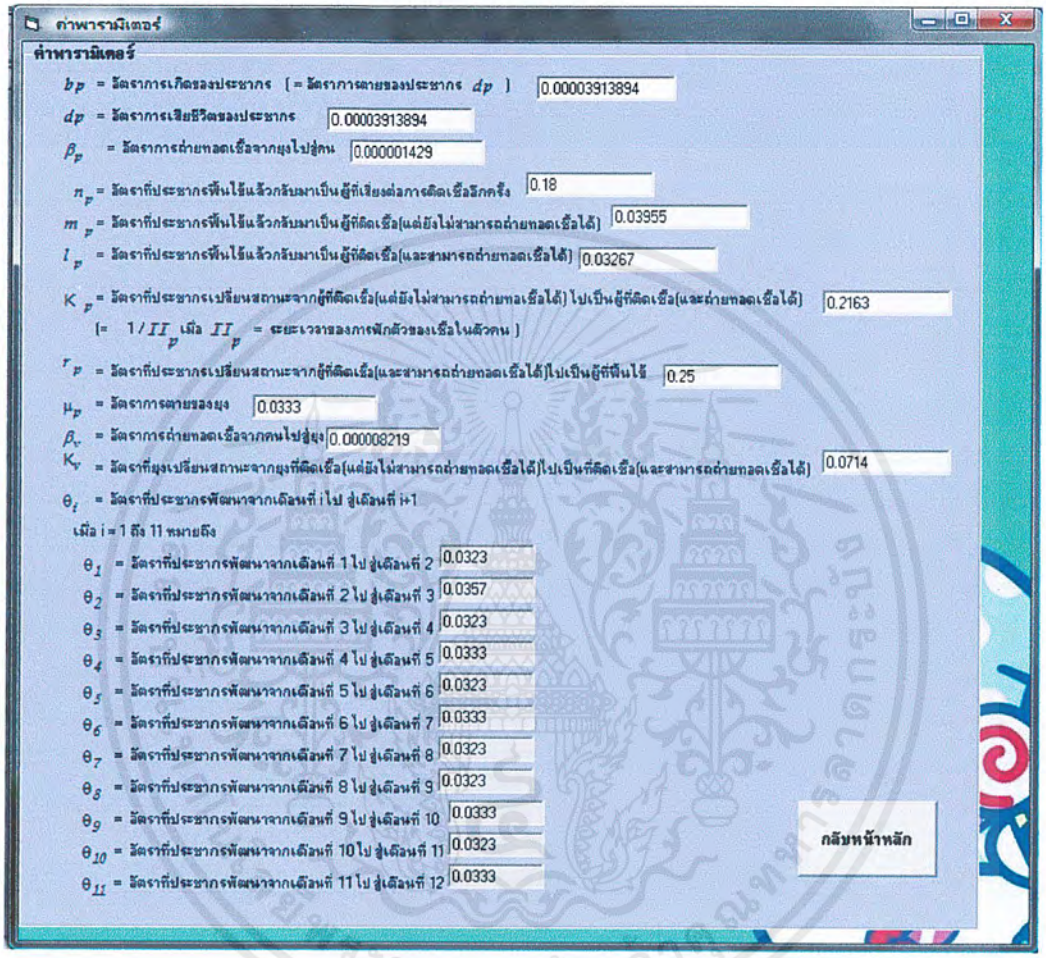
กดปุ่ม จะเข้าสู่หน้าจอแสดงวิธีการใช้โปรแกรม ซึ่งอธิบายวิธีการใช้โปรแกรมในขั้นตอนต่างๆ

รูปที่ 4.10 หน้าจอแสดงคู่มือการใช้โปรแกรม

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปเลือกรายการที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม **กำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์** จะเข้าสู่หน้าจอกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับการระบาดของโรคมาลาเรีย



รูปที่ 4.11 หน้าจอแสดงการกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์

กดปุ่ม **กลับหน้าหลัก** เมื่อต้องการกลับไปเลือกรายการที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้ารายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ กราฟสรุป กลับสู่หน้าหลัก และ Exit

รูปที่ 4.12 หน้าจอแสดงรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

กดปุ่ม

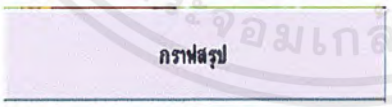
เมื่อต้องการทราบจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการทราบจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม 

เมื่อต้องการทราบกราฟสรุปของคนและยุง

กดปุ่ม

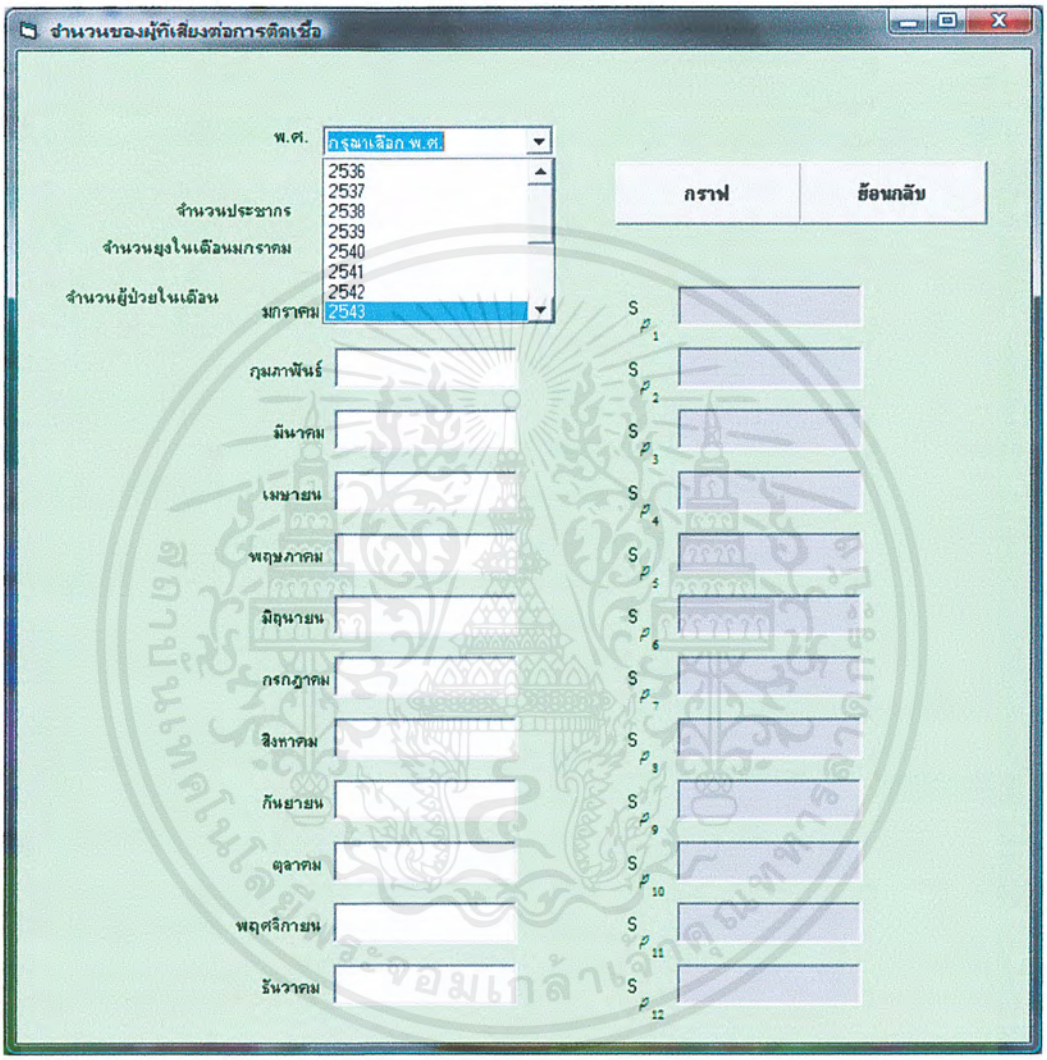
เมื่อต้องการกลับไปเลือกรายการที่ต้องการ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

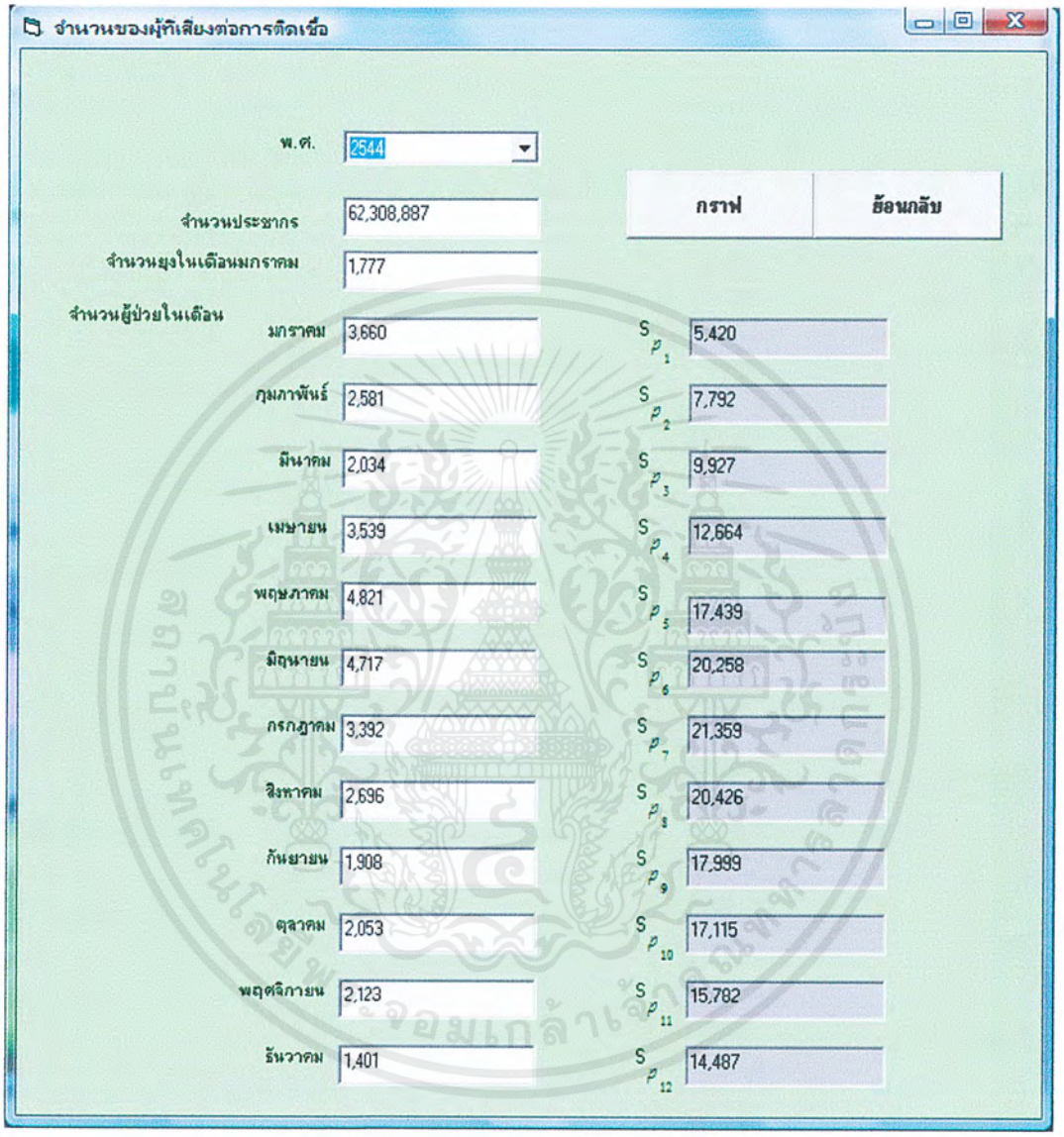


รูปที่ 4.13 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

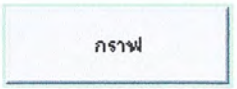
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)

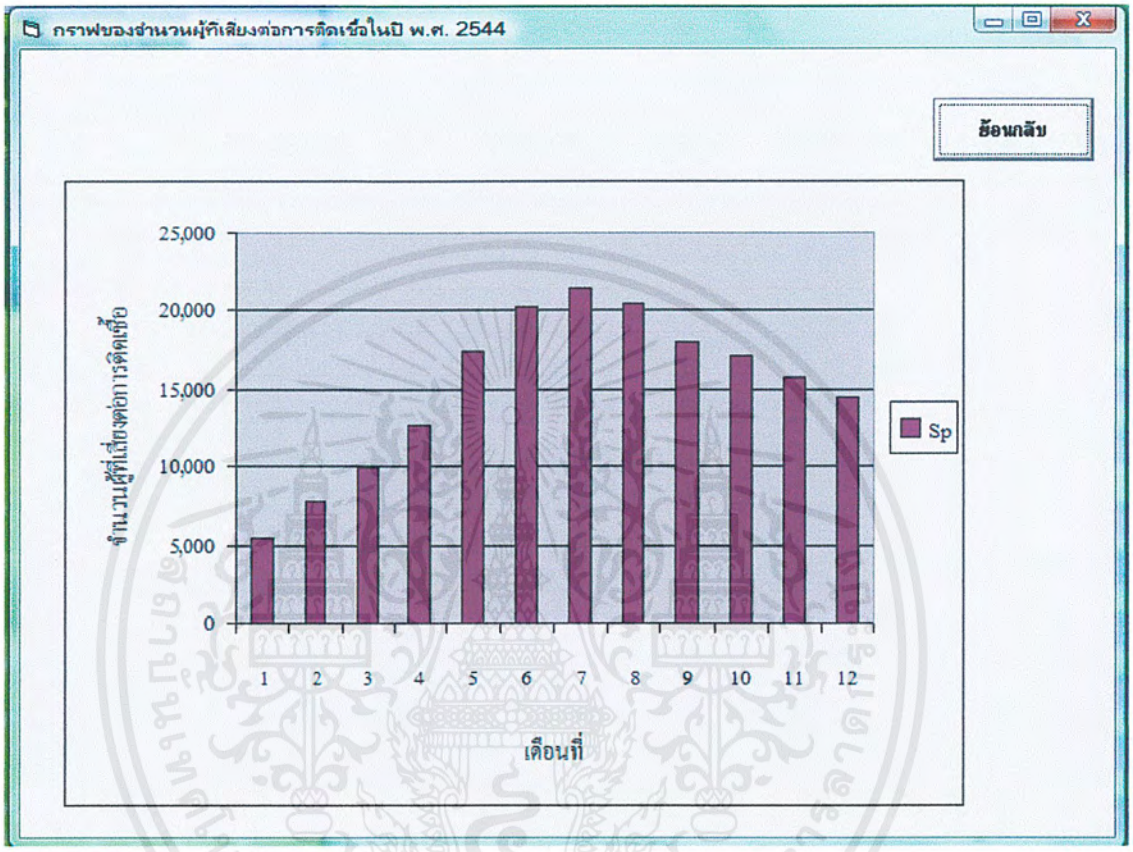


รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม 

เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปีที่ต้องการ



รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

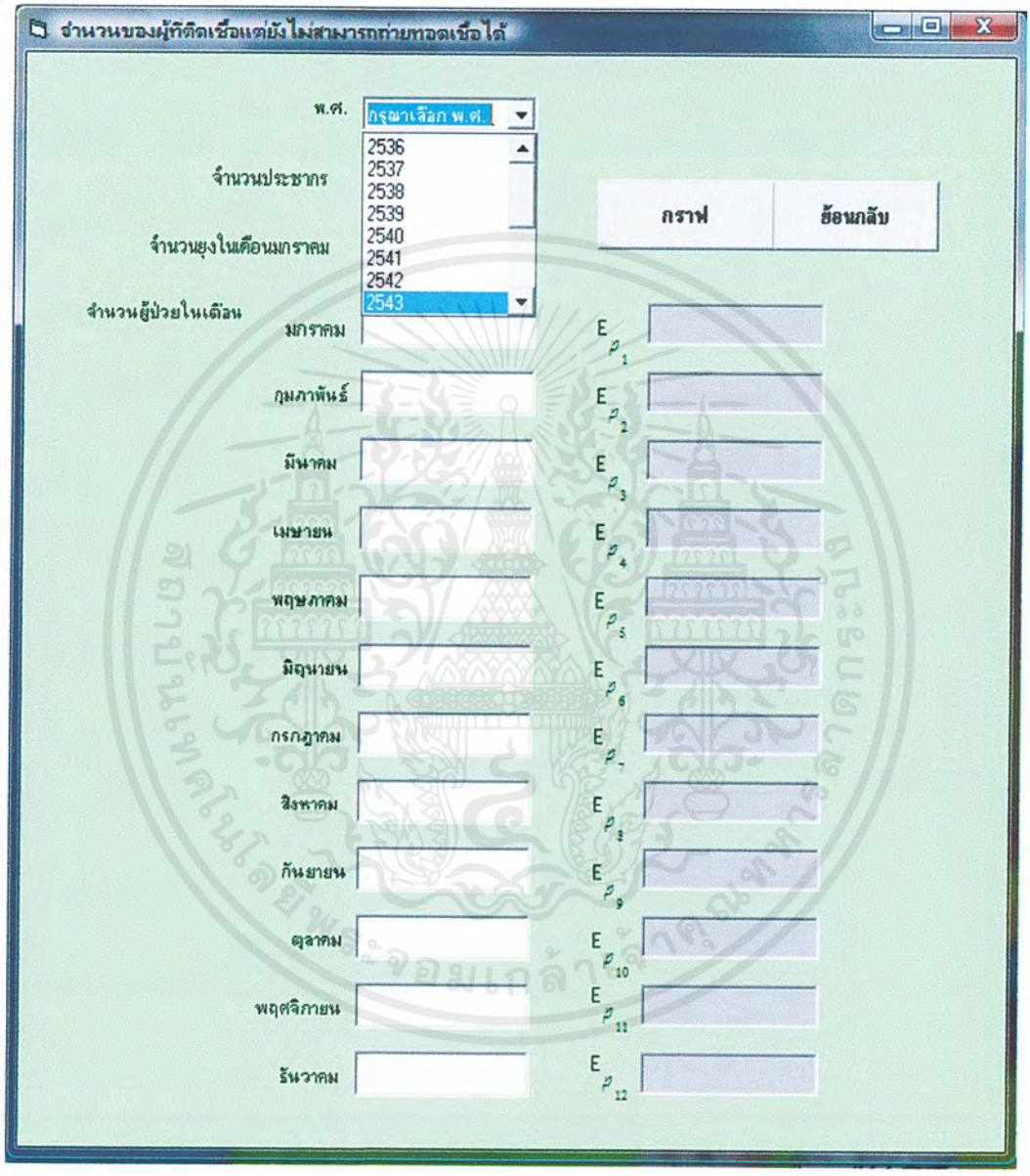
กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้



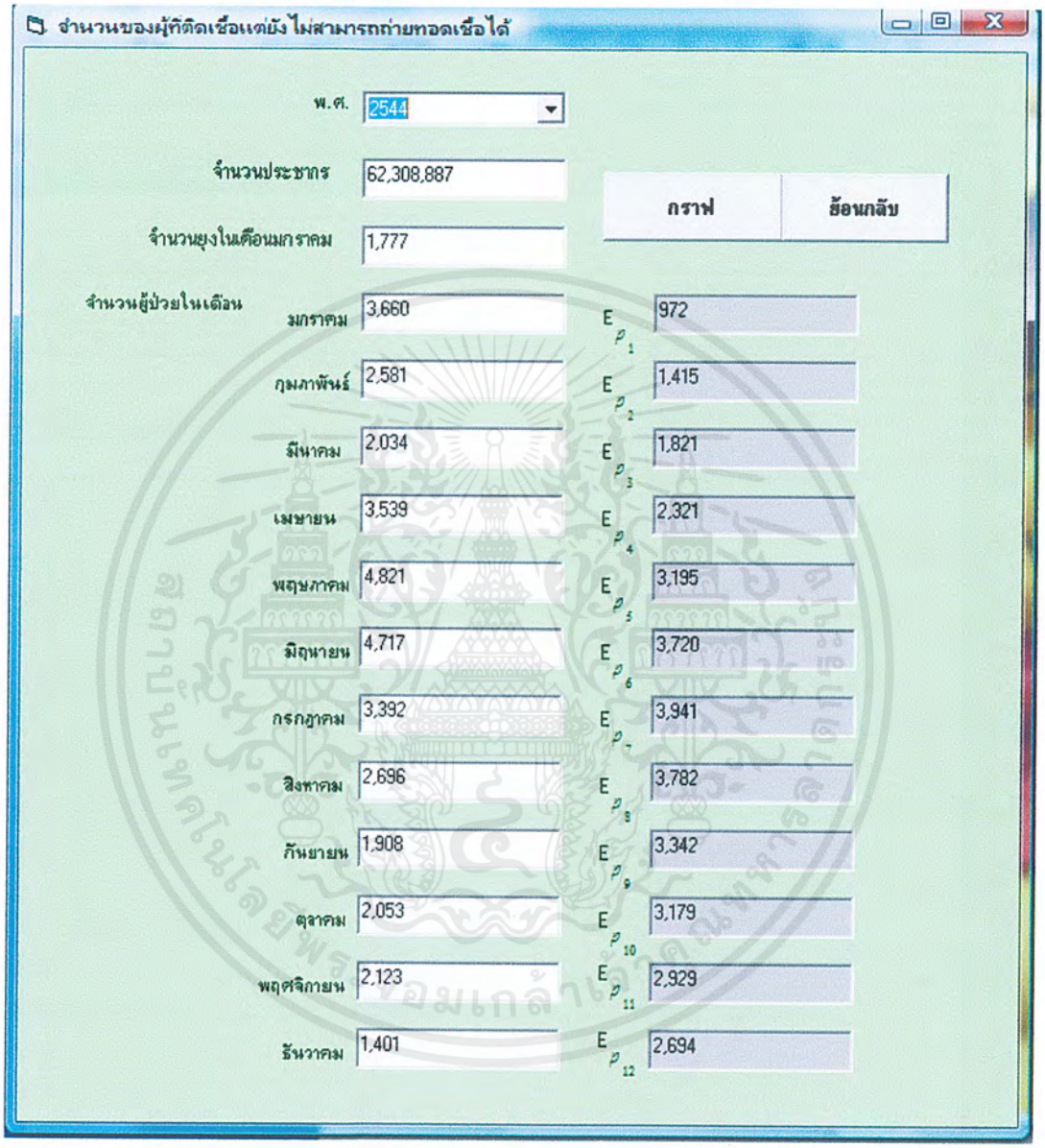
รูปที่ 4.16 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.17 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปีที่ต้องการ

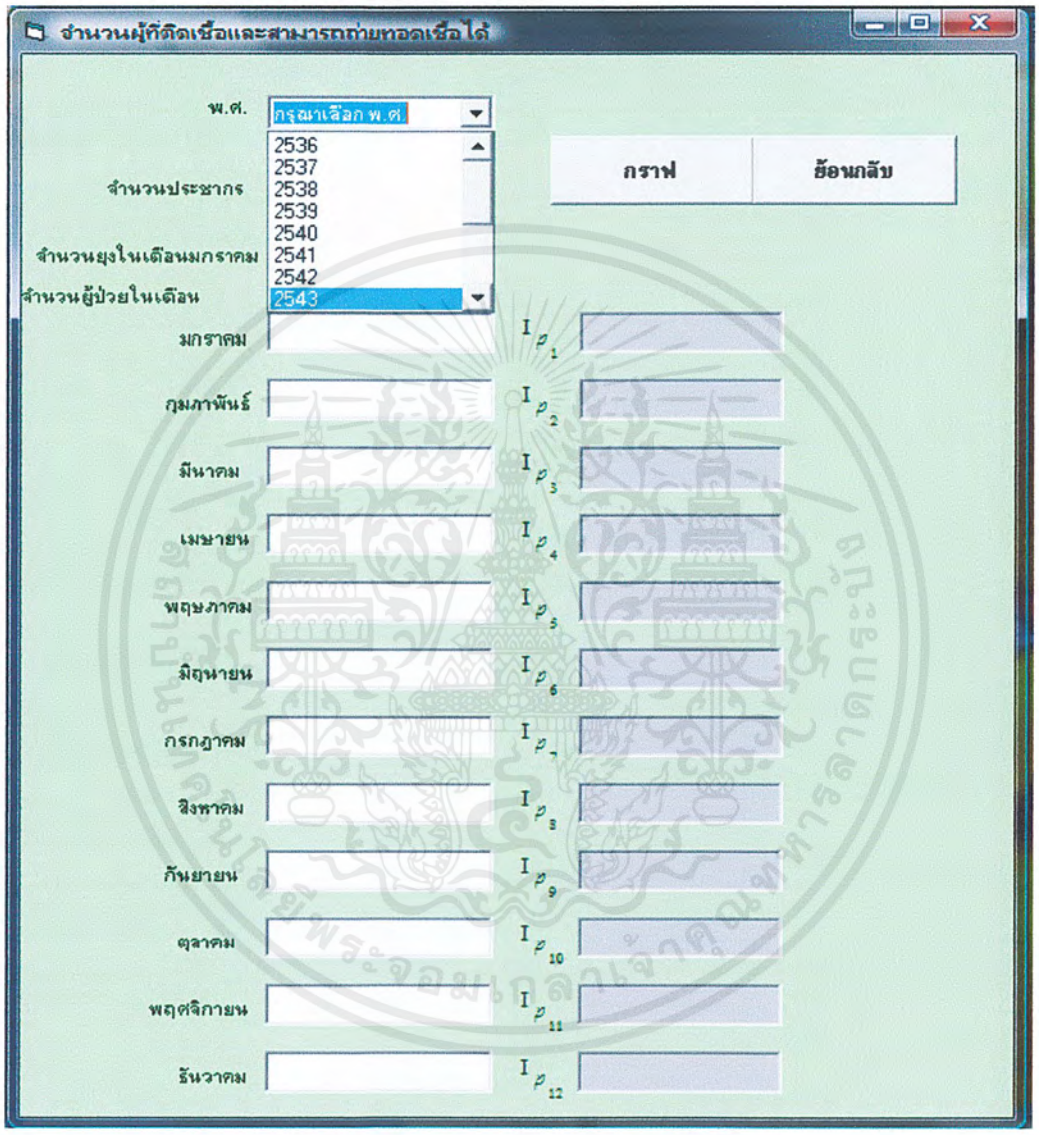
รูปที่ 4.18 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้



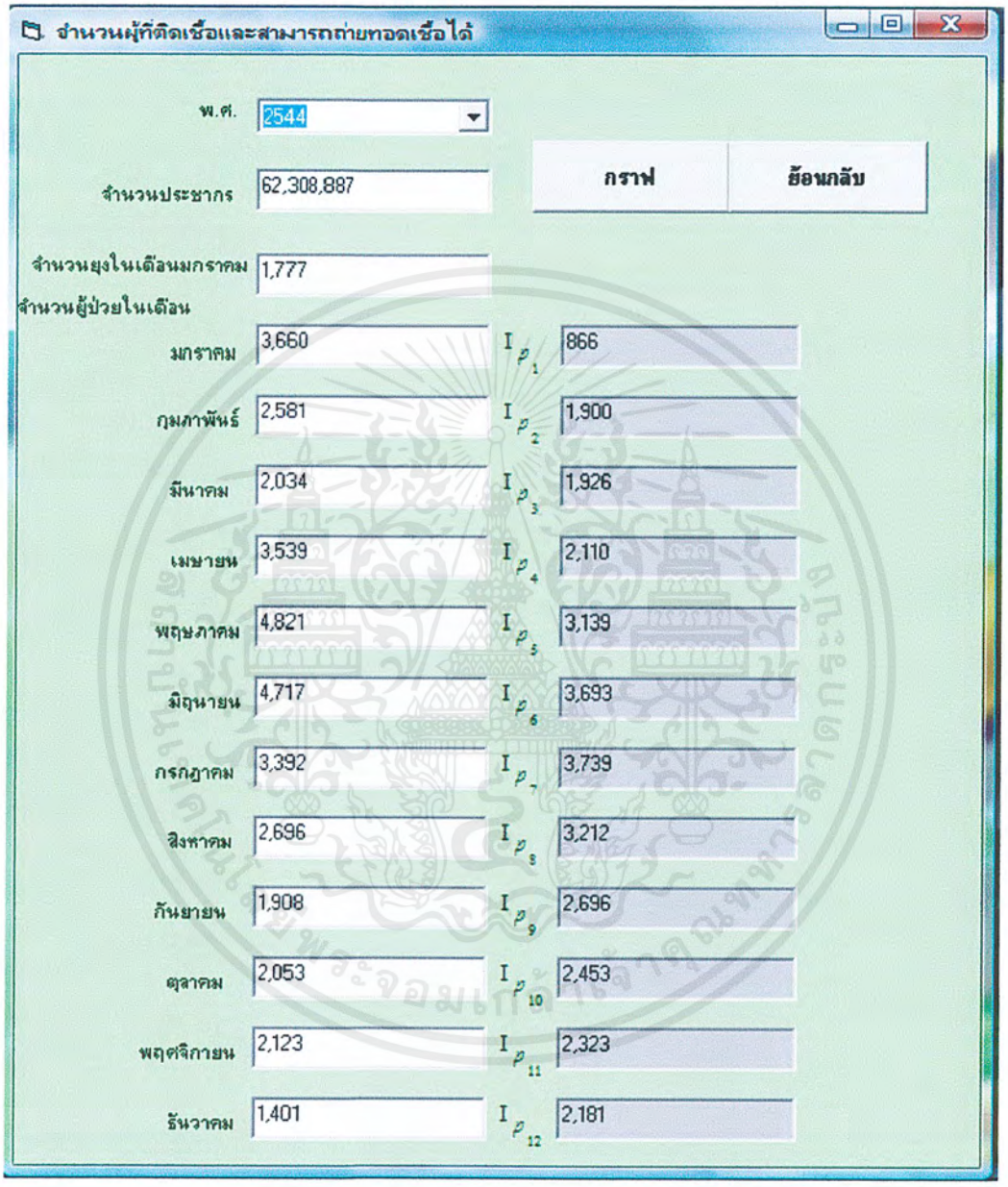
รูปที่ 4.19 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.20 หน้าจอแสดงจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปีที่ต้องการ

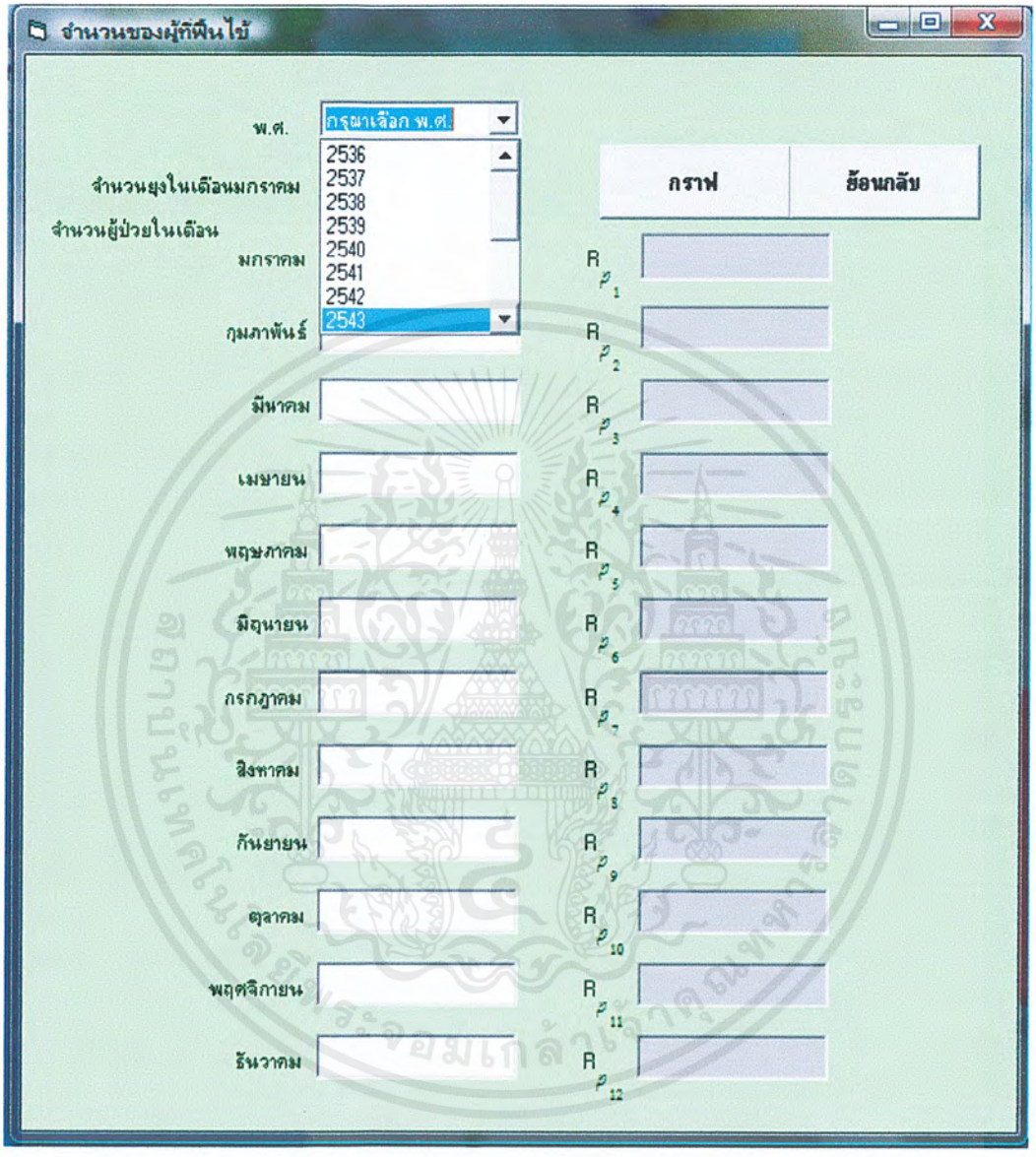
รูปที่ 4.21 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการ กลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้



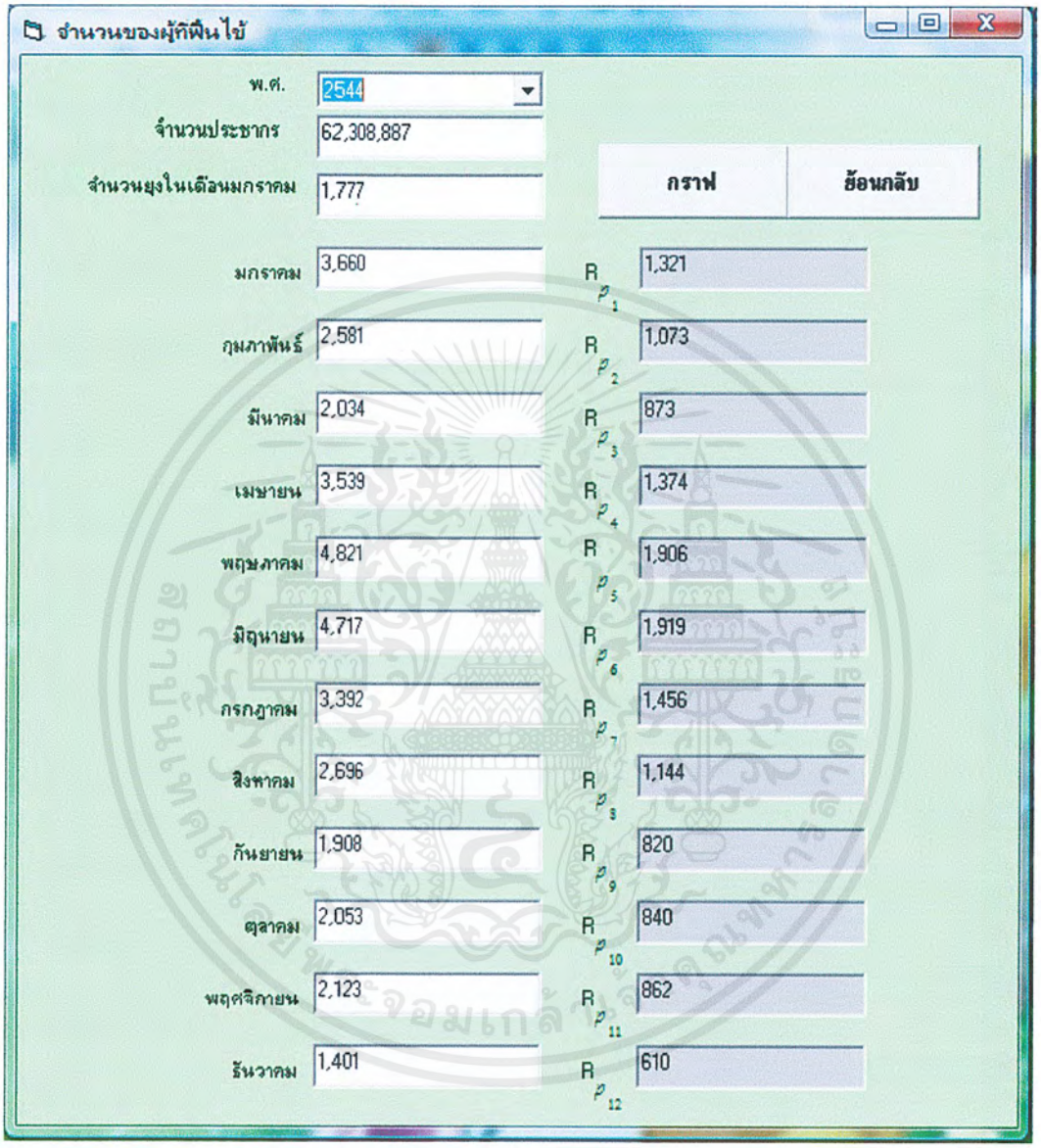
รูปที่ 4.22 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

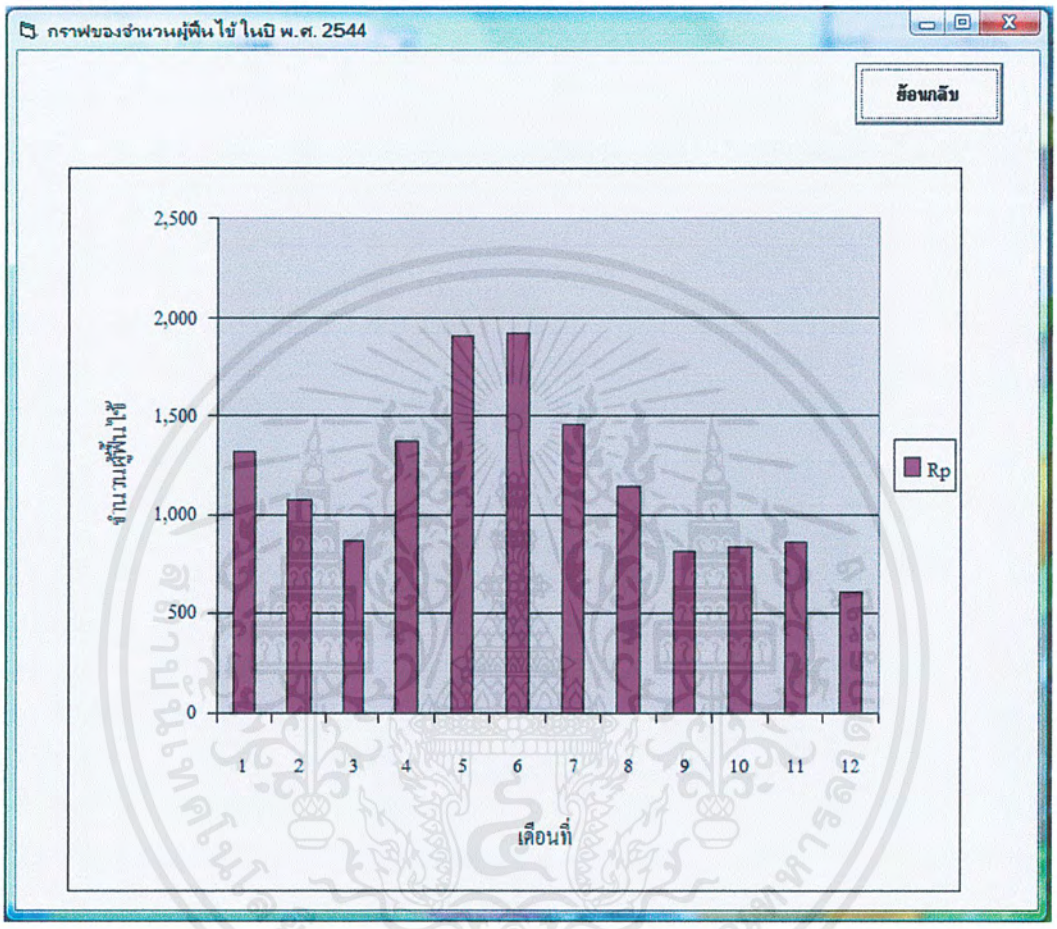
กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.23 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ ในปีที่ต้องการ



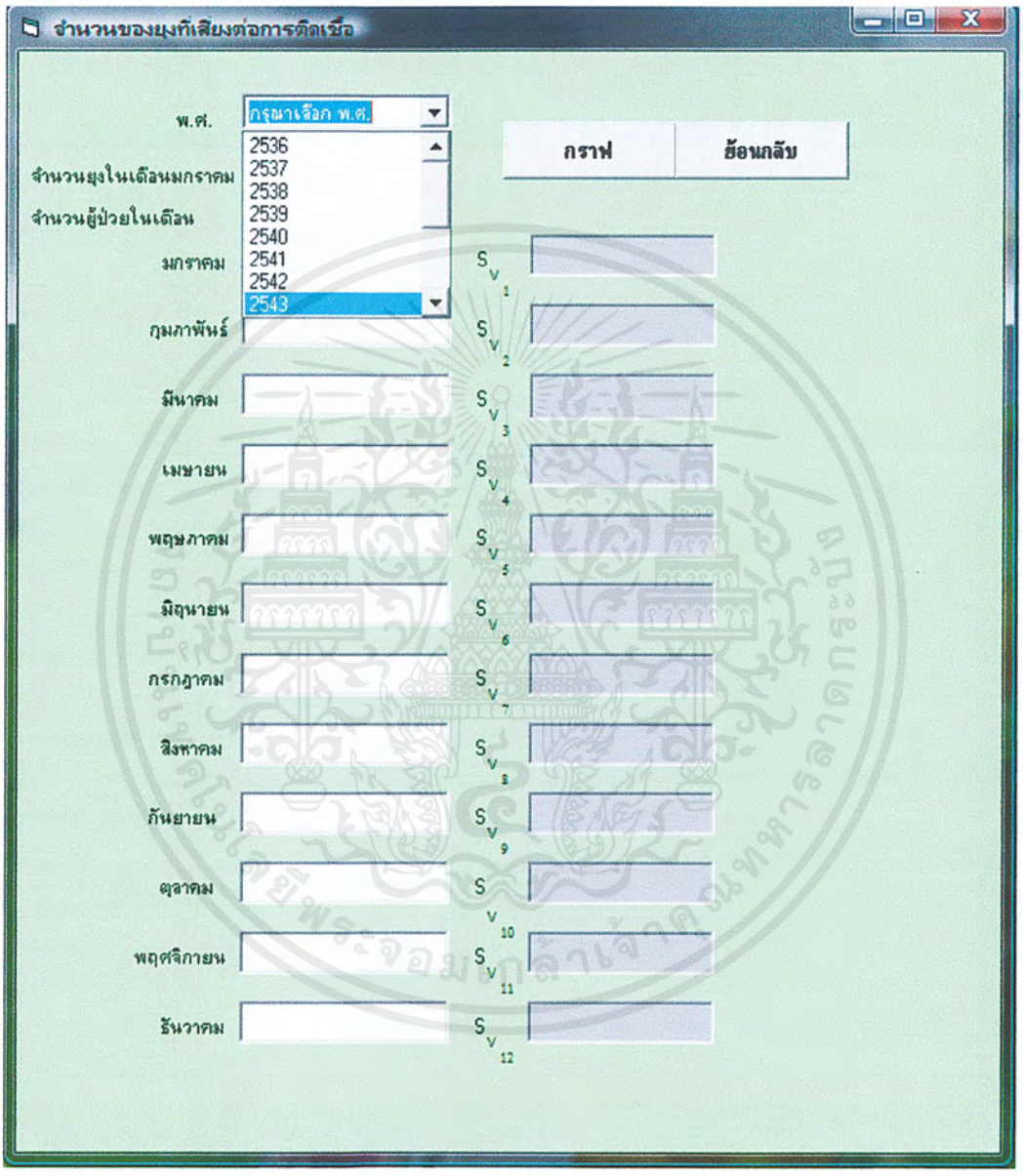
รูปที่ 4.24 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ



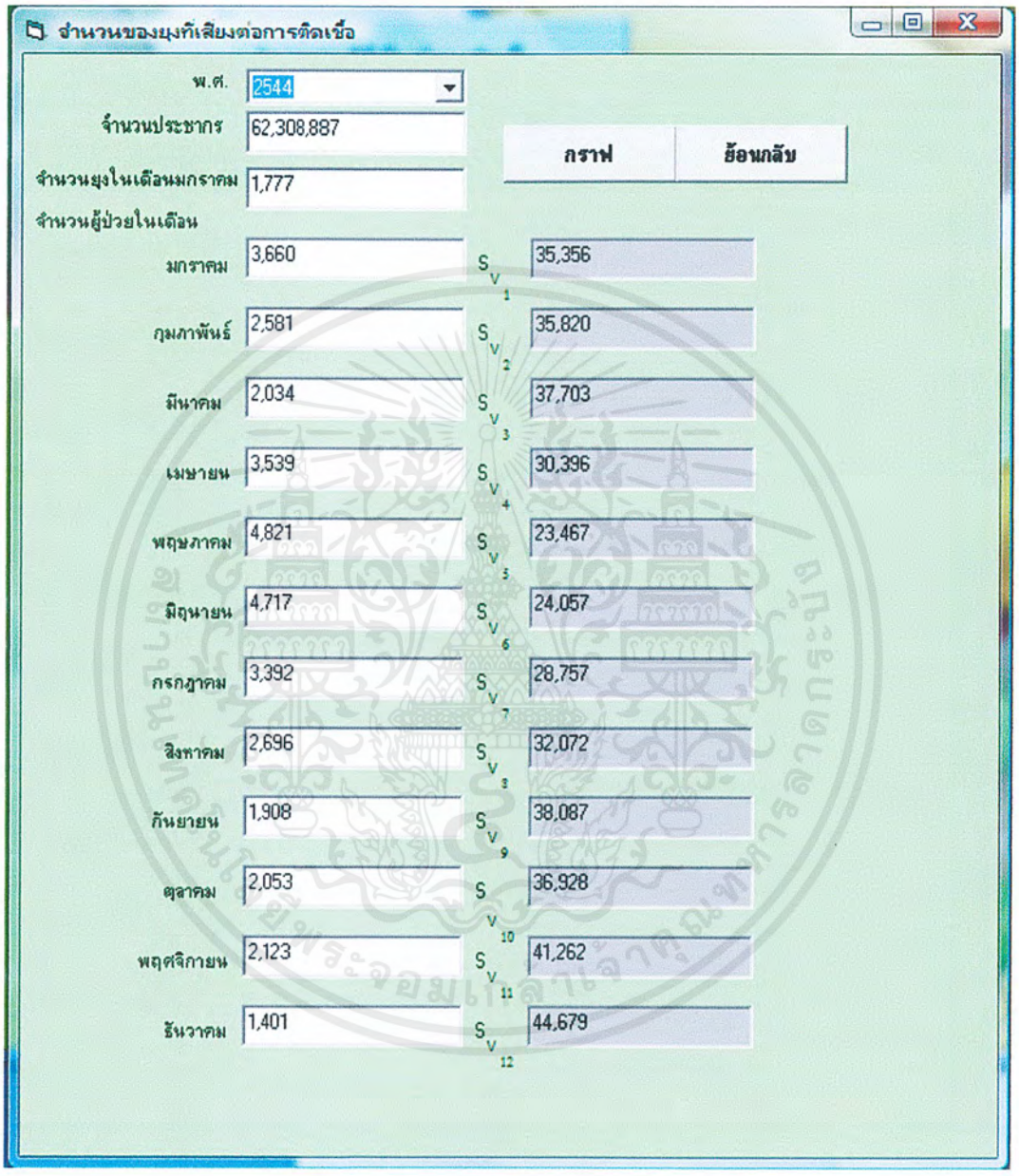
รูปที่ 4.25 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.26 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปีที่ต้องการ

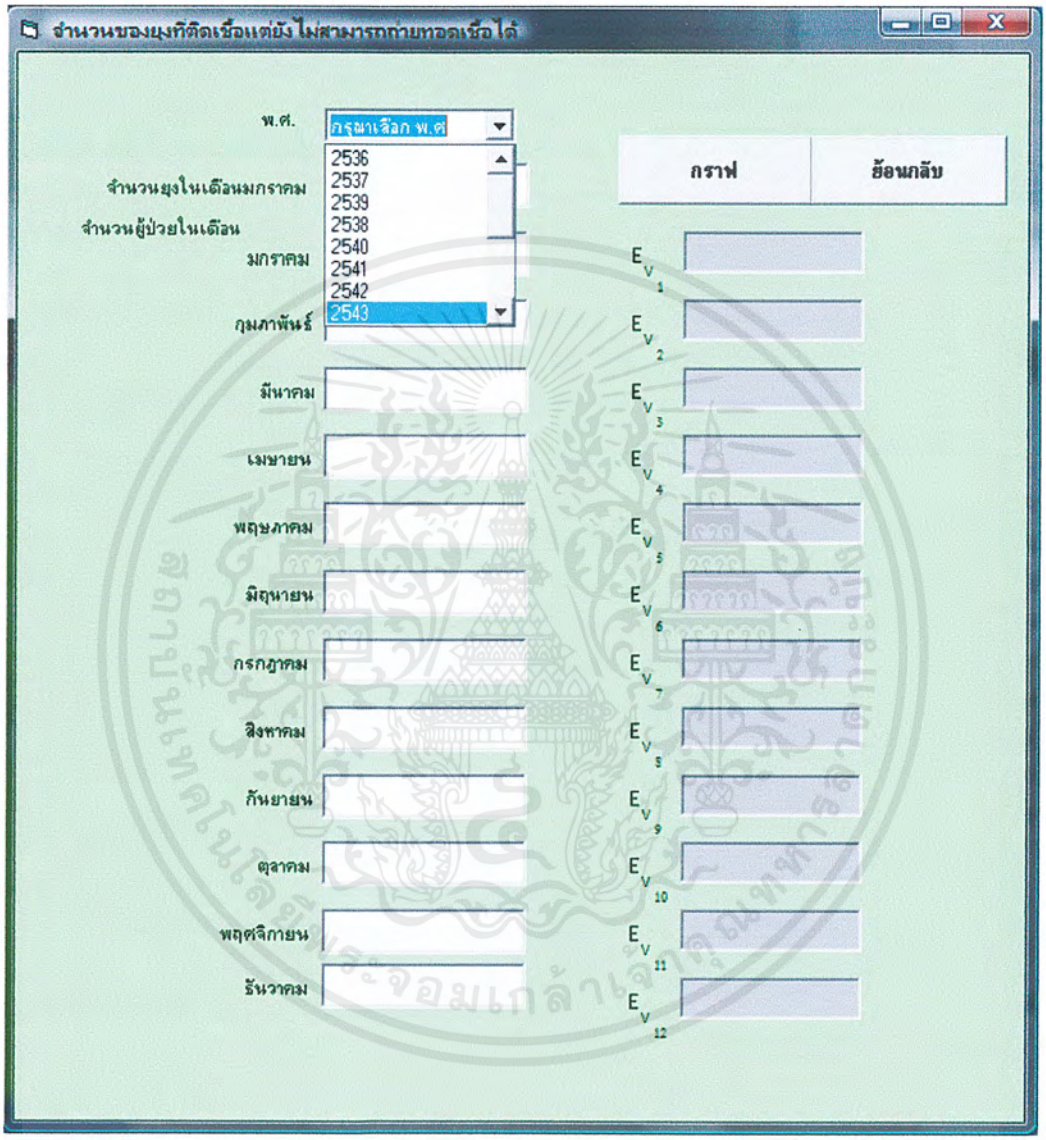
รูปที่ 4.27 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้



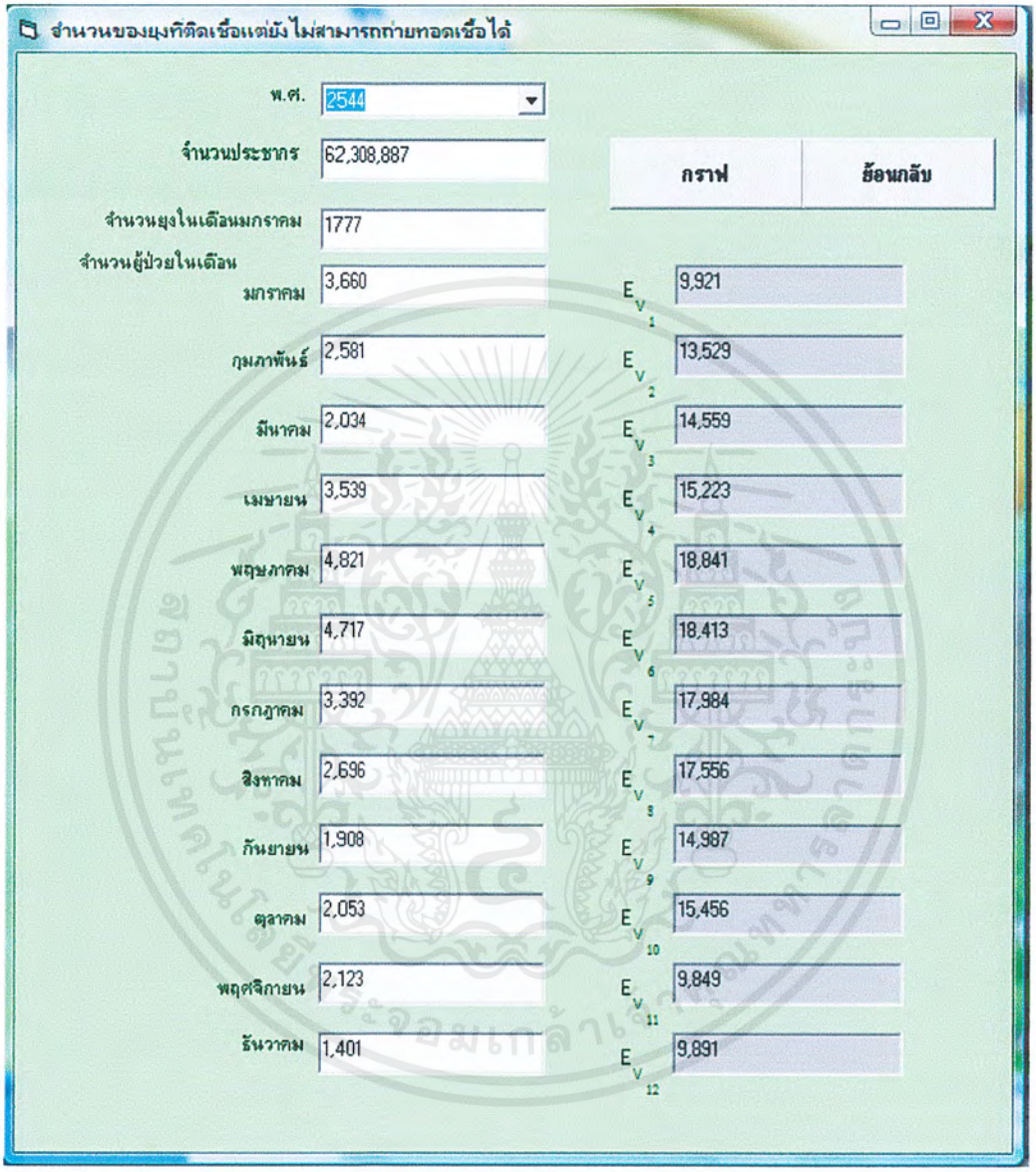
รูปที่ 4.28 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

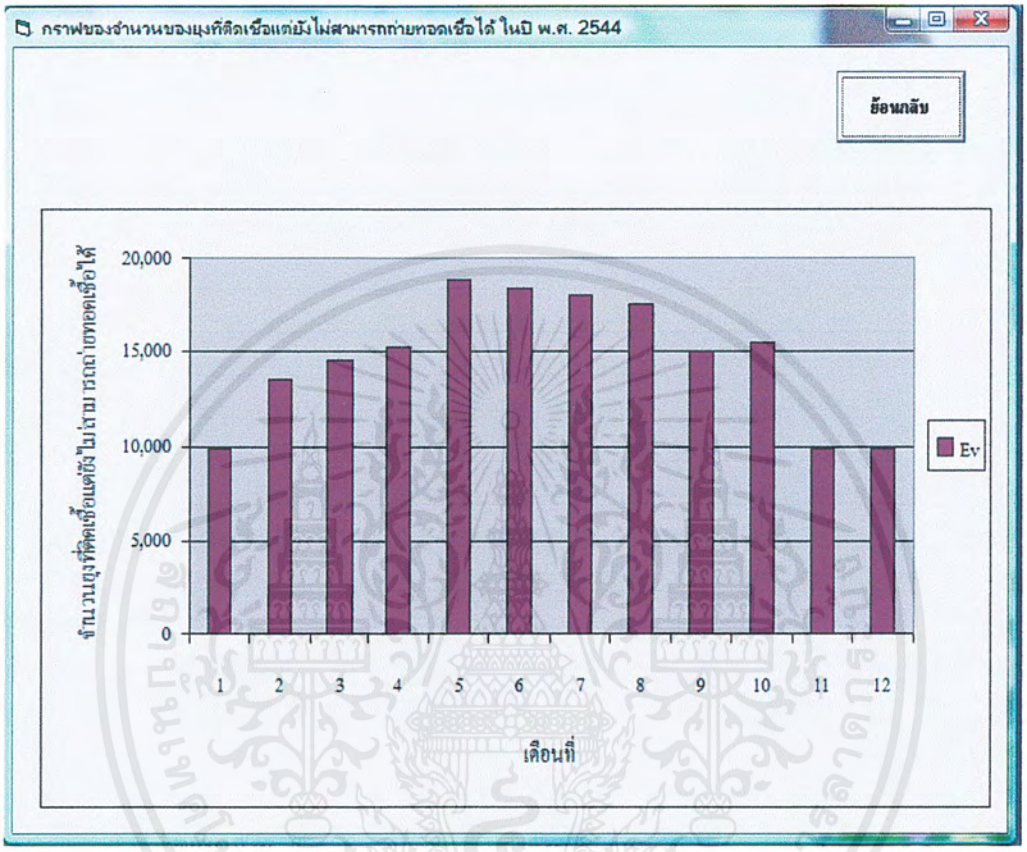
กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.29 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปีที่ต้องการ



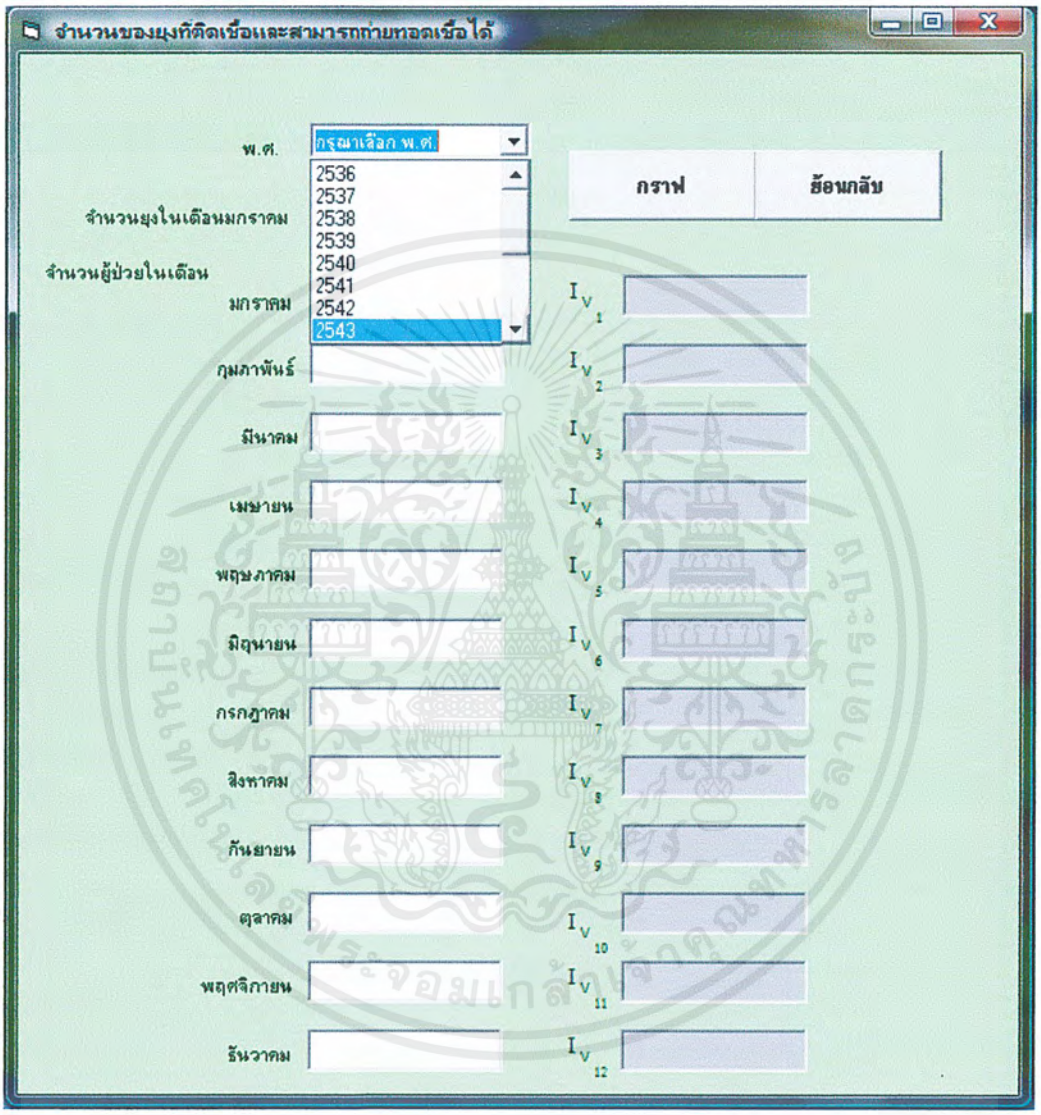
รูปที่ 4.30 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้



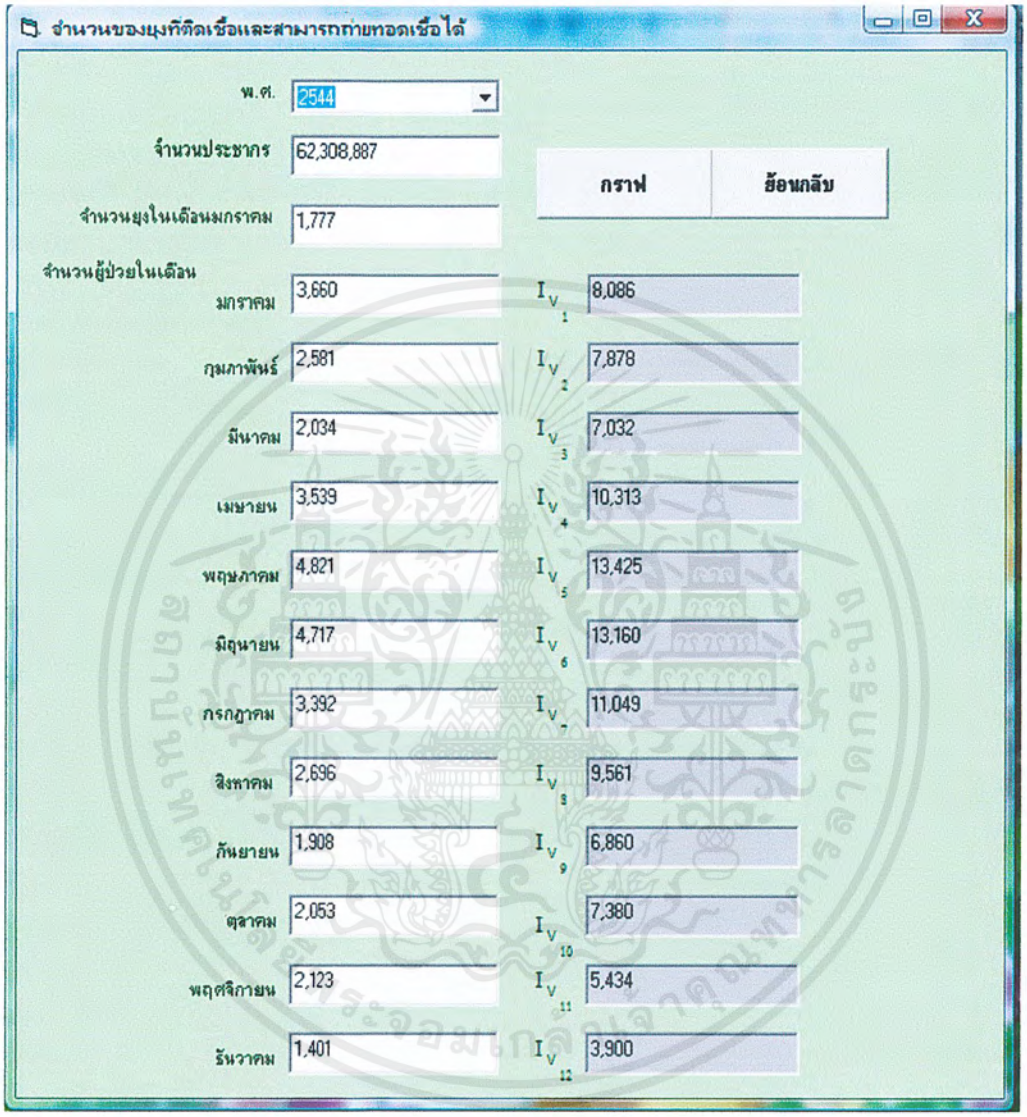
รูปที่ 4.31 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

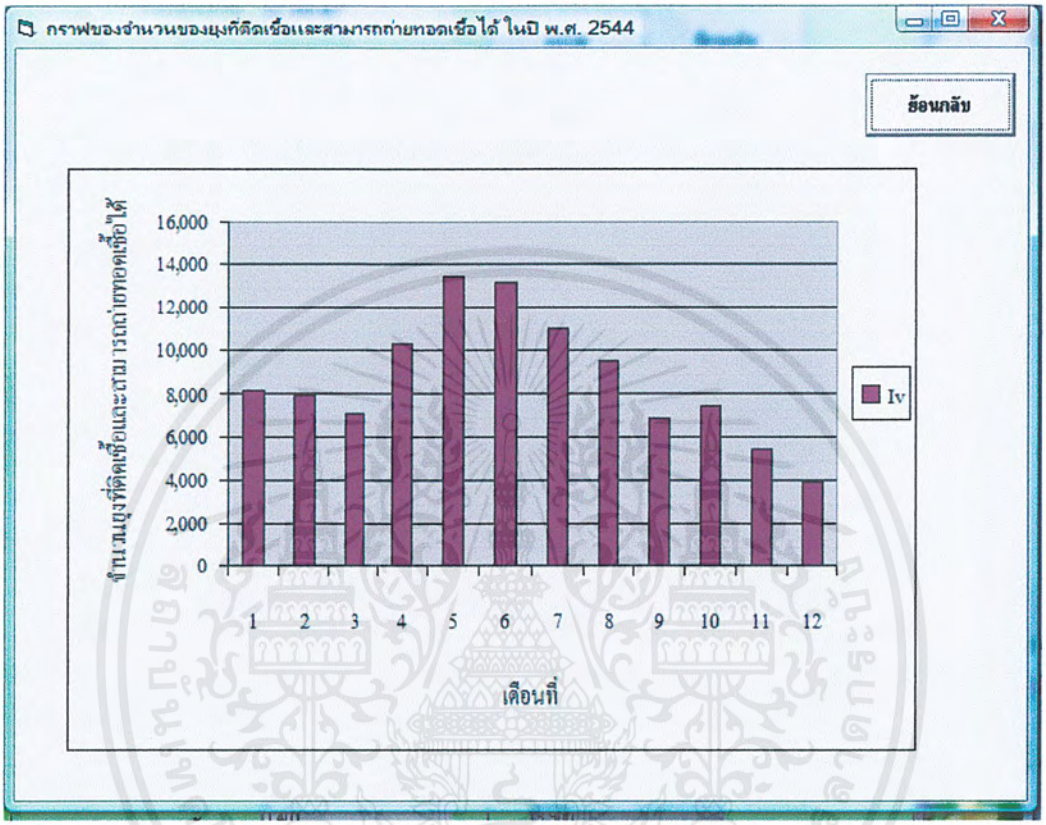
กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545)



รูปที่ 4.32 หน้าจอแสดงการค้นหาจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

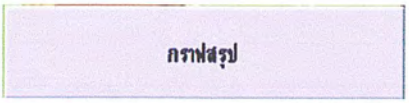
กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปีที่ต้องการ



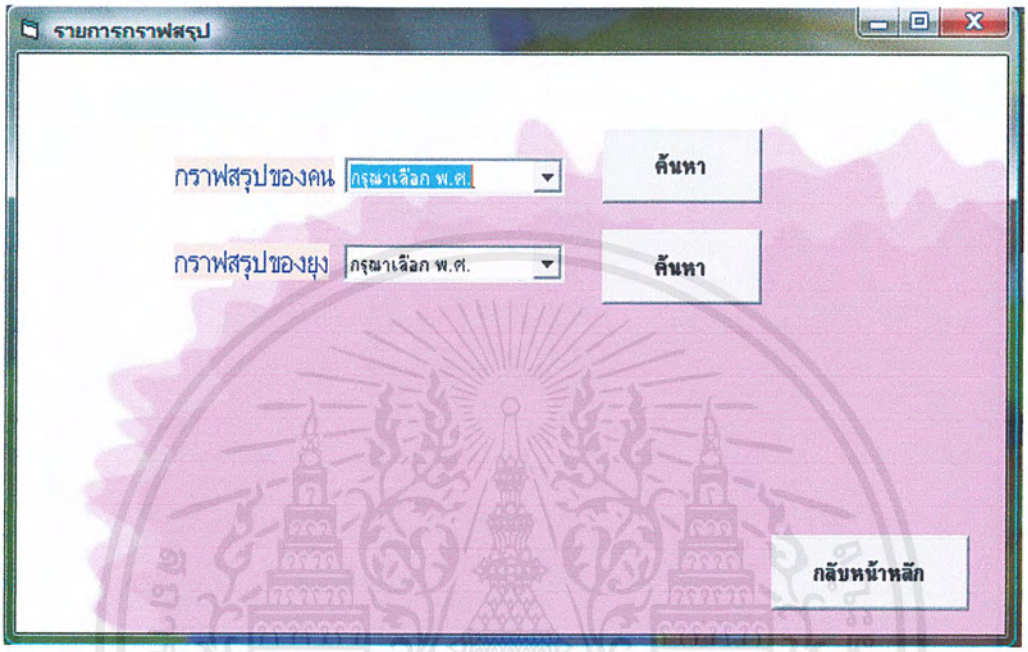
รูปที่ 4.33 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหาจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในปี พ.ศ.2544

กดปุ่ม [ย้อนกลับ] เมื่อต้องการกลับไปยังรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

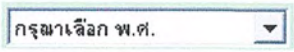
กดปุ่ม 

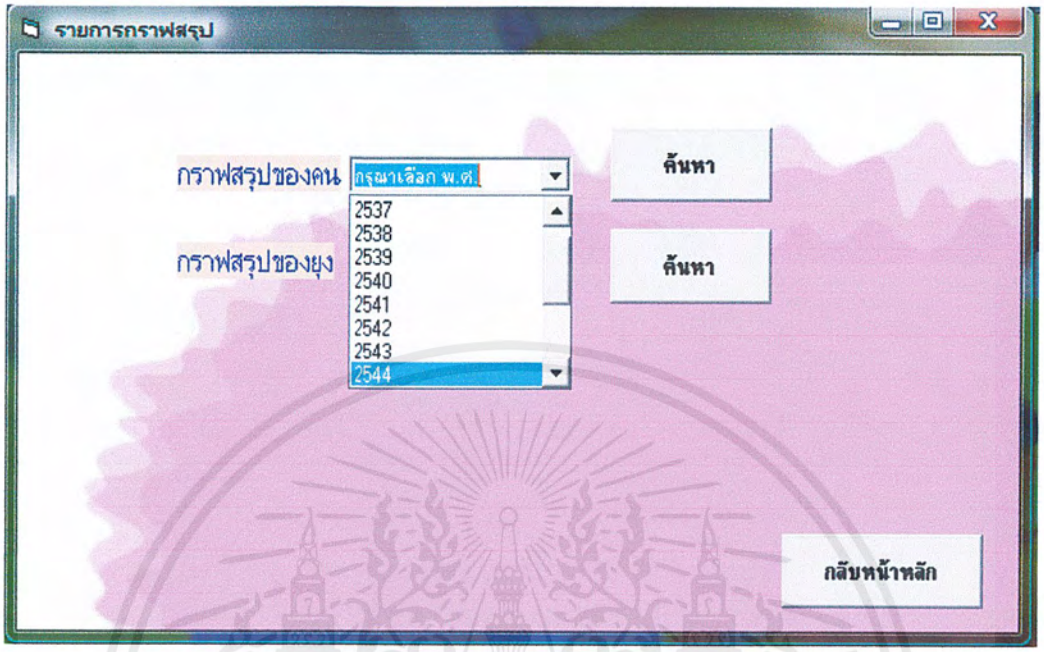
จะเข้าสู่หน้ากราฟสรุป ซึ่งประกอบไปด้วย กราฟสรุปของคน กราฟสรุปของยุง ค้นหา กลับหน้าหลัก



รูปที่ 4.34 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

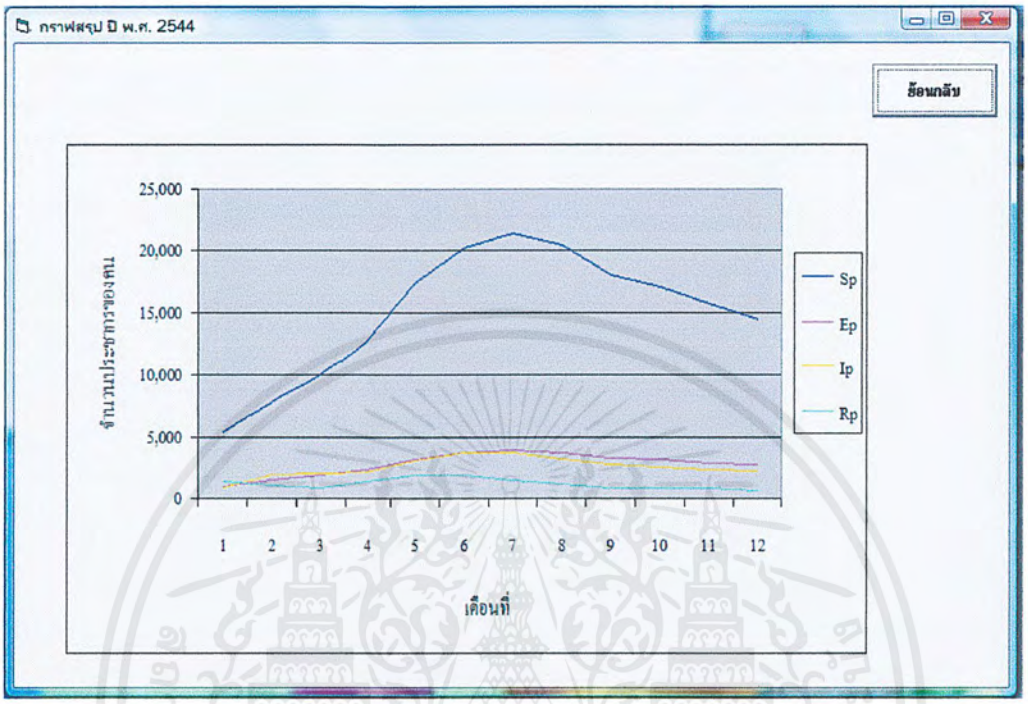
กด  เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงกราฟสรุปของคน



รูปที่ 4.35 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุปของคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม ค้นหา เพื่อให้แสดงกราฟสรุปของคน



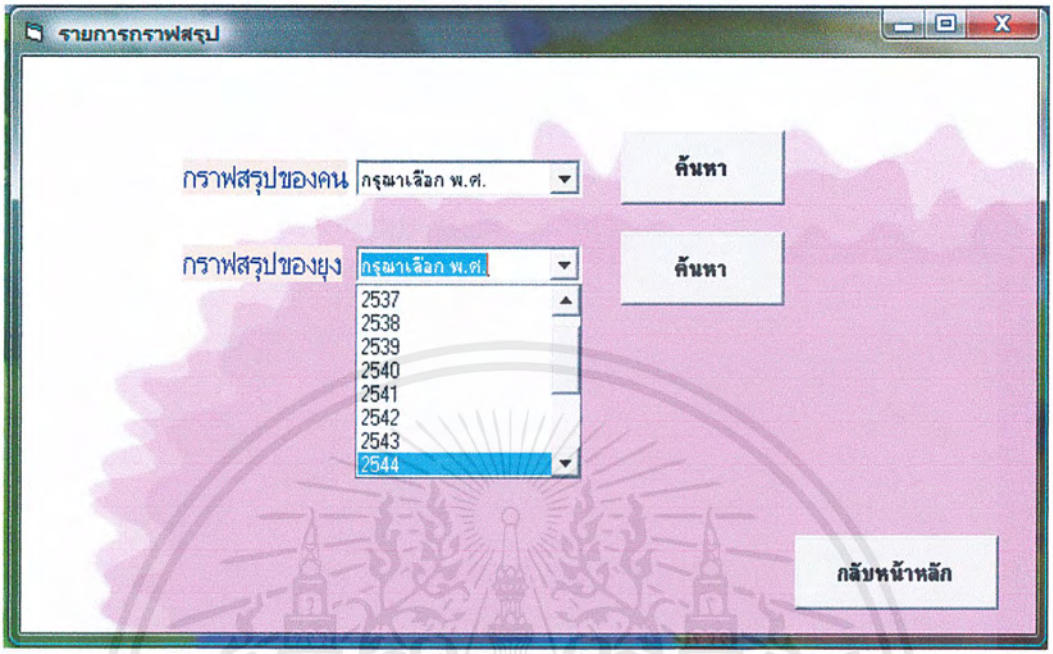
รูปที่ 4.36 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหากราฟสรุปของคนในปีพ.ศ. 2544

กดปุ่ม ย้อนกลับ เมื่อต้องการกลับไปยังรายการกราฟสรุป

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่า จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ฟื้นไข้ มีจำนวนมากตามลำดับ ในช่วงเดือนที่ 5-8 (เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม) มีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง เนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าวมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยุงก้นปล่องจึงส่งผลให้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ฟื้นไข้สูงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กด กรุณาเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงกราฟสรุปของยุง



รูปที่ 4.37 หน้าจอแสดงการค้นหารายการกราฟสรุปของยุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม ค้นหา เพื่อให้แสดงกราฟสรุปของยุง

รูปที่ 4.38 หน้าจอแสดงกราฟการค้นหากราฟสรุปของยุงในปีพ.ศ. 2544

กดปุ่ม ย้อนกลับ เมื่อต้องการกลับไปยังรายการกราฟสรุป

จากกราฟจะแสดงให้เห็นว่า จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้มีจำนวนมากตามลำดับ เนื่องจากเมื่อมีจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (ยุงที่ยังไม่ติดเชื้อ) ต่ำในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม) จึงส่งผลให้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ในช่วงเดือนดังกล่าวสูงขึ้นไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม พยากรณ์ จะเข้าสู่หน้าพยากรณ์ข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยัง ไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ กลับหน้าหลัก และ Exit

รูปที่ 4.39 หน้าจอแสดงการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับไปเลือกรายการที่ต้องการ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน

รูปที่ 4.40 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

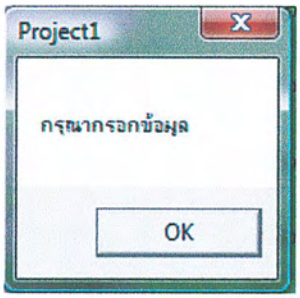
กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม เมื่อต้องการคำนวณจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

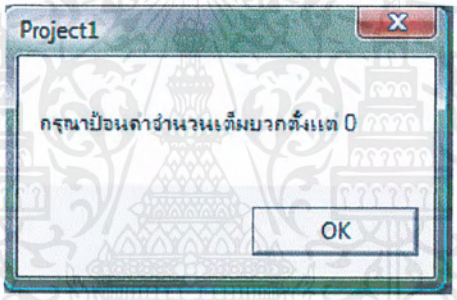
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะต้องกรอกข้อมูลให้ครบทุกตัว ไม่เช่นนั้นโปรแกรมก็จะขึ้นข้อความเตือน



รูปที่ 4.41 แสดงข้อผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลไม่ครบ

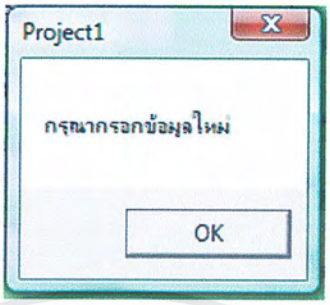
ข้อมูลที่กรอกจะต้องมีค่าเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวกตั้งแต่ศูนย์ ขึ้นไป ไม่เช่นนั้นโปรแกรมจะขึ้นเตือน



รูปที่ 4.42 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์

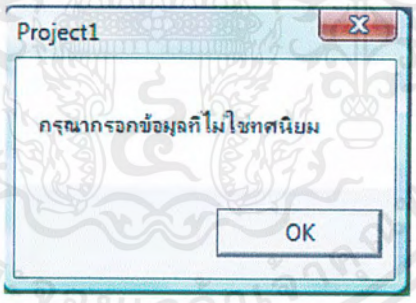
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคม ต้องมีผลรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนประชากร ไม่เช่นนั้นโปรแกรมจะขึ้นเตือน



รูปที่ 4.43 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคมที่มีผลรวมมากกว่าจำนวนประชากร

ข้อมูลที่กรอกจะต้องมีค่าเป็นตัวเลขที่ไม่ใช่ทศนิยม ไม่เช่นนั้นโปรแกรมจะขึ้นเตือน

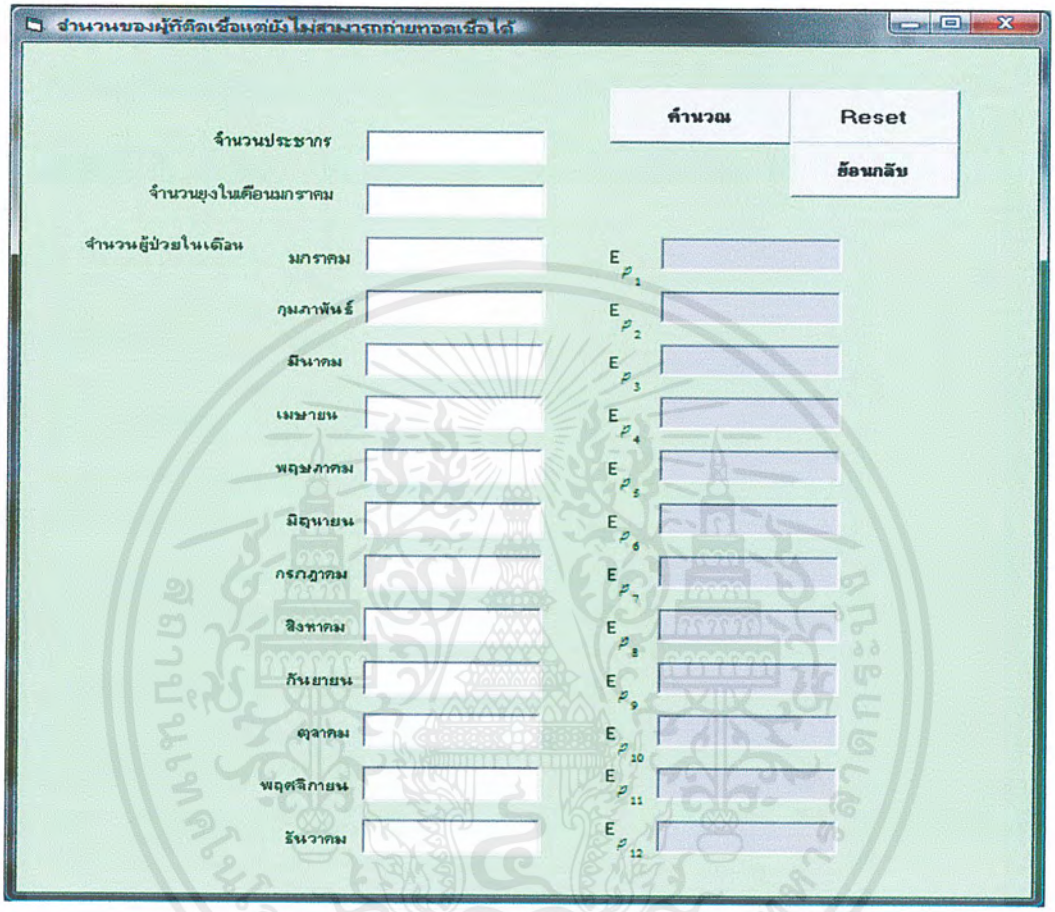


รูปที่ 4.44 แสดงข้อผิดพลาดจากการที่กรอกข้อมูลที่มีค่าเป็นทศนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.45 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

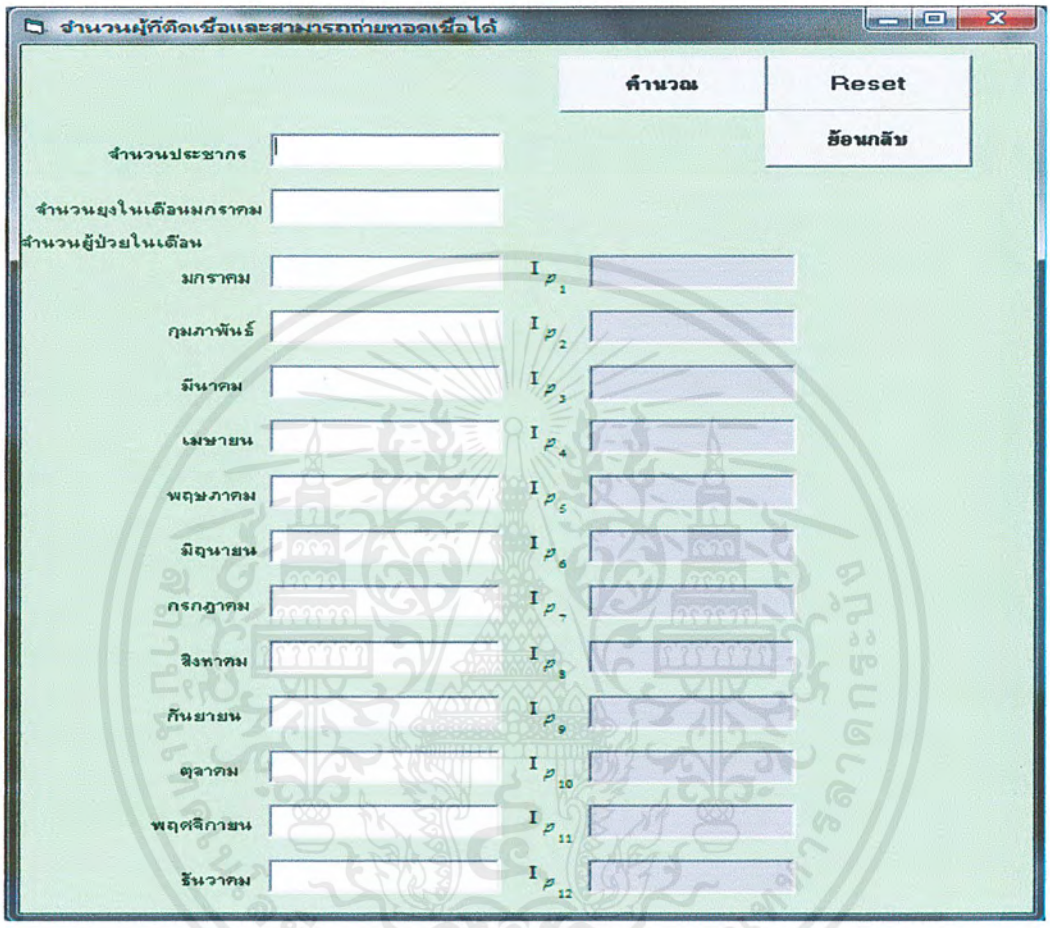
กดปุ่ม

เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.46 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

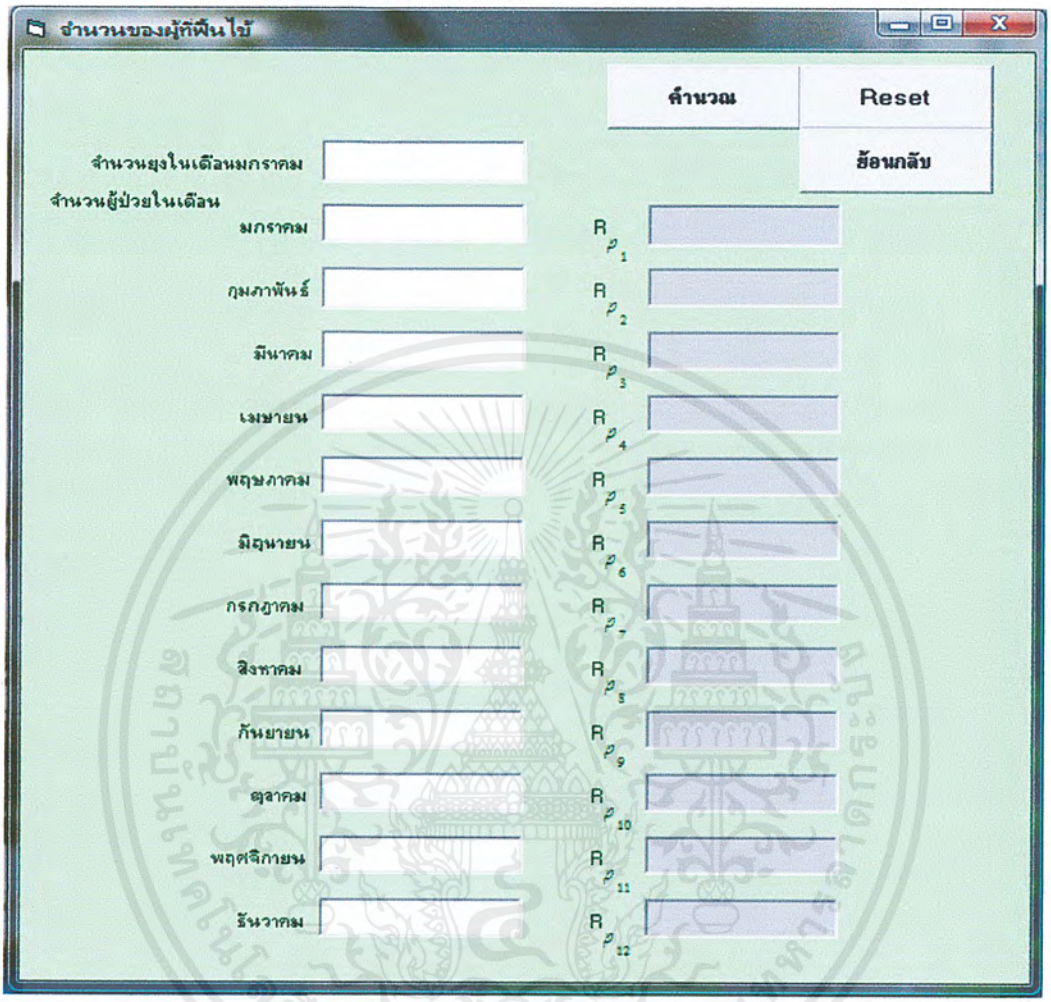
กดปุ่ม

เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.47 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

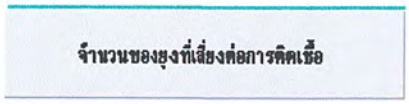
กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้

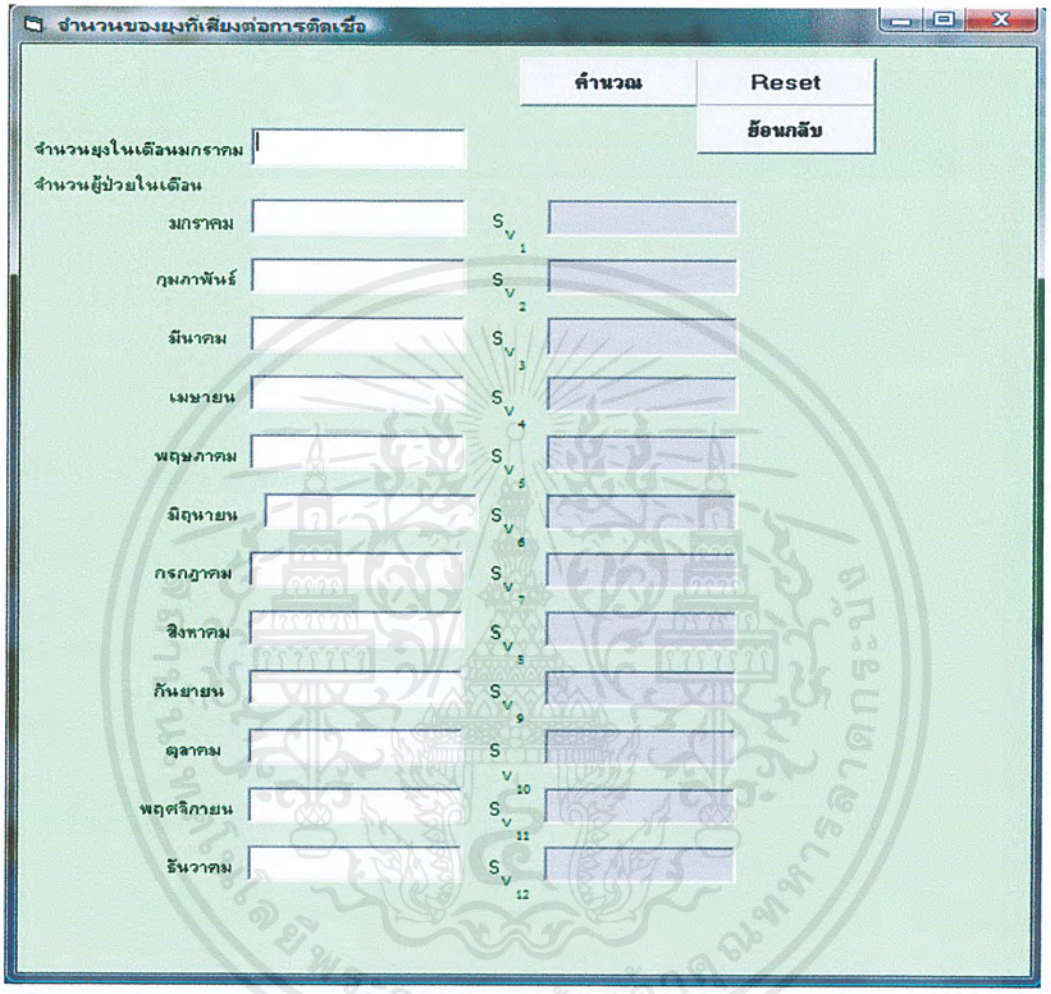
กดปุ่ม

เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม 

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.48 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

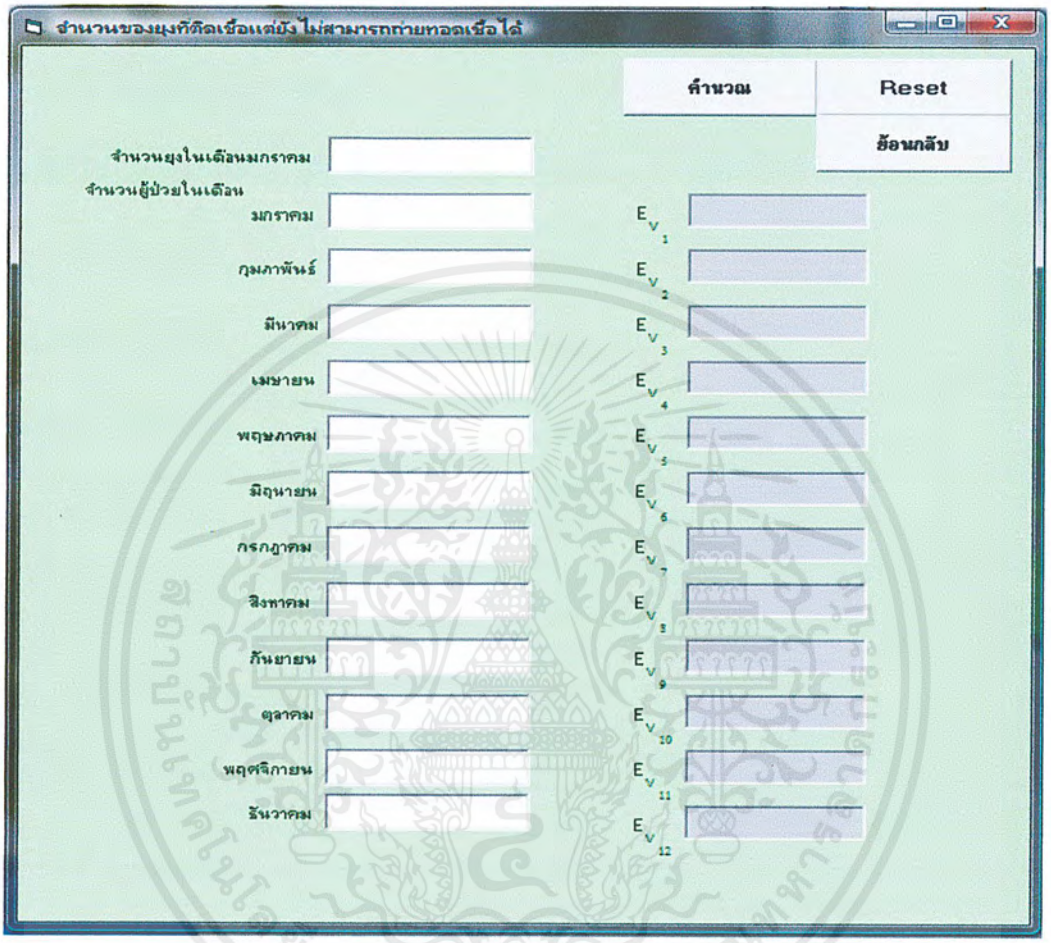
กดปุ่ม

เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.49 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

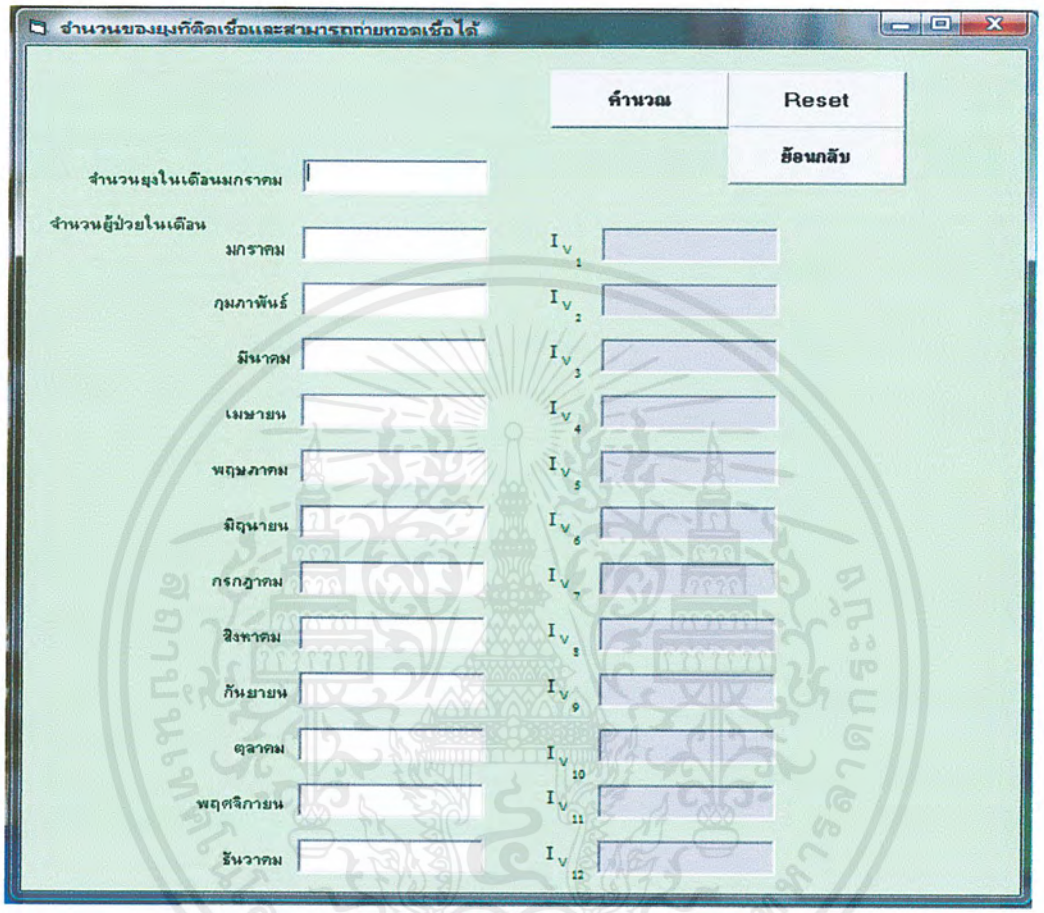
กดปุ่ม

เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จะเข้าสู่หน้าจอจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.50 หน้าจอแสดงการพยากรณ์จำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการกลับหน้าหลัก

กดปุ่ม

เมื่อต้องการคำนวณจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

กดปุ่ม

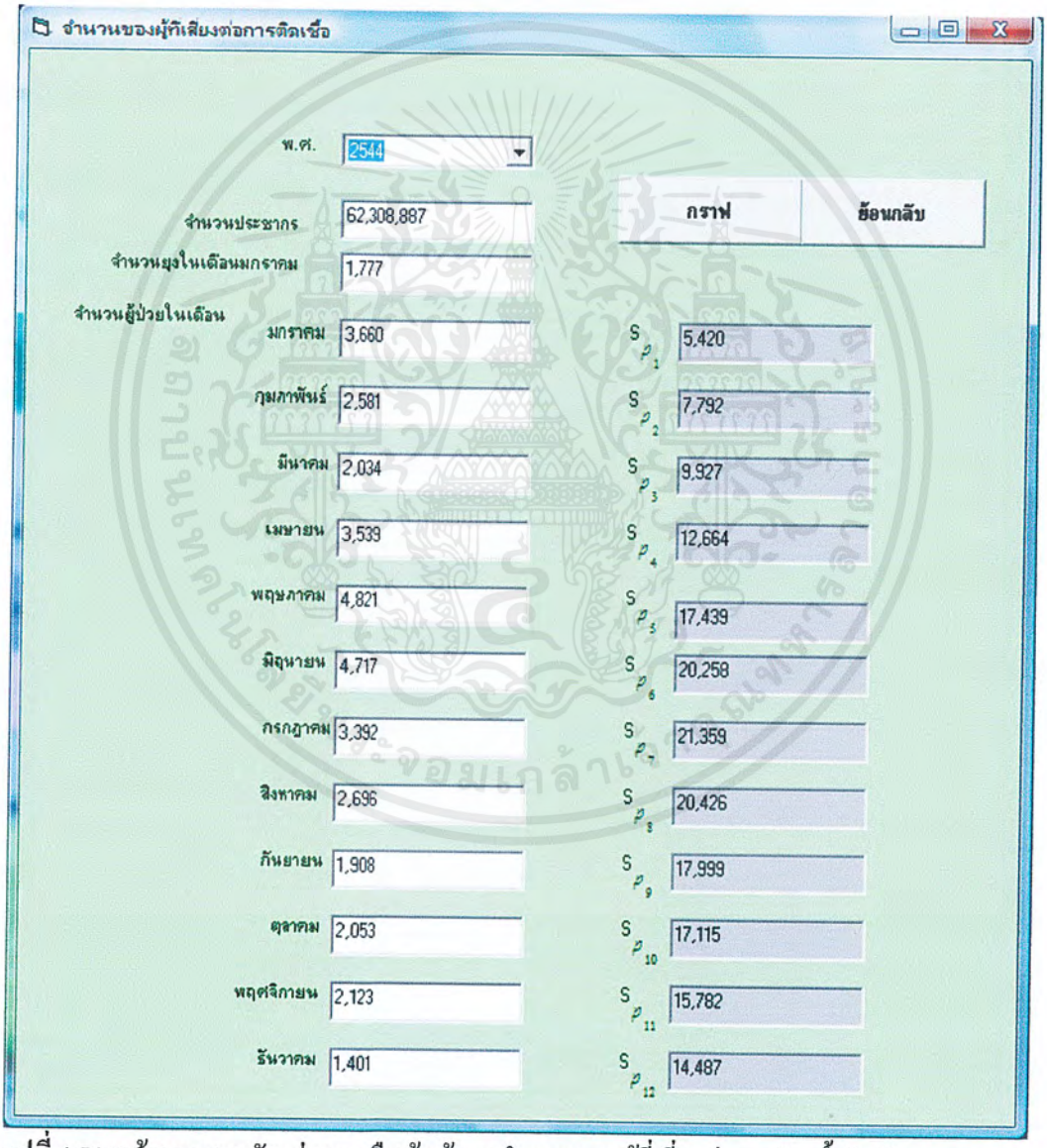
เมื่อต้องการลบข้อมูลทั้งหมดเพื่อกรอกข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลของปี พ.ศ.2544

การสืบค้นข้อมูลของปัญหาพิเศษฉบับนี้ยกตัวอย่างการระบาดของโรคมาลาเรียในปี พ.ศ. 2544 จากการวิเคราะห์ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ซึ่งแสดงผลที่ได้ดังนี้ ดังนี้

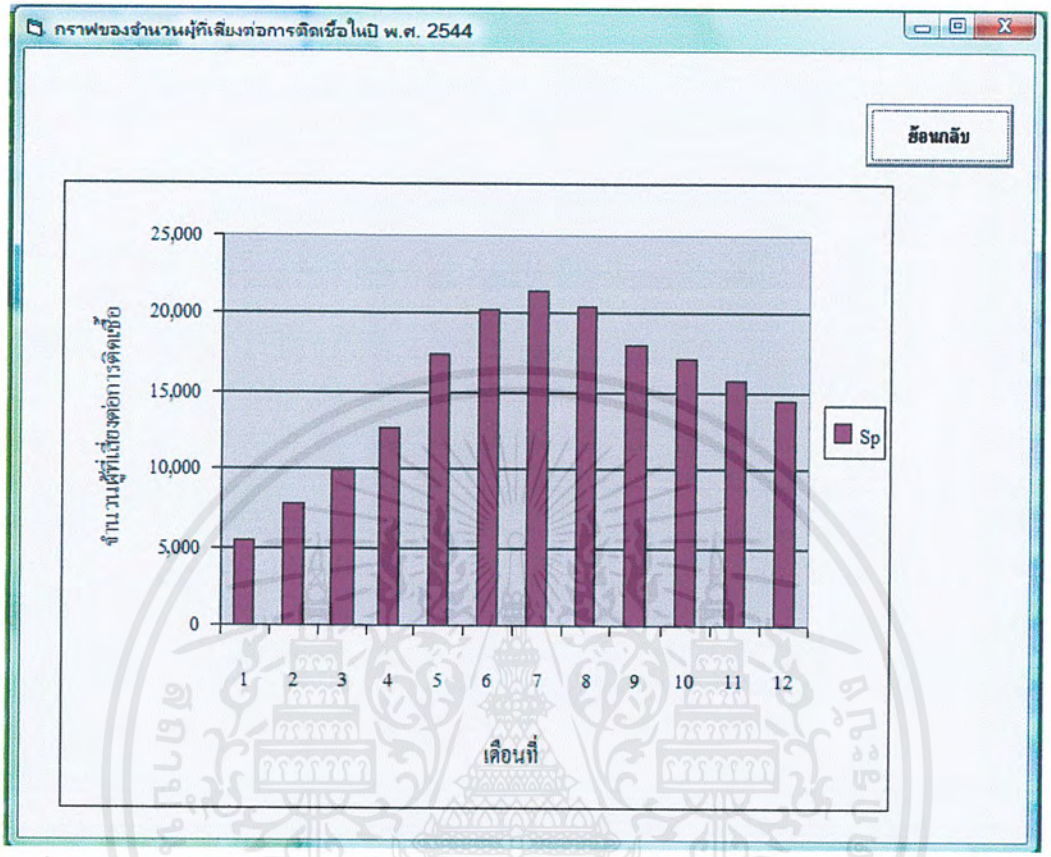
- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ



รูปที่ 4.51 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม กราฟ เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

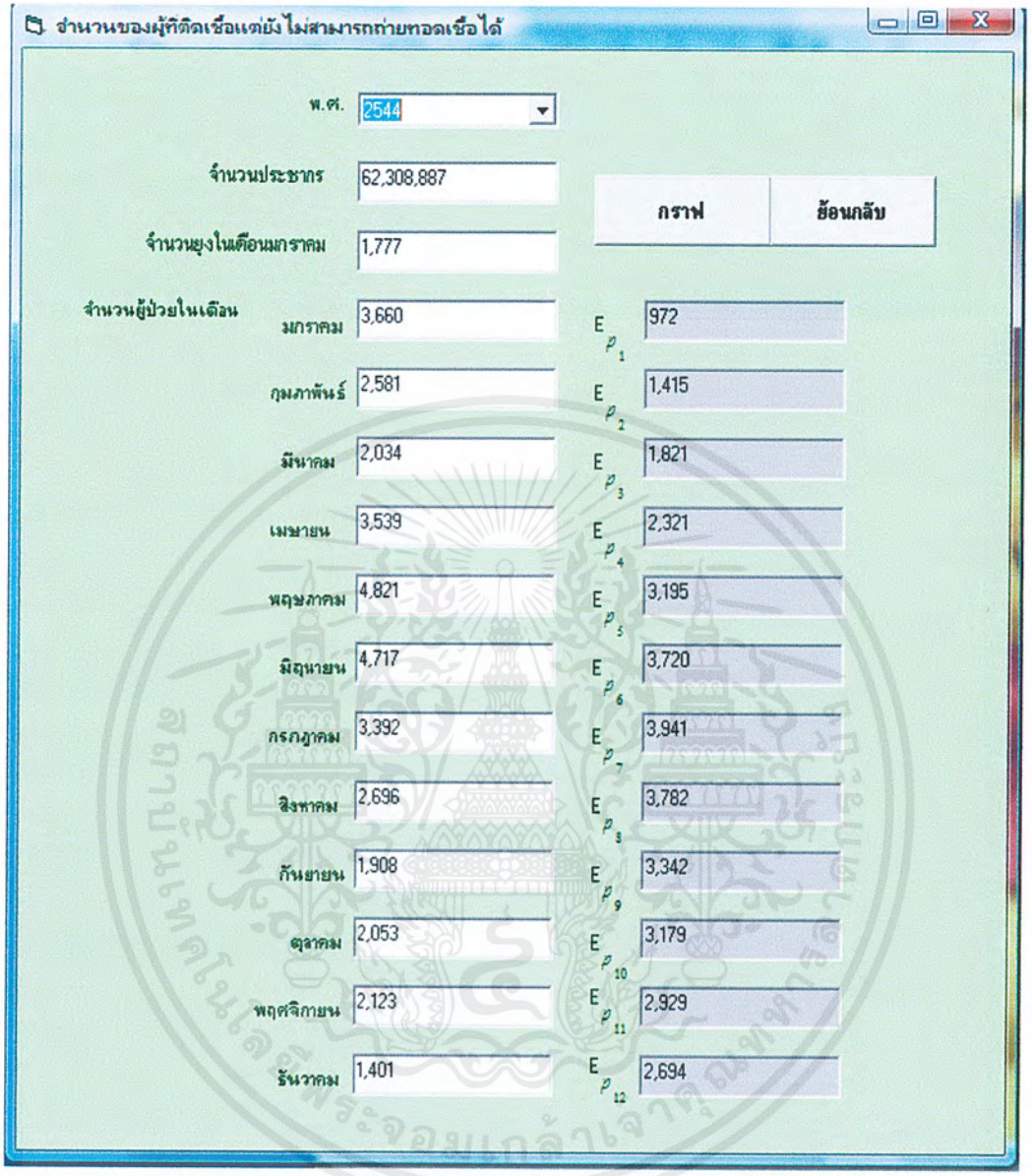


รูปที่ 4.52 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง เนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าวมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยุงก้นปล่อง ซึ่งทำให้มีมีอัตราการถ่ายทอดเชื้อได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

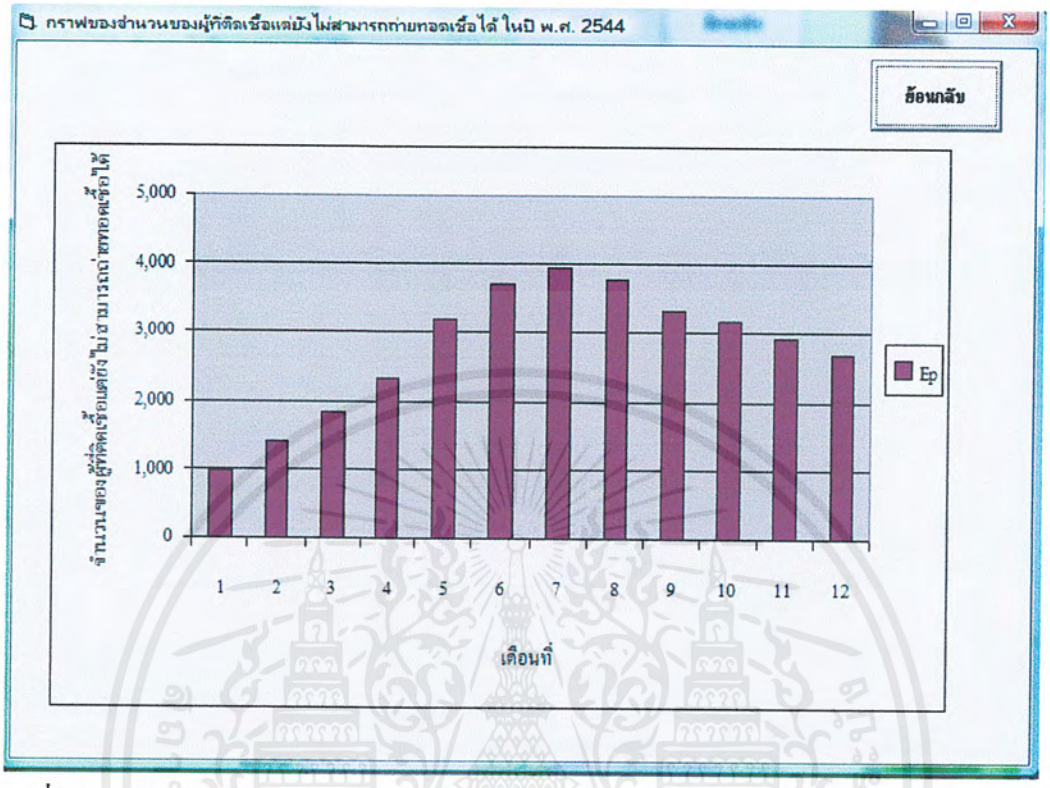
- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้



รูปที่ 4.53 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

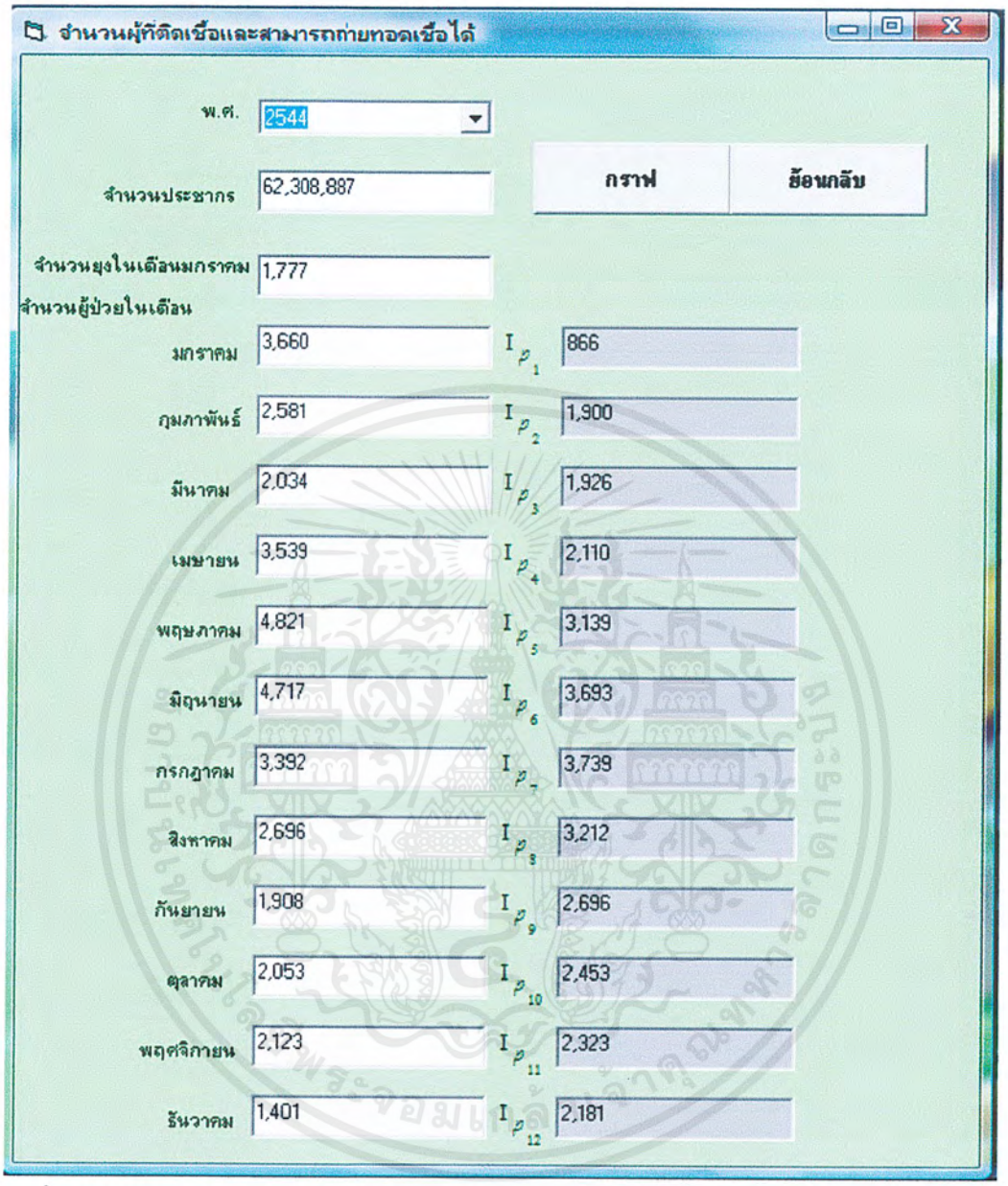


รูปที่ 4.54 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง เนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าวมีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

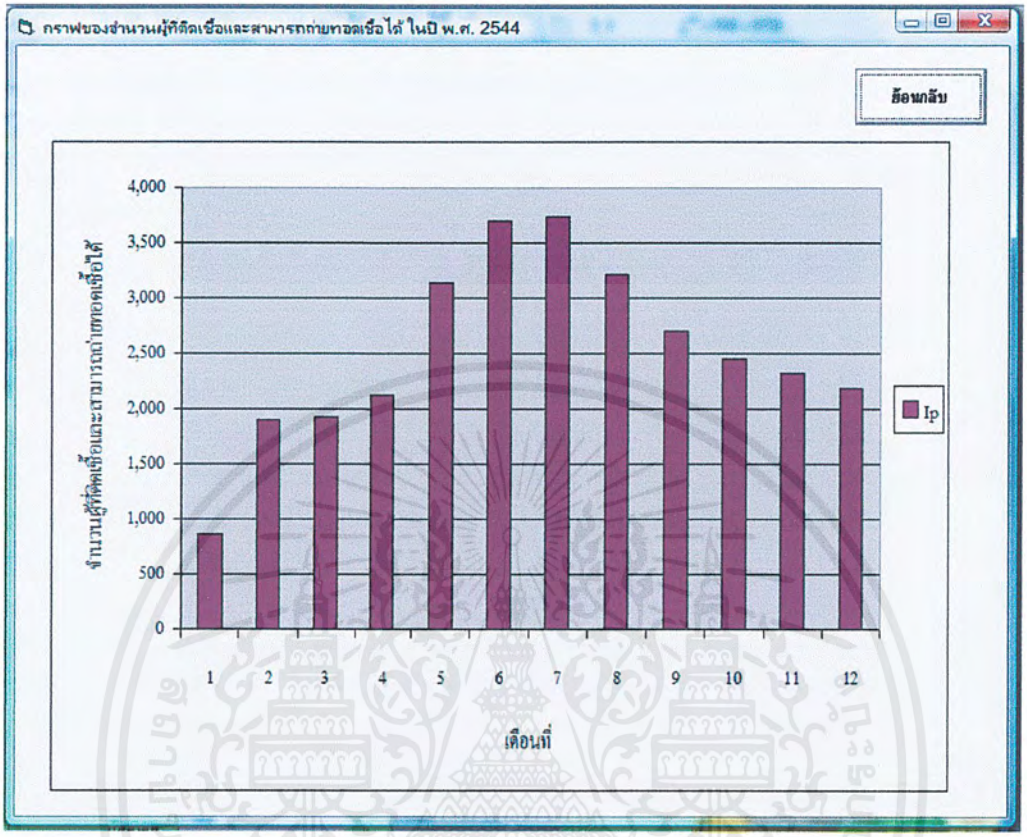
- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้



รูปที่ 4.55 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

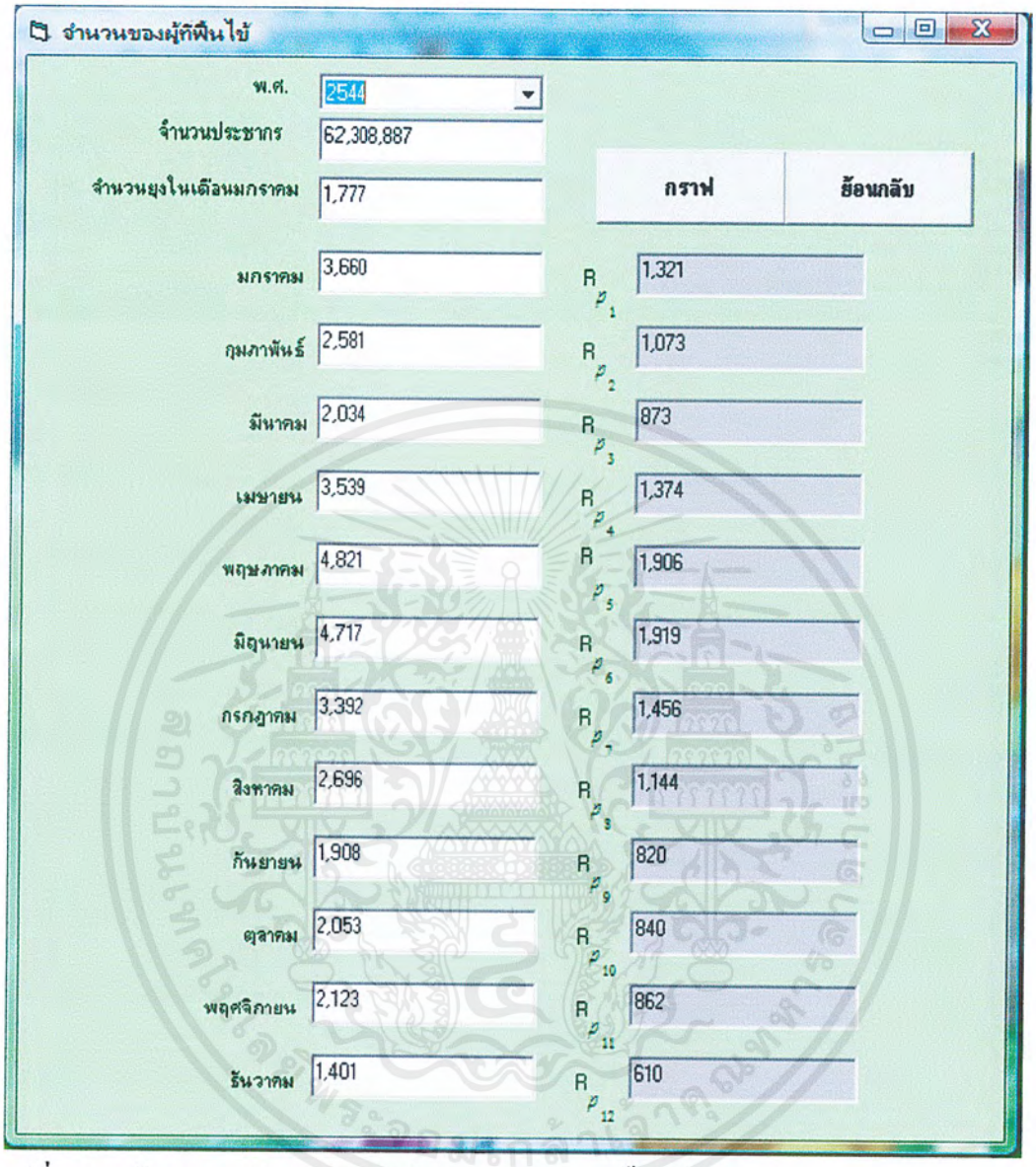


รูปที่ 4.56 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง เนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าวมีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อและจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

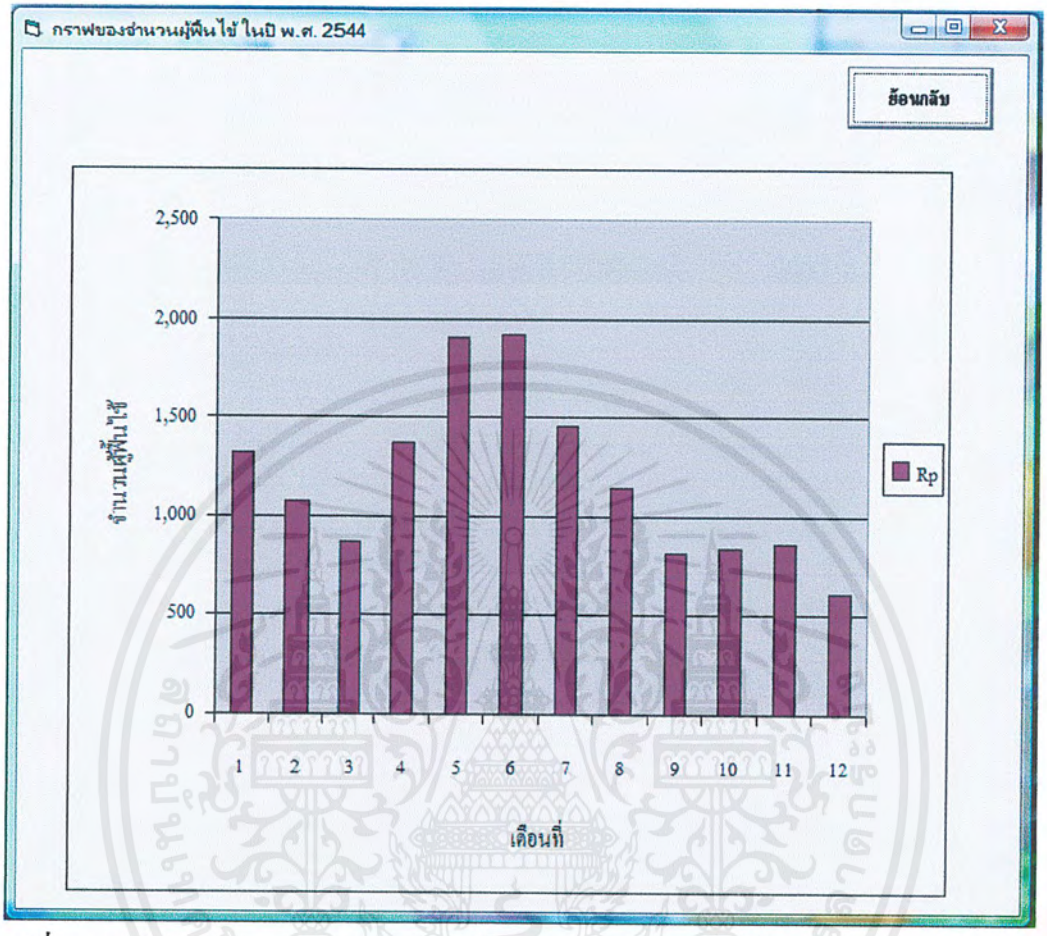
- จำนวนของฟื้นไข้



รูปที่ 4.57 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของฟื้นไข้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

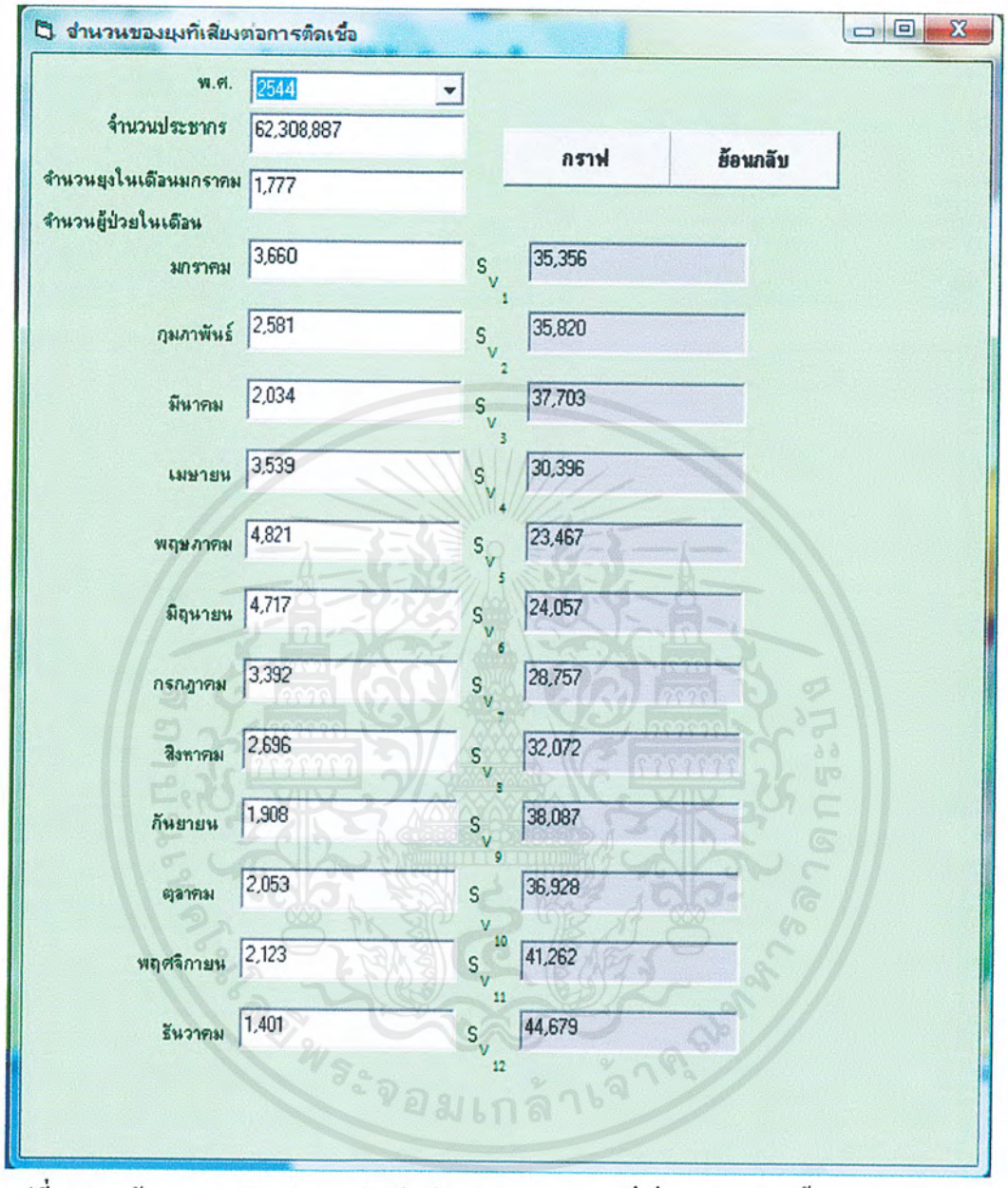


รูปที่ 4.58 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ฟื้นไข้ในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้สูง เนื่องจากในช่วงเดือนดังกล่าวมีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูงและจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

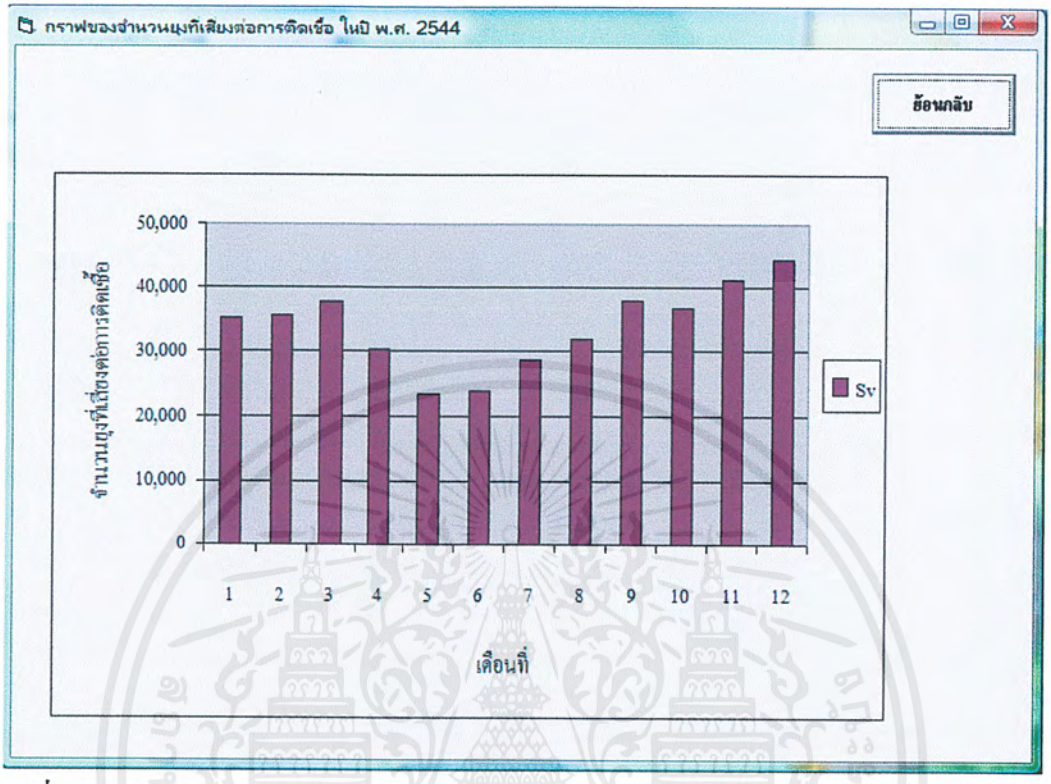
- จำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ



รูปที่ 4.59 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม [กราฟ] เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

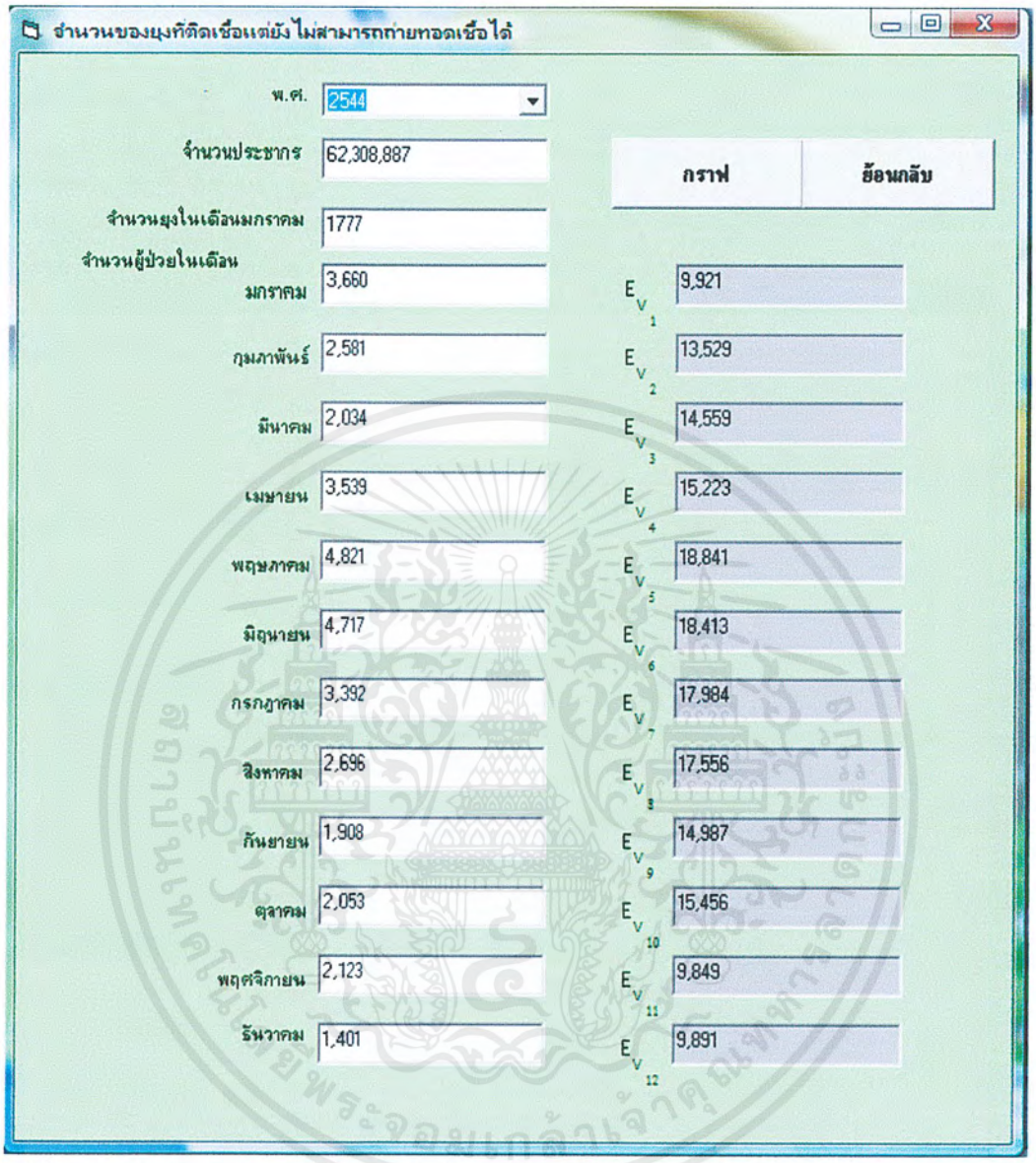


รูปที่ 4.60 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อต่ำ เนื่องจากมีจำนวนยุงที่ติดเชื้อ ในช่วงเดือนดังกล่าวอยู่มากจึงทำให้จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อซึ่งก็คือจำนวนยุงที่ยังไม่มีการติดเชื้อ มีจำนวนน้อยลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้



รูปที่ 4.61 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

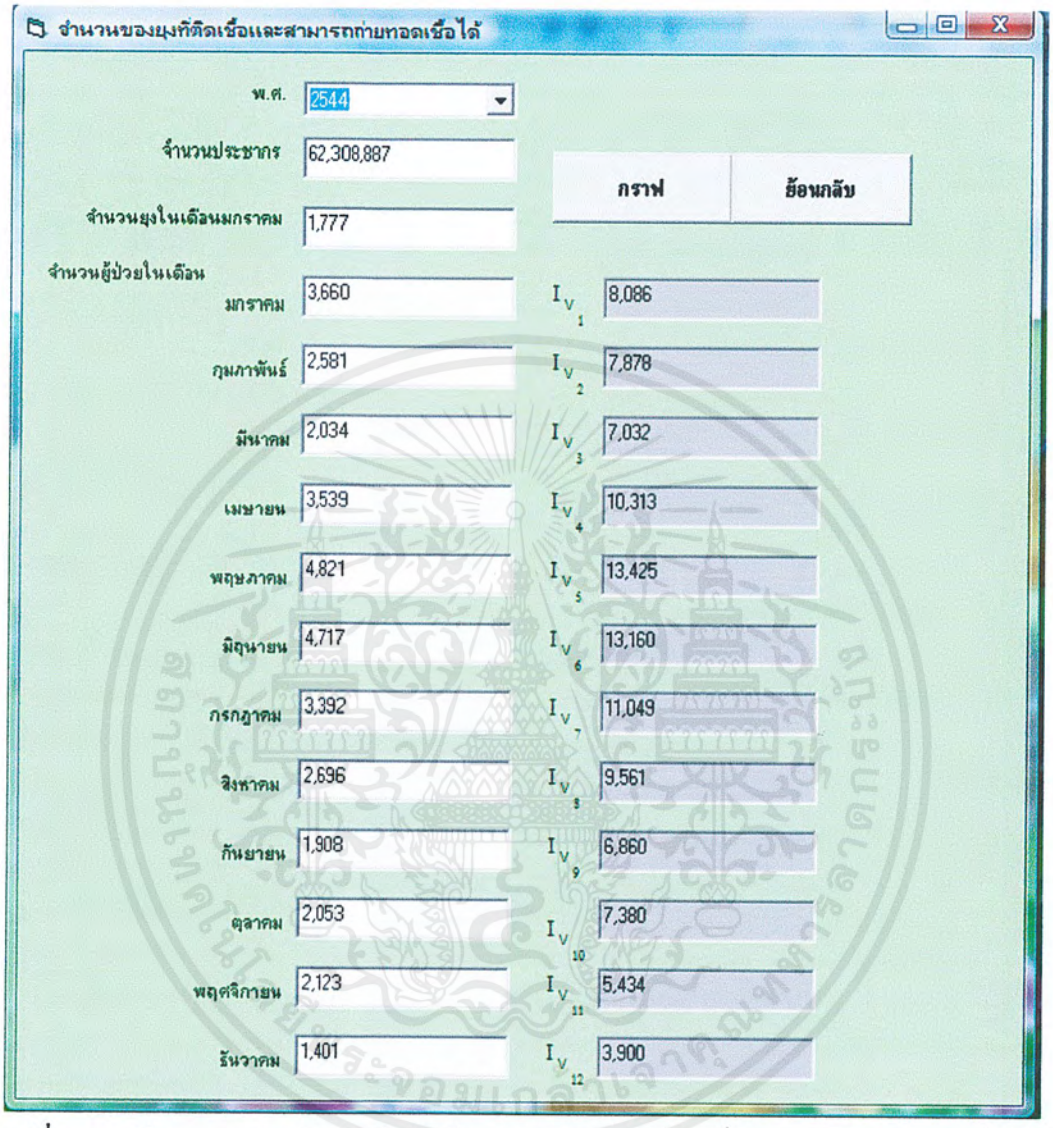
กดปุ่ม กราฟ เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ

รูปที่ 4.62 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง เนื่องจากมีจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อซึ่งก็คือจำนวนยุงที่ยังไม่มีการติดเชื้อ ในช่วงเดือนดังกล่าว อยู่น้อยจึงทำให้จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้มีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

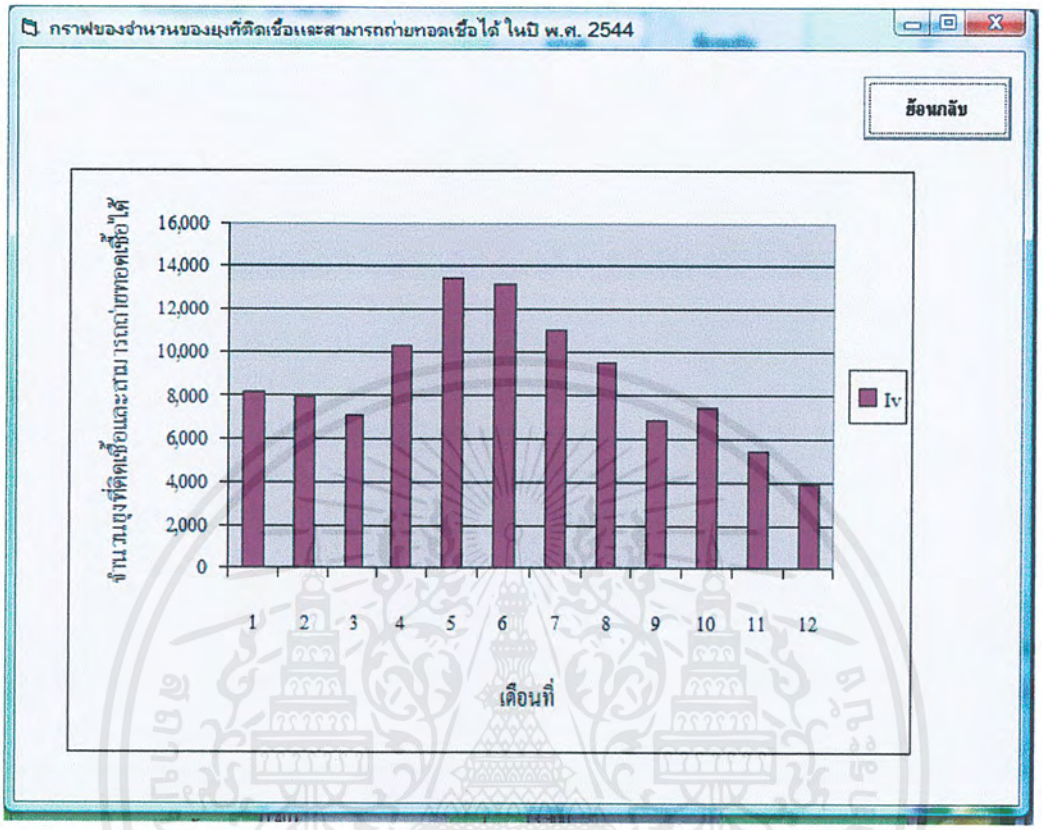


รูปที่ 4.63 หน้าจอแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ



รูปที่ 4.64 หน้าจอแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ในปี พ.ศ.2544

จากกราฟจะแสดงได้ว่า ในช่วงเดือนที่ 5 – 8 (เดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม) จะมีจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้สูง เนื่องจากมีจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อซึ่งก็คือจำนวนยุงที่ยังไม่มีการติดเชื้อ ในช่วงเดือนดังกล่าว อยู่น้อยและมีจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้มากจึงทำให้จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้มีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล

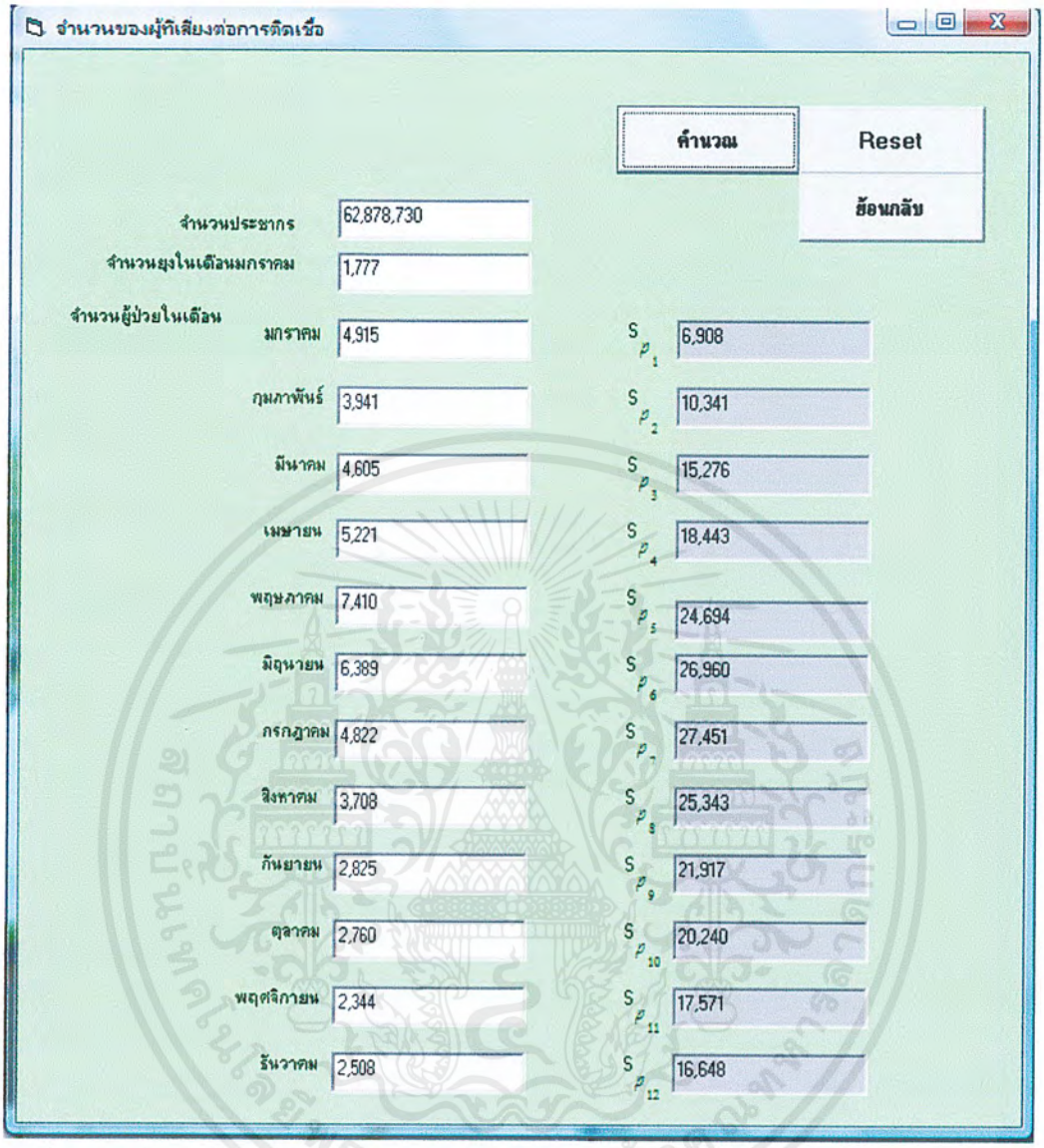
จากที่ได้ทำการทดสอบ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ เราสามารถลดการระบาดของโรคมาลาเรีย เมื่อพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าดังนี้

- จำนวนยุง ณ เดือนที่ 1 (C_{v_1}) มี 1,777 ตัว
- อัตราการเกิดของประชากร (b_p) มีค่าเป็น 0.00003913894
- อัตราการตายของประชากร (d_p) มีค่าเป็น 0.00003913894
- อัตราการตายของยุง (μ_v) มีค่าเป็น 0.0333
- อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากคนไปสู่ยุง (β_v) มีค่าเป็น 0.0000051429
- อัตราที่ยุงเปลี่ยนสถานะจากยุงที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) (K_v) มีค่าเป็น 0.0714
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ (r_p) มีค่าเป็น 0.25
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้) (l_p) มีค่าเป็น 0.3267
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) (m_p) มีค่าเป็น 0.3955
- อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้ง (n_p) มีค่าเป็น 0.18
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อ (แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) ไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ (และถ่ายทอดเชื้อได้) (K_p) มีค่าเป็น 0.0714

ซึ่งในการพยากรณ์ข้อมูลผู้ใช้ต้องใส่จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน แล้วกดปุ่มคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

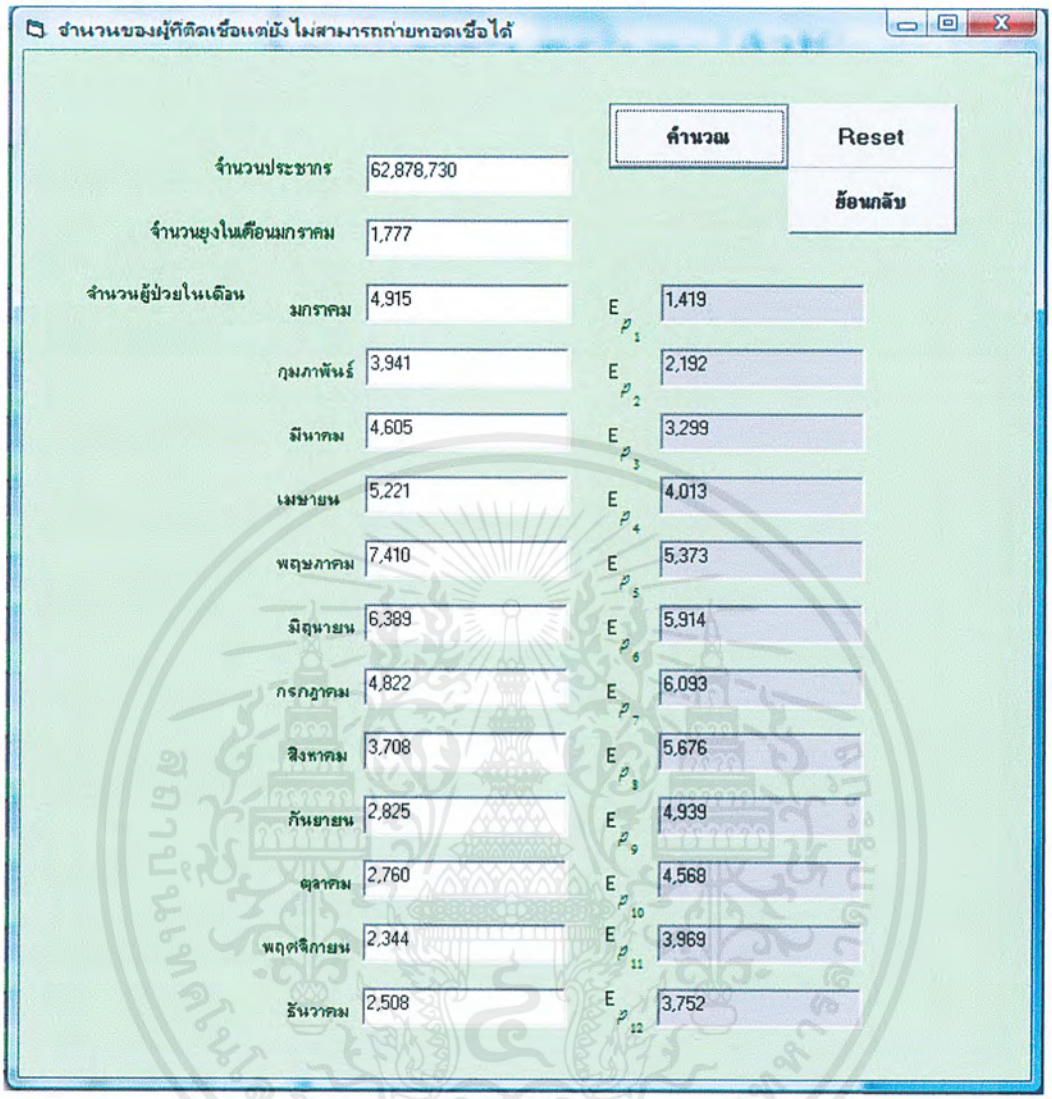


รูปที่ 4.65 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

ซึ่งค่า $S_{p_1} - S_{p_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ดังนี้ 6,908 10,341 15,276 18,443 24,694 26,960 27, 451 25,343 21,917 20,240 17,571 16,648 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

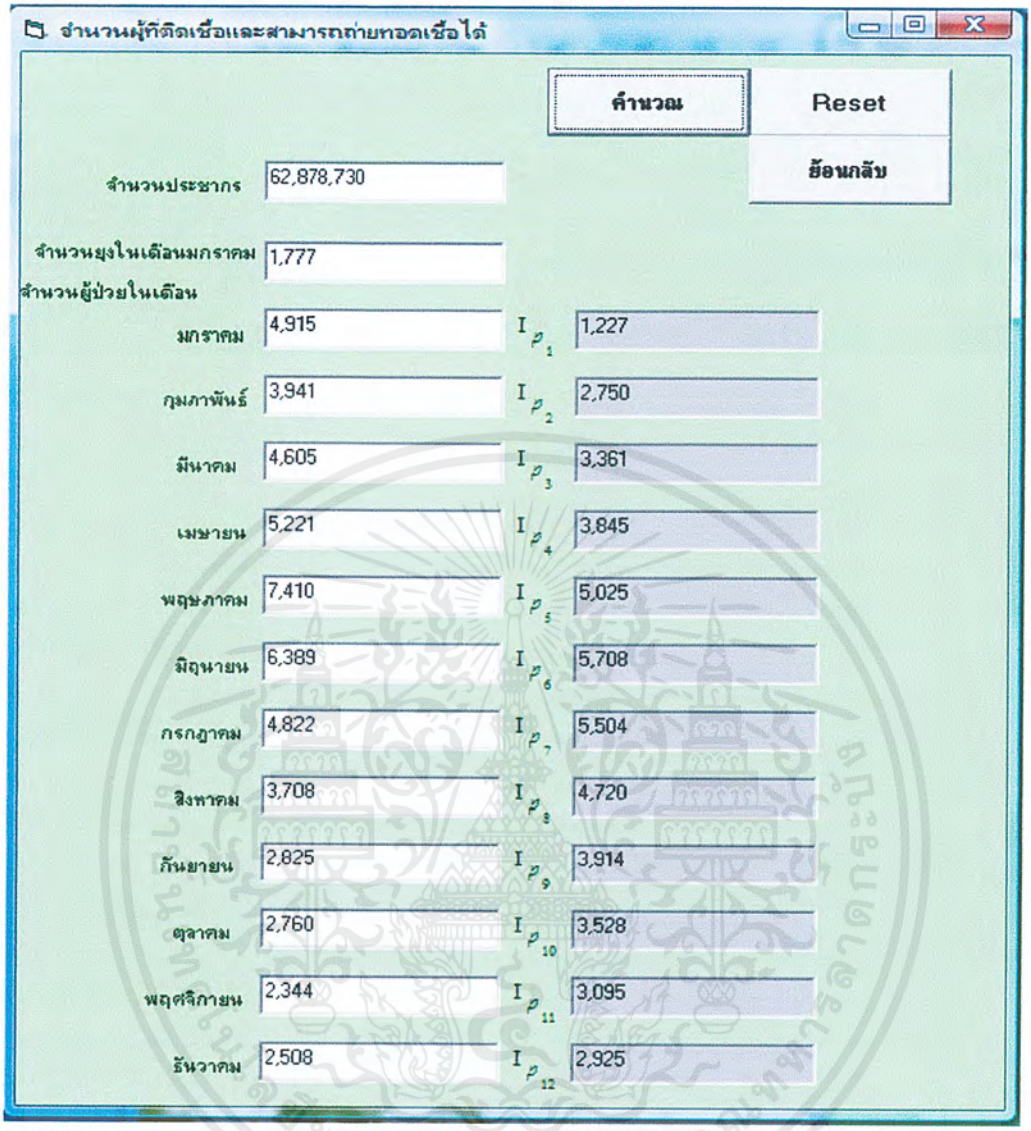


รูปที่ 4.66 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

ซึ่งค่า $E_{P_1} - E_{P_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ดังนี้ 1,419 2,192 3,299 4,013 5,373 5,914 6,093 5,676 4,939 4,568 3,969 3,752 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

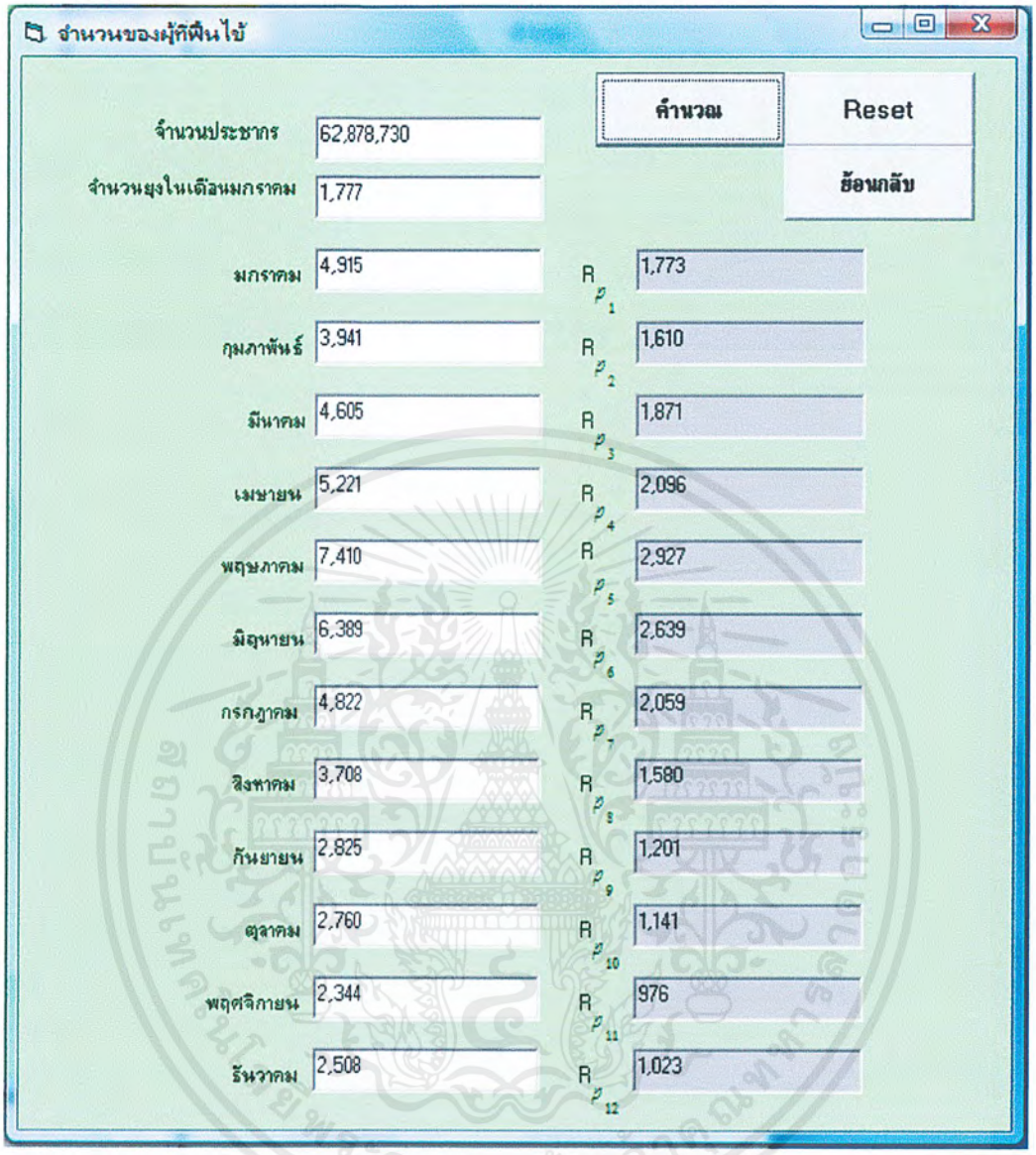


รูปที่ 4.67 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

ซึ่งค่า $I_{p_1} - I_{p_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่านทอดเชื้อได้ ดังนี้ 1,227 2,744 3,350 3,842 5,023 5,706 5,502 4,719 3,914 3,528 3,095 2,943 จึงจะสามารถควบคุมการระบาด ของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

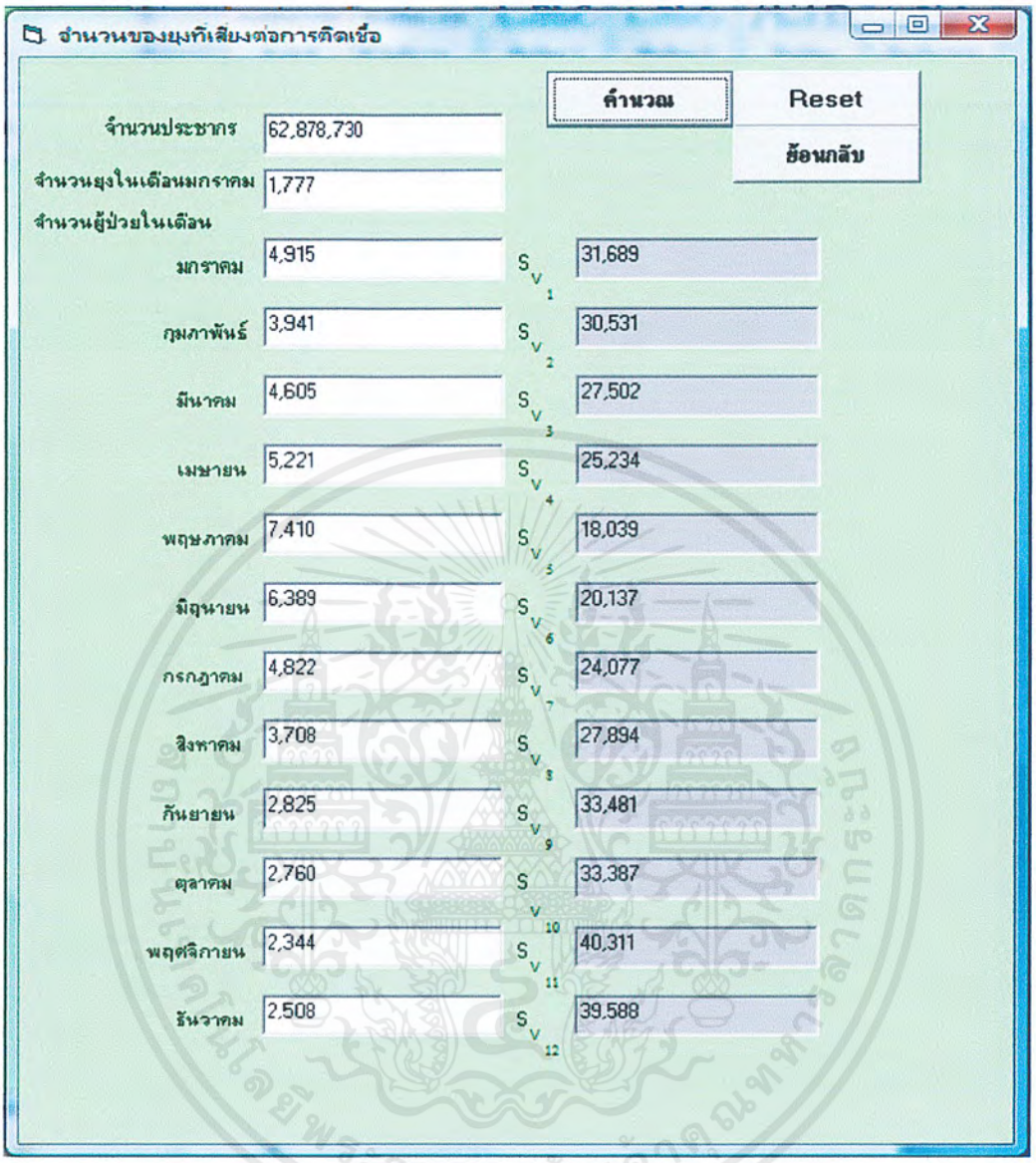


รูปที่ 4.68 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้

ซึ่งค่า $R_{P_1} - R_{P_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ ดังนี้ 1,773 1,610 1,871 2,096 2,927 2,639 2,059 1,580 1,201 1,141 976 1,023 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

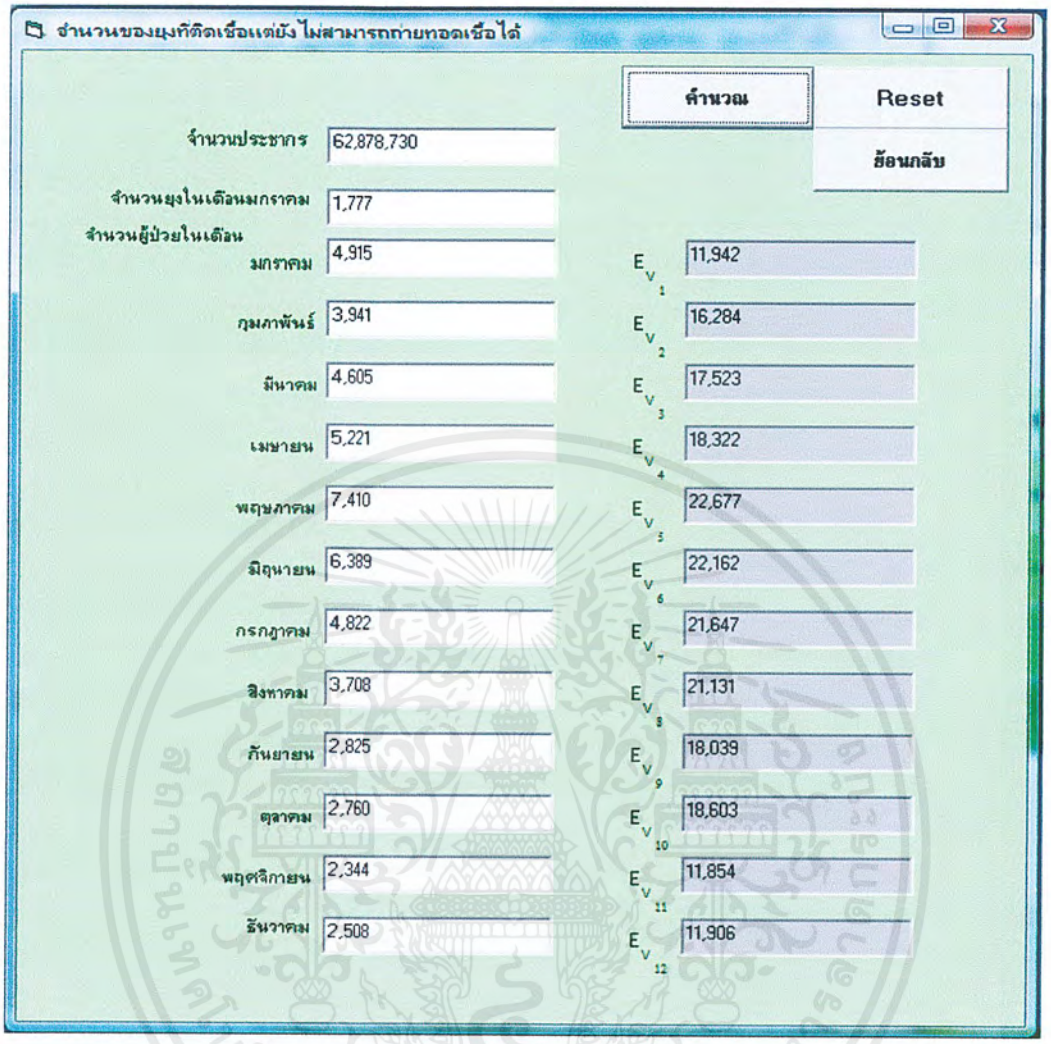


รูปที่ 4.69 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

ซึ่งค่า $S_{v_1} - S_{v_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนยุงที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ดังนี้ 31,689 30,531 27,502 25,234 18,039 20,137 24,077 27,894 33,481 33,387 40,311 39,588 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

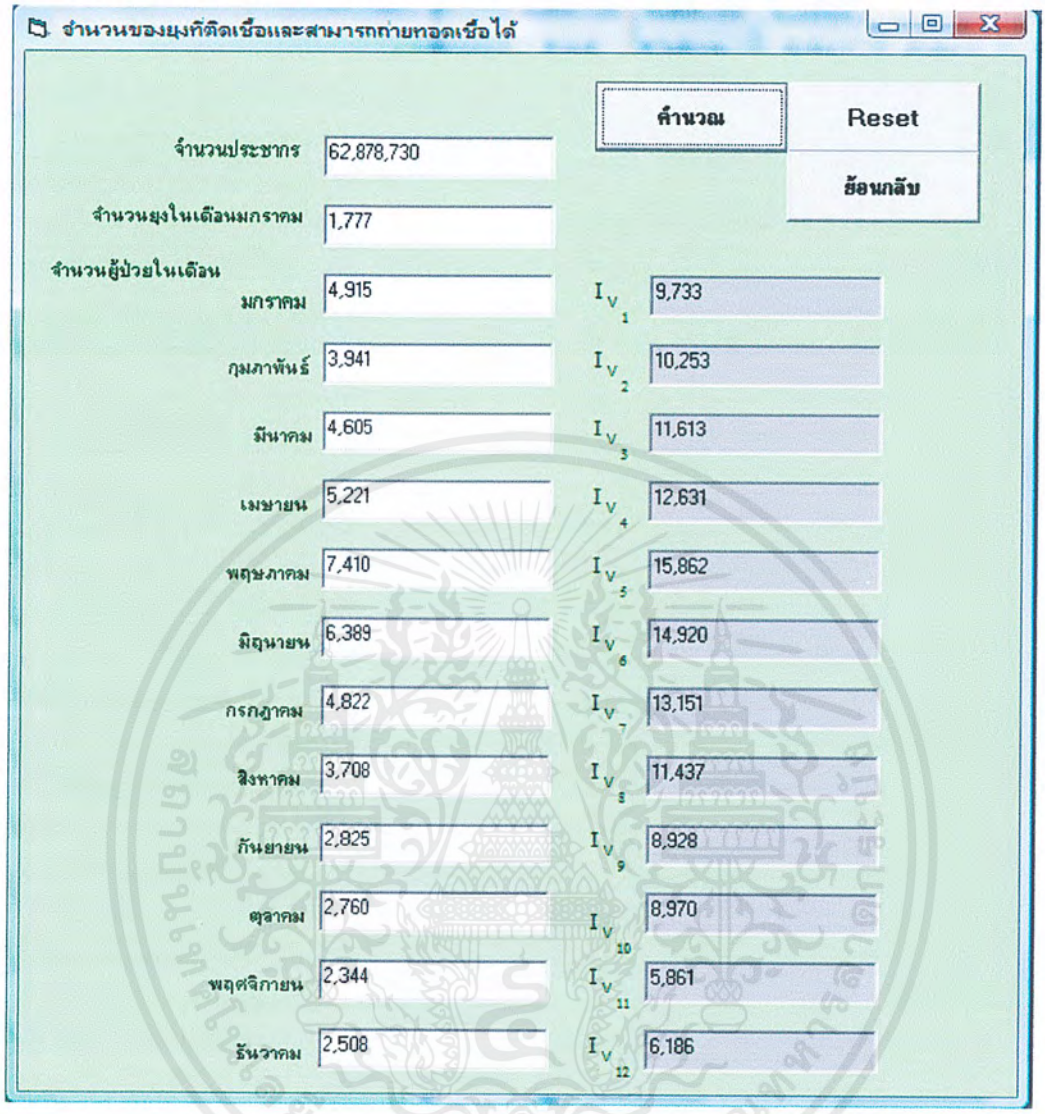


รูปที่ 4.70 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้

ซึ่งค่า $E_{v_1} - E_{v_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ดังนี้ 11,942 16,284 17,523 18,322 22,677 22,162 21,647 21,131 18,039 18,603 11,854 11,906 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้



รูปที่ 4.71 หน้าจอแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

ซึ่งค่า $I_{v_1} - I_{v_{12}}$ ที่คำนวณได้เป็นจำนวนของยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12 โดยที่ค่าดังกล่าวเป็นค่าที่เกิดขึ้น ณ สภาวะเสถียร นั่นคือ ถ้าจำนวนผู้ป่วยในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมตามลำดับดังนี้ 4,915 3,941 4,605 5,221 7,410 6,389 4,822 3,708 2,825 2,760 2,344 2,508 แล้วต้องมีจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ดังนี้ 9,733 10,253 11,613 12,631 15,862 14,920 13,151 11,437 8,928 8,970 5,861 6,186 จึงจะสามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการนำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในการประยุกต์ใช้กับการควบคุมโรคของปัญหาพิเศษนี้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดของโรคมาลาเรียในอดีตจนถึงปัจจุบันและอีกทั้งยังเป็นการคาดการณ์การเกิดโรคมาลาเรียล่วงหน้า ที่วางอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีต่างๆ โดยแบบจำลองที่ได้นี้ถูกสร้างขึ้นจากปัจจัยการเกิดโรคและวิทยาการระบาดของโรค ซึ่งแบบจำลองนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดประโยชน์ต่อการแพทย์และการสาธารณสุขของไทย ในการลดอัตราผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคมาลาเรีย โดยผู้จัดทำได้พยายามสร้างแบบจำลองและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อที่จะให้มีความเหมาะสมและใช้ได้จริงกับการควบคุมการระบาดของโรคมาลาเรีย สำหรับโปรแกรมการควบคุมการระบาดของโรคเป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างจากแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองให้มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้จริง โดยโปรแกรมจะรับค่า อัตราการเกิดของประชากร (b_p) อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากยุงไปสู่คน (β_p) อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้ง (n_p) อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (m_p) อัตราที่ประชากรฟื้นไข้แล้วกลับมาเป็นผู้ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (ℓ_p) อัตราที่ประชากรพัฒนาจากเดือนที่ i ไปสู่เดือนที่ i+1 (θ_i) อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและถ่ายทอดเชื้อได้ (k_p) อัตราที่ประชากรเปลี่ยนสถานะจากผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ ไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ (r_p) ระยะฟักตัวของเชื้อในยุง (Π_v) จำนวนยุง ณ เดือนที่ 1 (c_{v_1}) อัตราการตายของยุง (μ_v) อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากคนไปสู่ยุง (β_v) อัตราที่ยุงเปลี่ยนสถานะจากยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ไปเป็นที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (k_v) และจำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน โดยค่าที่ได้จะนำไปคำนวณและแสดงออกมาเป็นกราฟ เพื่อเป็นแนวทางในการลดการระบาดของโรคมาลาเรียและมีการพยากรณ์ จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S_{p_i}) จำนวนผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (E_{p_i}) จำนวนผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (I_{p_i}) จำนวนผู้ที่ฟื้นไข้ (R_{p_i}) จำนวนยุงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S_{v_i}) จำนวนยุงที่ติดเชื้อแต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (E_{v_i}) และจำนวนยุงที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (I_{v_i}) เพื่อที่จะป้องกันการเกิดโรคมาลาเรียได้อย่างทันท่วงที

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. ข้อมูลย้อนหลังเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2551 (ยกเว้นปี พ.ศ.2545) เนื่องจากทางกระทรวงสาธารณสุขไม่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นรายเดือนไว้

2. ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการพยากรณ์ผู้ใช้ต้องทราบค่า จำนวนประชากร จำนวนยุงในเดือนมกราคม จำนวนผู้ป่วยในแต่ละเดือน (เดือนมกราคม - ธันวาคม)

3. ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกจะต้องมีค่าเป็นจำนวนเต็มที่มีค่าเท่ากับศูนย์หรือมากกว่าศูนย์เท่านั้น ไม่สามารถเป็นตัวอักษรได้ ผลรวมของผู้ป่วยในแต่ละเดือนต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนประชากรและข้อมูลที่กรอกต้องมีค่าเป็นตัวเลขที่ไม่ใช่ทศนิยม

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการความละเอียดของกราฟมากขึ้น ควรศึกษาเครื่องมือเกี่ยวกับกราฟในโปรแกรม Visual Basic 6.0 เพิ่มเติม หรืออาจจะเลือกใช้โปรแกรมภาษาที่เหมาะสมกว่านี้ เช่น Visual Studio C ++ Visual Basic.Net เป็นต้น

2. หากต้องการที่จะเก็บข้อมูลที่เคยใช้แล้ว ควรจะมีการเก็บข้อมูลไว้ ฉะนั้นควรศึกษาการสร้างฐานข้อมูล และการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล เช่น Microsoft Access เป็นฐานข้อมูล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2536.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[2] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2537.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[3] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2538.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[4] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2539.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[5] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2540.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[6] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2541.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[7] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2542.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[8] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2543.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[9] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2544.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[10] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2545.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[11] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2546.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[12] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2547.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[13] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2548.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2549.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[15] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2550.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[16] กรมควบคุมโรค. ม.ป.ป. **สรุปรายงานเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ.2551.** กรุงเทพ : สำนักระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข.

[17] กรมควบคุมโรค. 2548. **มาลาเรีย**. [Online]. Available : http://www.thaivbd.org/cms/index.php

[18] กรมควบคุมโรค. 2548. **โรคในระบบเฝ้าระวัง.** [Online]. Available : http://www.epid.moph.go.th/.

[19] ฉัททวุฒิ พืชผล. **คู่มือเรียน Visual Basic 6.0** (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพ : โปรวิชั่น. 2547.

[20] ฉัททวุฒิ พืชผล และคณะ. **คู่มือเรียน Visual Basic 6.0** พิมพ์ครั้งที่ 11 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพ : โปรวิชั่น. 2547.

[21] ชูชาติ ยังบรรเทา. พจนานุกรมศัพท์ชีววิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพ : โอเดียนสโตร์. 2546.

[22] บุญส่ง สอนส่งเสริม. 2548. **โรคมาลาเรีย** [Online]. Available : http//student.nu.ac.th/Malaria/1.html

[23] ปรัชญา สมบูรณ์. 2548. **มาลาเรีย(Malaria).** [Online]. Available : www.med.cmu.ac.th/dept/parasite/Lecture%20Note/malaria_pradya.doc.

[24] ยงยุทธ ยุทธวงศ์ และคณะ. **มาลาเรีย.** งานสื่อสิ่งพิมพ์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ปละเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2540.

[25] รักษ์พงศ์ เวียงเจริญ. 2544. **มาลาเรีย : โรคที่นักท่องเที่ยวต้องระวัง.** [Online]. Available : http//www.thaiclinic.com/medbible/malaria.html.

[26] ราชบัณฑิตยสถาน. **ศัพย์แพทย์ศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ** ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 3 (แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพ :ราชบัณฑิตยสถาน. 2547.

[27] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. **คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0.** นนทบุรี: อินโฟเพรส. 2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[27] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. **คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0.** นนทบุรี: อินโฟเพรส. 2544.

[28] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. การจำลองแบบปัญหา.[ม.ป.ท. : ม.ป.พ.]. 2529.

[29] B.S. Kakkilaya.2006. **Malaria Site.** [Online]. Available : http//www.malariasite.com/.

[30] Frank R. Giordano, Maurice D. Weir, William P. Fox. **A First course in mathematical modeling**. 3rd ed. Australia : Thomson, Inc 2003

[31] Leah Edelstein. **Mathematical models in biology**. New York : Random House, Inc 1988

Nasser_K. and Andrew_L. 2006. **Malaria.** [Online]. Available : http//www.brown.edu/Courses/Bio_160/Project1999/malmain.html.

[32] Lourdes E. and Cristobal V. 1998 **Analysis of dengue disease transmission model. mathematical** Biosciences, Volume 150, Issue 2, 15 June 1998, Pages 131-151.

[33] Nasser_K. and Andrew_L. 2006. . **Malaria**. [Online]. Available : http//www.brown.edu/Courses/Bio_160/Projects1999/ malaria/malmain.html

[31] Redaction Committee.2006. **Malaria.** [Online]. Available : http//www.impact-malaria.com/en/index_prehome.asp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้