

แบบจำลองและโปรแกรมเพื่อช่วยวางแผนควบคุมโรคเลปโตสไปโรซีส
ตามกลุ่มอายุของประชากรในประเทศไทย

MODEL AND PROGRAM FOR CONTROL PLANNING
LEPTOSPIROSIS BY AGE GROUP
OF POPULATION IN THAILAND



T122887



กัณฑ์นิษัฎดา แสงวิเชียร

ชัชลียา ปิ่นเพชร

ปณิตา มาลาวงศ์

ร.พ.
ก 3891.
2554

b. 122887
i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 122887
วัน, เดือน, ปี 26.08.2555

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MODEL AND PROGRAM FOR CONTROL PLANNING
LEPTOSPIROSIS BY AGE GROUP
OF POPULATION IN THAILAND**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED MATHEMATICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ACADEMIC YEAR 2011** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ แบบจำลองและโปรแกรมเพื่อช่วยวางแผนควบคุมโรคเลปโตสไปโรซิส
ตามกลุ่มอายุของประชากรในประเทศไทย

Model and program for control planning Leptospirosis by age group of
population in Thailand

ชื่อนักศึกษา นางสาวกนกนัชฎา แสงวิเชียร 51050007
 นางสาวชัชลิษา ปิ่นเพชร 51050018
 นางสาวปณิศา มาลาวงศ์ 51050040

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พันธินี พงศ์สัมพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหา
พิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
ประจำปีการศึกษา 2554

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.ใจปอง เกษมสุวรรณ ประธานกรรมการ	
ดร.เดชา สมณะ กรรมการ	
ผศ.ดร.พันธินี พงศ์สัมพันธ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	แบบจำลองและโปรแกรมเพื่อช่วยวางแผนควบคุมโรคเลปโตสไปโรซิสตามกลุ่มอายุของประชากรในประเทศไทย	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกนกนิตกนิษฐดา แสงวิเชียร	51050007
	นางสาวชัชชลิยา ปิ่นเพชร	51050018
	นางสาวปณิดา มาลาวงศ์	51050040
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2554	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์	

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นโดยรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – 2553 โดยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อของโรค พาหะนำโรค สาเหตุการเกิดโรค และอาการของผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส นอกจากนี้ยังศึกษาวงจรชีวิตของหนูซึ่งเป็นพาหะนำโรคเลปโตสไปโรซิส โดยนำมาประยุกต์ใช้กับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาพิเศษนี้ใช้ทฤษฎีสภาวะเสถียร ความสัมพันธ์เวียนบังเกิดและการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดอัตราการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทย ในปัจจุบันนี้โรคเลปโตสไปโรซิส มีจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก จึงทำให้โรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโรคที่ต้องเฝ้าระวัง จากเหตุผลที่สำคัญนี้ ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นความสำคัญในการหาวิธีที่จะลดอัตราการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส เพื่อให้เห็นผลการใช้แบบจำลองอย่างง่ายจึงมีการพัฒนาโดยนำมาสร้างเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการคำนวณหาผลลัพธ์จากข้อมูลจริง และเพื่อใช้เป็นแนวทางการหาวิธีการลดอัตราการระบาดของโรคต่อไป

คำสำคัญ : โรคเลปโตสไปโรซิส ทฤษฎีสภาวะเสถียร ความสัมพันธ์เวียนบังเกิด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Model and program for control planning Leptospirosis by age group of population in Thailand
Students	Ms.Kankanidda Seangwichian 51050007 Ms.Chatchaleeya Pinpet 51050018 Ms.Panita Malawong 51050040
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Applied Mathematics
Academic Year	2011
Advisor	Asst.Prof.Dr.Puntani Pongsumpun

ABSTRACT

This special problem is made by collecting the data of Leptospirosis cases from 2006 to 2010. We study the data about the transmission of the disease. Contagion, cause the disease and the symptoms of Leptospirosis patients. In addition, the life cycle of rats which cause the transmission of Leptospirosis is also studied. The knowledge of mathematics about steady state theorem, recurrence relations and mathematical models are used. The results of this study can be an alternative way to reduce the outbreak of this disease in Thailand. Now, Leptospirosis has the great number of patients and die from this disease. So, this disease needs to be careful. By this reason, we look for finding the method to reduce the transmission rate of this disease. To see the result of the simple model, we develop it by creating the software to calculate the results from the real data and to be the way for reducing the spread of this disease.

Keywords: Leptospirosis, Steady State Theorem, Recurrence Relations, Mathematical Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ซึ่งจะสำเร็จได้เนื่องจากได้รับคำแนะนำปรึกษาและตอบคำถามต่างๆ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. พันธนี พงศ์สัมพันธ์ ตลอดจนเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คอยแนะนำปรึกษา และเป็นกำลังใจมาตลอด ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ ถ้าขาดหอสมุดกลางที่เป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูลที่สำคัญจนสามารถจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ขึ้นมาได้อย่างเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. ใจปอง เกษมสุวรรณ และ ดร. เดชา สมณะ คณะกรรมการสอบที่คอยให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของปัญหาพิเศษฉบับนี้รวมทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาของค้ำความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้จัดทำโดยตลอด รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกท่านที่ช่วยเหลือในด้านการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำปัญหาพิเศษนี้มาโดยตลอด ในท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ความงามอันดีที่เกิดจากปัญหานี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งตลอดจนอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คณะผู้จัดทำ

มิถุนายน 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XI

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคเลปโตสไปโรซิส	3
2.1.1 การติดต่อของโรคเลปโตสไปโรซิส	3
2.1.2 ผู้เลี้ยงต่อโรคเลปโตสไปโรซิส	3
2.1.3 แหล่งรังโรคเลปโตสไปโรซิส	4
2.1.4 สาเหตุของการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส	4
2.1.5 วงจรชีวิตของเลปโตสไปโรซิส	6
2.1.6 พยาธิกำเนิด	7
2.1.7 ระยะเวลาฟักตัวของโรค	7
2.1.8 อาการ และอาการแสดงของโรคเลปโตสไปโรซิส	7
2.1.9 วัคซีนป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส	11
2.1.10 แหล่งเลี้ยงต่อโรคเลปโตสไปโรซิส	11
2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่ออาจารย์ประจำคณะวารสารศาสตร์

2.3 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ

2.4 การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การทดสอบ โคลโมโกรอฟ-สมอร์นอฟ	20
2.5.1 การทดสอบทางสถิติ	20
2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ข้อมูลโรคเลปโตสไปโรซิส	22
3.2 แบบจำลองตามกลุ่มอายุสำหรับโรคเลปโตสไปโรซิส	28
บทที่ 4 การวิเคราะห์และการออกแบบ	
4.1 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ	34
4.2 ใช้ทฤษฎีของสถานะเสถียรหาผลเฉลยความเสถียรของคน	34
4.2.1 หาสถานะเสถียรของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อทั้งหมด	34
4.2.2 หาสถานะเสถียรของผู้ติดเชื้อทั้งหมด	35
4.2.3 หาสถานะเสถียรของผู้ฟื้นฟูทั้งหมด	36
4.3 ใช้ทฤษฎีของสถานะเสถียรหาผลเฉลยความเสถียรของหนู	39
4.3.1 หาสถานะเสถียรของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อทั้งหมด	40
4.3.2 หาสถานะเสถียรของหนูที่ติดเชื้อทั้งหมด	40
4.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	41
4.5 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม	45
4.6 ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูล	63
4.7 ตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล	66
4.8 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี โคลโมโกรอฟ	71
บทที่ 5 สรุปผลการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลงานวิจัย	73
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม	73
5.3 ข้อเสนอแนะ	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	77
ภาคผนวก ข	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 พาหะนำโรคเลปโตสไปโรซิส	4
รูปที่ 2.2 เชื้อเลปโตสไปรา อินเทอโรแกนส์ ย้อมด้วยสารเรืองแสง	5
รูปที่ 2.3 เชื้อเลปโตสไปรา อินเทอโรแกนส์ ดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	6
รูปที่ 2.4 วงจรชีวิตของเลปโตสไปโรซิส	6
รูปที่ 2.5 อาการติดเชื้อแบบไม่รุนแรง	10
รูปที่ 2.6 อาการติดเชื้อแบบรุนแรง	10
รูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการคิดในการสร้างแบบจำลอง	12
รูปที่ 2.8 กราฟความเสถียร	14
รูปที่ 2.9 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง SIR	16
รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง SIRS	18
รูปที่ 2.11 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามสมมติฐาน	21
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิสสำหรับแต่ละภาคในปี พ.ศ. 2549-2553 โดยแบ่งตามพื้นที่	23
รูปที่ 3.2 จำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิส ต่อประชากร 10,000,000 คน ทั่วประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2549 - 2553	24
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิสปี พ.ศ.2549-2553 โดยแบ่งตามรายเดือน	26
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิสปี พ.ศ. 2549-2553 โดยแบ่งตามกลุ่มอายุ	27
รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของประชากรที่ป่วย เป็นโรคเลปโตสไปโรซิส(พิจารณากลุ่มอายุที่ 1-9)	31
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงแนวความคิดในการสร้างแบบจำลองของหนู	33
รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับรายละเอียดของหนู	41
รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้พื้น ไข่เลปโตสไปโรซิส	42
รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ เลปโตสไปโรซิส	42
รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์	44
รูปที่ 4.5 หน้าจอ โปรแกรม	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 หน้าต่างเมนู	45
รูปที่ 4.7 หน้าต่างโรคฉี่หนู (หน้าแรก)	46
รูปที่ 4.8 หน้าต่างโรคฉี่หนู (หน้าสุดท้าย)	47
รูปที่ 4.9 หน้าต่างคู่มือการใช้โปรแกรม	47
รูปที่ 4.10 หน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์	48
รูปที่ 4.11 หน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของหนู	48
รูปที่ 4.12 หน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของคน (หน้าแรก)	49
รูปที่ 4.13 หน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ (หน้าสุดท้าย)	49
รูปที่ 4.14 หน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ (หน้าแรก)	50
รูปที่ 4.15 หน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ (หน้าสุดท้าย)	50
รูปที่ 4.16 หน้าต่างค้นหาข้อมูล	51
รูปที่ 4.17 หน้าต่างจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ	52
รูปที่ 4.18 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	52
รูปที่ 4.19 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	53
รูปที่ 4.20 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	53
รูปที่ 4.21 หน้าต่างจำนวนผู้ติดเชื้อ	54
รูปที่ 4.22 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	54
รูปที่ 4.23 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	55
รูปที่ 4.24 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	55
รูปที่ 4.25 หน้าต่างจำนวนผู้ฟื้นฟู	56
รูปที่ 4.26 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	56
รูปที่ 4.27 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	57
รูปที่ 4.28 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	57
รูปที่ 4.29 หน้าต่างแสดงการค้นหากราฟสรุป	58
รูปที่ 4.30 หน้าต่างแสดงการบันทึกกราฟสรุปจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ผู้ติดเชื้อ และผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.31 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาค่ากราฟสรุปในปี พ.ศ. 2549	59
รูปที่ 4.32 หน้าต่างแสดงตัวเลขระดับนัยสำคัญ	59
รูปที่ 4.33 หน้าต่างแสดงตัวเลขระดับนัยสำคัญ	60
รูปที่ 4.34 หน้าต่างแสดงค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม	60
รูปที่ 4.35 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	60
รูปที่ 4.36 หน้าต่างฐานข้อมูลของการพยากรณ์	61
รูปที่ 4.37 หน้าต่างพยากรณ์	61
รูปที่ 4.38 หน้าต่างพยากรณ์ – คำนำวน	62
รูปที่ 4.39 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในปี พ.ศ. 2549	63
รูปที่ 4.40 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการ ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	63
รูปที่ 4.41 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	64
รูปที่ 4.42 หน้าแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549	64
รูปที่ 4.43 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	65
รูปที่ 4.44 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ฟื้นฟูในปี พ.ศ. 2549	65
รูปที่ 4.45 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล	67
รูปที่ 4.46 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์	67
รูปที่ 4.47 หน้าต่างแสดงความคิดพลาดกรอกปี พ.ศ. ไม่ถูกต้อง	68
รูปที่ 4.48 หน้าต่างแสดงความคิดพลาดกรอกจำนวนประชากรไม่ถูกต้อง	68
รูปที่ 4.49 หน้าต่างแสดงความคิดพลาดจากการกรอกเป็นตัวอักษร จำนวนเต็มลบ หรือทศนิยม	68
รูปที่ 4.50 หน้าต่างแสดงความคิดพลาดกรอกจำนวนประชากรไม่เท่ากับ จำนวนประชากรรวม	68
รูปที่ 4.51 หน้าต่างเพิ่มฐานข้อมูล	69
รูปที่ 4.52 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ค่าผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ และค่าผู้ฟื้นฟูจากการคำนวณ	69
รูปที่ 4.53 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล	70
รูปที่ 4.54 ล้างค่าในหน้าต่างพยากรณ์ – จำนวนผู้ติดเชื้อ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ
ไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.55 หน้าต่างคำถามออกจากโปรแกรม	71
รูปที่ ข-1 ไอคอนการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010	80
รูปที่ ข-2 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม	80
รูปที่ ข-3 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)	80
รูปที่ ข-4 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)	81
รูปที่ ข-5 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)	81
รูปที่ ข-6 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)	82
รูปที่ ข-7 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงอาการต่างๆ ที่พบได้ในผู้ป่วยด้วย โรคเลปโตสไปโรซิส	11
ตารางที่ 4.1 แสดงการคำนวณของปี พ.ศ. 2549	72
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระดับนัยสำคัญของการทดสอบโคลโมโกรอฟ	72
ตารางที่ ก-1 ตารางค่าวิกฤตสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สไมร์นอฟ	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โรคเลปโตสไปโรซิส (Leptospirosis) หรือ โรคไขฉี่หนู พบได้ทั่วโลก (ยกเว้นเขตขั้วโลก) ทั้งในเขตเมือง และเขตชนบท อาชีพที่เสี่ยงต่อการเป็นโรค ได้แก่ เกษตรกร คนงานขุดลอก ท่อระบายน้ำ คนงานเหมืองแร่ คนงานโรงฆ่าสัตว์ และสัตวแพทย์ มีรายงานผู้ป่วยในกลุ่มผู้ที่ชอบเดินป่า ตั้งแคมป์ ท่องเที่ยวตามแม่น้ำ ทะเลสาบ น้ำตก และผู้ที่มีประวัติแช่ในน้ำท่วมขัง มีรายงานผู้ป่วยครั้งแรกในประเทศไทย จำนวน 4 ราย (เสียชีวิต 2 ราย) เมื่อปี พ.ศ. 2485 ซึ่งเกิดน้ำท่วมกรุงเทพฯ ครั้งใหญ่ หลังจากนั้นมียารายงานพบผู้ป่วยโรคนี้ได้ทุกภาคของประเทศ และพบการระบาดสองครั้งเมื่อปี พ.ศ. 2526 ซึ่งเกิดน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและช่วงปลายปี พ.ศ. 2531 เนื่องจากเกิดอุทกภัยที่ภาคใต้ตอนบน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 การระบาดเกิดในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมติดต่อกันมาทุกปีจนถึงปัจจุบันและอุบัติการณ์ของโรคมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงขณะนี้โดยเริ่มมีรายงานผู้ป่วยทั้งสิ้น 358 ราย จาก 38 จังหวัด ในปี พ.ศ.2538 แล้วเพิ่มมากขึ้นเป็น 2,334 ราย จาก 48 จังหวัดในปี พ.ศ. 2540 และ 2,230 รายจาก 59 จังหวัด ในปี พ.ศ. 2541 หลังจากนั้นมียารายงานเพิ่มขึ้นเป็น 6,080 ราย จาก 60 จังหวัด ในปี พ.ศ. 2542 และ 13,461 รายในปี พ.ศ. 2543 ผู้ป่วยร้อยละ 85-90 พบที่จังหวัดต่างๆ ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จังหวัดบุรีรัมย์ ขอนแก่น สุรินทร์ ชัยภูมิ มหาสารคาม นครราชสีมา เลย กาฬสินธุ์ และร้อยเอ็ด และเริ่มมีรายงาน การพบผู้ป่วยมากขึ้นทางภาคเหนือ เช่น ที่จังหวัดแพร่ เพชรบูรณ์ เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2542 และทางภาคใต้ในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โรคเลปโตสไปโรซิสมีแนวโน้มการระบาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กลุ่มอายุที่พบสูงสุด คือกลุ่มอายุ 25-34 ปี โรคนี้เกิดจากเชื้อแบคทีเรียชื่อ เลปโตสไปรา (*Leptospira*) ซึ่งเชื้อที่ทำให้ เกิดโรค คือ เลปโตสไปรา อินเทอโรแกนส์ พบเชื้อมีในไตและระบบปัสสาวะของสัตว์หลายชนิด เช่น หนู สุนัข โค กระบือ แพะ แกะ สุกร เป็นต้น เชื้อจะถูกปล่อยออกมากับปัสสาวะของสัตว์ที่ติดเชื้อและปนเปื้อนในน้ำ เชื้อนี้สามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อมดิน โคลน แอ่งน้ำ ร่องน้ำ น้ำตก แม่น้ำลำคลอง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยต้องประสบปัญหาน้ำท่วมทั้งในเขตเมืองและชนบท โรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโรคที่ต้องมีการเฝ้าระวังอยู่ตลอดเวลาเพราะเป็นโรค ที่ถือว่ามีความร้ายแรงอีกโรคหนึ่ง เพราะเป็นเหตุให้มีอัตราการตายสูงและสูญเสียงบประมาณ ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจาก

เอกสารนี้เป็นเหตุผลที่สำคัญเหล่านี้จึงสมควรอย่างยิ่งที่ควรจะต้องลดการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส
ไม่ว่ากรณีใดโดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามกลุ่มอายุของผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ผู้ที่เป็นแล้วจะมีภูมิคุ้มกันหรือไม่ ซึ่งสร้างจากข้อมูลผู้ป่วยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553 และคาดการณ์กลุ่มเสี่ยงของโรคเลปโตสไปโรซิสนี้และสร้างโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการระบาดของโรคนี้อ

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

วิเคราะห์จากการกระจายตามพื้นที่ และตามกลุ่มอายุของผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553 และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามกลุ่มอายุของผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสโดยพิจารณาการถ่ายทอดเชื้อจากหนูไปคน เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสนี้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1) รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส โดยกระจายตามพื้นที่และตามกลุ่มอายุของประชากรทั้งหมดของประเทศไทย
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส โดยแบ่งผู้ป่วยตามพื้นที่และตามกลุ่มอายุของประชากรทั้งหมดของประเทศไทย
- 3) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โรคเลปโตสไปโรซิสในประเทศไทย
- 4) เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C# โดยใช้โปรแกรม Visual Studio เพื่อช่วยในการคำนวณ
- 5) วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ว่าปัจจัยใดบ้างที่สามารถควบคุมการระบาดของโรคนี้อได้
- 6) ทดสอบแบบจำลองที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่
- 7) สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองและเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลองต่อไปในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยลดการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสจากการเฝ้าระวังกลุ่มเสี่ยงเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ศึกษาหรือวิจัยต่อไปต่อยอดทางด้านความคิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคเลปโตสไปโรซิส

โรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโรคของสัตว์ที่สามารถติดต่อมาสู่คน (Zoonotic Disease) ซึ่งเป็นกลุ่มอาการของโรคจากเชื้อแบคทีเรียที่ติดต่อมาจากสัตว์หลายชนิด ก่ออาการหลากหลายขึ้นกับชนิดของเชื้อ (serovars) และปริมาณเชื้อที่ได้รับ การติดเชื้อมีได้ตั้งแต่ไม่ปรากฏอาการ มีอาการอย่างอ่อน อาการรุนแรง หรือถึงขั้นเสียชีวิต คนที่ติดเชื้อในพื้นที่ที่มีโรคนี้เป็นโรคประจำถิ่น ส่วนใหญ่มักไม่แสดงอาการ หรือแสดงอาการอย่างอ่อน

2.1.1 การติดต่อของโรคเลปโตสไปโรซิส

เชื้อถูกปล่อยออกมาจากปัสสาวะสัตว์ที่ติดเชื้อ และปนเปื้อนอยู่ใน ดินทรายเปียกชื้น น้ำหรือพืช ผัก อาหาร เชื้อสามารถไชเข้าสู่ร่างกายของคนทางผิวหนัง โดยเชื้อโรคน้ำเข้าทางบาดแผลหรือรอยขีดข่วน หรืออาจติดโรคโดยตรงจากการสัมผัสเชื้อในปัสสาวะสัตว์ที่ปนเปื้อนเชื้อ สัตว์ที่เป็นแหล่งรังโรค (reservoir) อาจไม่แสดงอาการแต่มีการติดเชื้อที่ท่อไต และสามารถปล่อยเชื้อออกมาจากปัสสาวะ ได้เป็นเวลานานหลายสัปดาห์ หลายเดือนหรืออาจนานตลอดชีวิตของมัน ทำให้มีการแพร่ติดต่อของเชื้อในฝูงสัตว์ จากการเลียกินปัสสาวะ การผสมพันธุ์ การสัมผัสปัสสาวะในสิ่งแวดล้อม เช่น คอกสัตว์ ทุ่งหญ้า น้ำ อาหาร เป็นต้น นอกจากนั้นอาจได้รับเชื้อโดยการหายใจเอาเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศในรูปของละอองนิวเคลียส การดื่มน้ำ หรือสูดหายใจ สามารถทำให้เกิดโรคได้ แต่พบได้น้อย ส่วนการติดต่อจากคนสู่คนพบได้น้อยมาก โดยติดต่อจากมารดาที่ติดเชื้อผ่านทางรกติดต่อไปยังลูกในครรภ์และผ่านทางน้ำนมสู่ทารก และจากการสัมผัสปัสสาวะผู้ป่วย ผู้ป่วยสามารถป่วยเป็นโรคได้เมื่อได้รับเชื้อเพียงจำนวนน้อย เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายสามารถแพร่กระจายเข้าสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว

2.1.2 ผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคเลปโตสไปโรซิส

กลุ่มอาชีพที่มีโอกาสสัมผัสสัตว์หรือปัสสาวะสัตว์อยู่เสมอๆ เช่น

1. เกษตรกร ชาวนา ชาวไร่ อ้อย คนงานฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (โค สุกร) คนจับหนูขาย ในกลุ่มนี้มีรายงานการติดโรคในชาวนามากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการสัมผัส เชื้อจากการที่ต้องแช่น้ำ ขำโคลนอยู่เป็นเวลานาน ชาวไร่ก็อาจติดโรคช่วงเก็บเกี่ยว โดยที่มือและเท้าต้องสัมผัสพื้นดินเปียกชื้น ปัจจัยเสี่ยงได้แก่ ความหนาแน่นของหนู และปริมาณน้ำฝนในช่วงเก็บเกี่ยว

2. กรรมกร เช่น คนงานขุดลอกท่อระบายน้ำ เหมืองแร่ โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

3. กลุ่มอื่นๆ ได้แก่ สัตวแพทย์ นักวิทยาศาสตร์ในห้องทดลอง ทหาร ตำรวจที่ปฏิบัติหน้าที่
ไม่ว่าก็ตามบ้าง

อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กลุ่มนักท่องเที่ยว มีรายงานทั้งที่เป็นผู้ป่วยรายเดียว และรายงานการระบาดในกลุ่มนักท่องเที่ยว การท่องเที่ยวป่า น้ำตก ทะเลสาบ ผู้ที่ว่ายน้ำในแหล่งน้ำจืด โดยเฉพาะบริเวณที่น้ำนิ่ง หรือไหลเอื่อยๆ

5. กลุ่มประชากรทั่วไป ได้แก่ ผู้มีประวัติข่าน้ำ หรือแช่น้ำท่วมขัง ผู้ที่บ้านมีหนูมากและบริเวณบ้านอับชื้นแสงแดดส่องไม่ถึง หรือบริเวณรอบบ้านมีแอ่งน้ำเฉอะแฉะ ผู้ที่เลี้ยงสัตว์ เช่น สุนัข หนู เป็นต้น แม่บ้านขณะเตรียมอาหารจากเนื้อสัตว์ ผู้ที่กินอาหารหรือน้ำไม่ปรุงสุกด้วยความร้อน หรือปล่อยอาหารหรือน้ำทิ้งไว้โดยไม่มีการปิด

2.1.3 แหล่งรังโรคเลปโตสไปโรซิส

ทั้งสัตว์ป่าและสัตว์เลี้ยงหลายชนิดเป็นแหล่งรังโรค สัตว์ที่เป็นแหล่งรังโรคหลัก ได้แก่ หนู สุนัข โค กระบือ และแรคคูน สัตว์รังโรคที่สำคัญในประเทศไทย คือ หนู โดยเฉพาะในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดที่มีการระบาดของโรค เช่น จังหวัดนครราชสีมา กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ขอนแก่น สัตว์รังโรคได้แก่ หนูท่อ หนูท้องขาว และหนูจืด ซึ่งอาศัยในเขตเมือง สำหรับเขตชนบทหรือพื้นที่เกษตรกรรม สัตว์รังโรคได้แก่ หนูพุกใหญ่ หนูนาเล็ก หนูนาใหญ่ และหนูพุกเล็ก รองลงมาคือ สุนัข โค กระบือ สุนัข และแมว



รูปที่ 2.1 พาหะนำโรคเลปโตสไปโรซิส

2.1.4 สาเหตุของการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิส

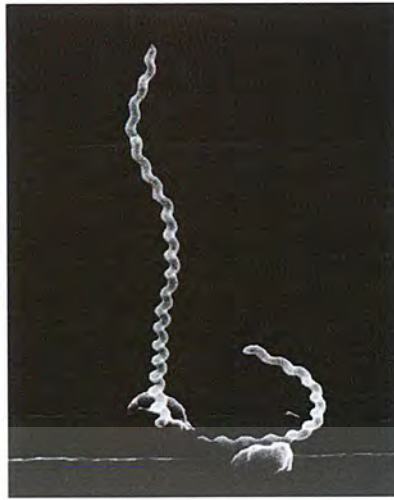
เชื้อเลปโตสไปราชนิดที่ก่อให้เกิดโรคมีย 6 สปีชีส์ ประกอบด้วยเชื้อ *Leptospira interrogans*, *Leptospira kirschneri*, *Leptospira noguchii*, *Leptospira borgpetersenii*, *Leptospira santarosai* และ *Leptospira weilii* พบว่าเชื้อเลปโตสไปราชนิดก่อโรคเหล่านี้มีมากกว่า 230 ชนิด เชื้อมีรูปร่างเป็นแท่งเกลียวสว่าง วนทางขวาจำนวนมากกว่า 18 เกลียวต่อตัว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 ไมครอน ยาว 6-12 ไมครอน โดยทั่วไปปลายทั้ง 2 ด้าน หรือด้านใดด้านหนึ่งมีการโค้งงอลักษณะคล้ายตะขอ ย้อมติดสีกรัมลบจางๆ เคลื่อนไหวรวดเร็วโดยการหมุนตัว สามารถตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พื้นมืด (darkfield microscope) เป็นเชื้อที่ต้องการความชื้น ออกซิเจน สภาพกรด ด่างเป็นกลาง (pH 7.0-7.4)

และอุณหภูมิที่เหมาะสม 28-30 องศาเซลเซียส โรคเลปโตสไปโรซิส เกิดจากเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่า เชื้อเลปโตสไปรา เชื้อแบคทีเรียมีรูปร่างเป็นแท่งเกลียวสว่าน (Spirochete) ทางขวาจำนวนมากกว่า 18 เกลียวต่อตัว ซึ่งมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นแต่จะเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์พื้นมืด (Dark-Field Microscope) หรือกล้องจุลทรรศน์ระบบเรืองแสงเมื่อย้อมสีพิเศษ เชื้อนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 ไมครอนและความยาวประมาณ 6 - 20 ไมครอนโดยทั่วไปปลายทั้ง 2 ด้าน หรือด้านใดด้านหนึ่งมีการโค้งงอลักษณะคล้ายตะขอ เคลื่อนไหวรวดเร็วโดยการหมุนตัว เชื้อเลปโตสไปราสามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อม ดิน โคลน แอ่งน้ำ ร่องน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง ใต้น้ำเป็นเดือน ถ้าปัจจัยแวดล้อมเหมาะสม กล่าวคือ มีความชื้นพอ เป็นบริเวณที่มีร่มเงา แสงแดดส่องไม่ถึง ความเป็นกรดด่างปานกลางหรือค่อนข้างเป็นด่าง (pH 7.2 – 8.0) ถ้า pH สูงกว่า 8.0 หรือต่ำกว่า 6.0 จะเป็นภาวะที่ไม่เอื้อต่อการอยู่รอดของเชื้อ อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส เหมาะแก่การอยู่รอดของเชื้อ อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ขึ้นไปจะฆ่าเชื้อได้ และที่อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส เชื้อจะตายภายใน 2-3 นาที แสงแดด (อุลตราไวโอเลต) และความแห้งจะทำให้ตายเชื้อได้รวดเร็ว พื้นดินที่แห้งเชื้อจะตายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง



รูปที่ 2.2 เชื้อเลปโตสไปรา อินเทอโรแกนส์ ย้อมด้วยสารเรืองแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เชื้อ เลปโตสไปรา อินเทอโรแกนส์ ดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

2.1.5 วงจรชีวิตของโรคเลปโตสไปโรซิส



รูปที่ 2.4 วงจรชีวิตของเลปโตสไปโรซิส

วงจรชีวิตของโรคเลปโตสไปโรซิส

1. โรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโรคติดต่อจากสัตว์สู่คน มีหนูเป็นตัวแพร่โรคที่สำคัญ เชื้อ ออกมากับปัสสาวะสัตว์แล้วปนเปื้อนอยู่ในน้ำท่วมขัง พื้นดินที่ชื้นแฉะและไฉนนาน เชื้อเข้าสู่ร่างกายทางบาดแผล รอยขีดข่วน รอยถลอก หรือไชเข้าเยื่อเมือก จมูก ปาก หรือผิวหนังที่แช่น้ำนาน หรืออาจ ติดเชื้อจากการรับประทานอาหารที่หนูฉี่รด ช่วงน้ำท่วมมักจะเกิดการระบาดได้ในหลายพื้นที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ ผู้ที่ลุยน้ำ หรือแช่น้ำนานๆ ผู้ที่เดินลุยน้ำท่วม คนงาน บ่อปลา ชาวสวน ชาวนา คนงานขุดลอกท่อระบายน้ำ

2. เชื้อเลปโตสไปร่ามักจะระบาดในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง และช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคมามากที่สุด ก็คือ ในช่วงน้ำลด เนื่องจากชาวบ้านต่างลุยน้ำ ย่ำโคลน เพื่อทำความสะอาด บ้านเรือนและไปทำนา ทำให้เกิดบาดแผลจากกระจก แก้ว ตะปู และของมีคมอื่นๆ บาดแผลที่เท้า เกิดขึ้นได้ง่ายมาก อีกอย่างหนึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่มักจะมีปัญหาเรื่องเท้าเปื่อยจากน้ำกัดเท้า

3. เชื้อเลปโตสไปร่าสามารถเข้าสู่ร่างกายได้อย่างง่ายดาย เชื้อสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ โดยการไชเข้าทางบาดแผล หรือเข้าทางเยื่อเมือกต่างๆ เช่น ง่ามมือ ง่ามเท้า ตา ขณะที่แช่น้ำ มักเริ่มมีอาการหลังได้รับเชื้อประมาณ 4-10 วัน โดยจะมีไข้สูงทันทีทันใด ปวดศีรษะ และปวดกล้ามเนื้อตาม โดยเฉพาะน่องและโคนขา หรือปวดหลัง บางคนมีอาการตาแดง อาจมีอาการเจ็บคอ เมื่ออาหาร หรือท้องเดิน หากมีอาการดังกล่าวหลังจากที่สัมผัสสัตว์หรือลุยน้ำ ย่ำโคลน ต้องรีบไปพบแพทย์ที่โรงพยาบาลหรือหน่วยแพทย์ในพื้นที่ทันที บางรายอาจมีจุดเลือดออกตามผิวหนัง ไข้เลือดออก หรือตัวเหลือง ตาเหลือง ปัสสาวะน้อย ชี้น้ำลาย เนื่องจากเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาจมีกล้ามเนื้อหัวใจอักเสบและเสียชีวิตได้

2.1.6 พยาธิกำเนิด

เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเข้ากระแสเลือดภายใน 24 ชั่วโมง แล้วจะเพิ่มจำนวนได้สูงสุดใน 2-4 วัน (เป็นช่วงที่มีไข้สูง) แล้วกระจายไปตามอวัยวะต่างๆ เช่น ลำไส้ เยื่อหุ้มสมอง ปอด หัวใจ โดยมีไข้ที่ตับ ตา ทำให้เกิดการอักเสบและเนื้อตายตามอวัยวะเหล่านั้น รายที่อาการรุนแรง อาจพบภาวะเลือดออกที่ลำไส้ ปอด ตับวาย ไตวาย ถึงขั้นเสียชีวิตได้ ในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังป่วย ร่างกายจะเริ่มสร้างภูมิต้านทานโรค ทำให้เชื้อถูกกำจัดออกไปแต่เชื้อส่วนหนึ่งจะหลบเข้าไปอยู่ใน ตาและเพิ่มจำนวนมากขึ้นแล้วถูกขับออกมากับปัสสาวะเป็นครั้งคราวหรือต่อเนื่องกัน ซึ่งจำนวน และระยะเวลาที่เชื้อถูกขับออกมาน้อยเท่าใดจะสัมพันธ์กับชนิดสัตว์และชนิดของเชื้อปริมาณของ เชื้อที่ถูกขับออกมาอาจมากถึง 100 ล้านตัวต่อปัสสาวะ 1 มิลลิลิตร

2.1.7 ระยะเวลาฟักตัวของโรค

โดยเฉลี่ยประมาณ 10 วัน หรืออยู่ในช่วง 4-19 วัน (อาจเร็วภายใน 2 วันหรือนานถึง 26 วัน)

2.1.8 อาการและอาการแสดงของโรคเลปโตสไปโรซิส

อาการทางคลินิกของโรคอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มที่ไม่มีอาการเหลือง (อาการไม่รุนแรง) อาการทางคลินิกที่พบในกลุ่มที่อาการไม่รุนแรง ได้แก่ ไข้เฉียบพลัน (ไข้ขึ้นสูง 38-40 องศาเซลเซียส อาจมีหนาวสั่นร่วมด้วย) เยื่อตาขาวแดง (conjunctival suffusion) ปวดศีรษะและปวดกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง (โดยเฉพาะที่น่อง โคนขา กล้ามเนื้อหลัง มีอาการกดเจ็บกล้ามเนื้อดังกล่าวร่วมด้วย) อาจมีคลื่นไส้ อาเจียน อาการพบตั้งแต่ 1 วันถึงหลายวัน ลักษณะของไข้มีลักษณะเป็น biphasic (ระยะมีไข้สลับกับระยะไข้ลดและระยะ

กลับมีไข้อีกครั้ง) ระยะแรกเป็นระยะที่มีเชื้อในกระแสเลือดและน้ำไขสันหลัง (septicemic stage) ระยะนี้มีไข้สูงประมาณ 4-7 วัน ตามด้วยระยะไม่มีไข้และไม่มีอาการ 1-3 วัน หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระยะที่สอง (immune stage) ระยะนี้สั้น ประกอบด้วย ไข้ขึ้นอีกครั้ง (recurrence of fever) เยื่อหุ้มสมองอักเสบ (meningitis) และมีเชื้อออกมาในปัสสาวะ (leptospiuria) อย่างไรก็ตามลักษณะของไข้ที่เป็น biphasic ไม่พบในผู้ป่วยทุกราย

2. กลุ่มที่มีอาการเหลือง (อาการรุนแรง) ทางคลินิกที่พบในกลุ่มที่อาการรุนแรง ไม่พบลักษณะไข้แบบ biphasic กลุ่มนี้อาการในระยะแรก (septicemic illness) จะไม่หายไป ความรุนแรงจะเพิ่มขึ้นโดยพบมีอาการเหลือง และไตวาย อาการทางคลินิกประกอบด้วย อาการที่พบในกลุ่มที่มีอาการไม่รุนแรงร่วมกับอาการที่เกิดจากพยาธิสภาพในอวัยวะต่างๆ ได้แก่ มีผื่นที่เพดานปาก (palatal exanthem) มีจุดเลือดออกตามผิวหนังและเยื่อ ตับและไตวาย ตีข่าน เยื่อหุ้มสมองอักเสบ (ทำให้ความรู้สึกสับสน เพื่อ ชิม) กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ อาจมีอาการทางระบบทางเดินหายใจ โดยมีหรือไม่มีอาการไอเป็นเลือด (hemoptysis) กลุ่มที่มีอาการรุนแรงพบไม่ถึงร้อยละ 10 ของผู้ป่วยทั้งหมด กลุ่มนี้อาการเหลืองจะเกิดระหว่างวันที่ 4-6 ของโรค ปัสสาวะออกน้อยเกิดในสัปดาห์ที่ 2 ของโรคแต่อาจพบได้ตั้งแต่วันที่ 4 ของโรค ผู้ป่วยอาจเสียชีวิตในระยะนี้หรือในต้นสัปดาห์ที่ 3 จากภาวะไตวาย ภาวะเลือดออกอย่างรุนแรงเป็นสาเหตุการตายจากโรคได้ การเสียชีวิตเนื่องจากภาวะไตวายพบน้อย อัตราป่วยตายในกลุ่มที่มีอาการรุนแรงและไม่ได้รับการรักษาพบร้อยละ 15-40

อาการแสดง (Signs) ที่สำคัญทางคลินิก ได้แก่

1. ภาวะเยื่อบุตาขาวแดง เกิดขึ้นในตาทั้งสองข้าง ภายใน 3 วันแรกของโรค และอยู่ได้นานตั้งแต่ 1 วันถึง 1 สัปดาห์ อาจพบร่วมกับเลือดออกที่ตาขาว (conjunctival hemorrhages) ข้างเดียวหรือสองข้างก็ได้ แต่ไม่ใช่ตาแดงที่เกิดจากการอักเสบชนิดเป็นหนอง

2. กดเจ็บกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง โดยเฉพาะที่น่อง

3. มีเลือดออกแบบต่างๆ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงและมีอาการเหลือง เช่น จุดเลือดออกตามผิวหนัง (petechiae) ผื่นเลือดออก (purpuric spots) เลือดออกใต้เยื่อบุตา หรือเสมหะเป็นเลือดบางครั้งอาจพบเพียงผื่นเลือดออก 2-3 แห่งที่หน้าอก ท้อง หรือแขน เชื่อว่าเกิดจากเส้นเลือดฝอยที่เปราะ

4. ผื่นอาจพบได้หลายแบบ เช่น ผื่นแดงราบ (erythematous), ผื่นแดง (macular) ผื่นและตุ่มแดง (maculopapular) ผื่นลมพิษ (urticaria) ซึ่งผื่นเหล่านี้อาจจะพบเฉพาะที่หรือเป็นได้ทั้งตัว ผื่นมักจะเป็นชั่วคราวและบางรายอาจจะพบมากกว่าหนึ่งสัปดาห์ได้

5. อาการเหลือง มักจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการตรวจทางคลินิก ถ้ามีอาการเหลืองน้อยๆ

เอกสารนี้จะต้องตรวจในที่มีแสงสว่างเพียงพอ อาการเหลืองจะเกิดระหว่างวันที่ 4-6 ของโรค
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะแทรกซ้อน

อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนภายในอวัยวะต่างๆ ได้ดังนี้

ไต : ภาวะแทรกซ้อนทางไตพบได้บ่อยที่สุด และเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต ความผิดปกติ อาจพบตั้งแต่ความผิดปกติของปัสสาวะอย่างเฉียบพลันถึงไตวาย

อาการปัสสาวะออกน้อยหรือไม่มีปัสสาวะเลยมักพบในสัปดาห์ที่สอง หรือในวันที่สี่ของ โรคอาการนี้อาจเกิดเพียงชั่วคราวหรือเป็นอยู่ถึงสองสัปดาห์ ผู้ป่วยที่มีภาวะทางไตแทรกซ้อน มักจะพบปัญหาทางตับด้วย เมื่อภาวะทางไตทรุดลง ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการของเสียคั่ง ผู้ป่วยที่อาการหนักมักจะเสียชีวิตในปลายสัปดาห์ที่สองหรือสัปดาห์ที่สาม ในผู้ป่วยบางรายอาจจะมีภาวะไตวาย โดยที่ไม่มีอาการปัสสาวะน้อย

อาการปัสสาวะออกมาก (Diuresis) เป็นอาการแสดงที่บ่งบอกว่าไตเริ่มดีขึ้น การตรวจพบความผิดปกติของปัสสาวะไม่ได้เป็นตัวชี้บ่งความรุนแรงของไต ผู้ป่วยที่มีอาการไตวายอย่างรุนแรงอาจจะตรวจพบความผิดปกติในปัสสาวะเพียงเล็กน้อย สภาวะไตวายในผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสจะสามารถกลับเป็นปกติได้และไม่เป็นสาเหตุของไตวายเรื้อรัง

ตา : ภาวะเยื่อตาอักเสบ เป็นอาการแสดงที่พบในระยะติดเชื้อในกระแสเลือด และมักจะตรวจพบอาการกลัวแสงและเลือดออกที่เยื่อตาขาว อาการทางตามักจะหายได้เองภายในหนึ่งสัปดาห์โดยไม่จำเป็นต้องให้การรักษา

ตับ : อาการเหลืองเป็นตัวบ่งชี้ความรุนแรงของโรคที่สำคัญ โดยทั่วไปจะเกิดในวันที่ 4-6 ของโรคแต่ก็อาจจะเกิดได้เร็วขึ้นในวันที่ 2 หรือ อาจเริ่มเหลืองในวันที่ 9 ตับมักจะ โตขึ้นและ กดเจ็บ อาการเหลืองเกิดจากมีการทำลายของเซลล์ตับเอง มักจะไม่พบผู้ป่วยเสียชีวิตจาก ตับวาย อาการทางตับมักจะหายเป็นปกติ

การวินิจฉัยแยกโรคทางคลินิก

1. ใช้ร่วมกับอาการไม่บ่งชี้เฉพาะ จำเป็นต้องแยกจาก ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) ไข้จาก การติดเชื้อไวรัส (viral infection) ไข้ไม่ทราบสาเหตุ ตับอักเสบ ไข้ไทฟอยด์ ไข้มาลาเรีย ไตอักเสบ ไข้เด็งกี สครับทัยฟัส และ มีเวรินทัยฟัส

2. ใช้ร่วมกับอาการเยื่อหุ้มสมองอักเสบหรือสมองอักเสบ ต้องแยกโรคจากเยื่อหุ้มสมอง- อักเสบชนิดที่เกิดจากแบคทีเรีย และไวรัส ไข้สมองอักเสบ หรือ โปลิโอ บางครั้งการทางคลินิกแยก จากจากการติดเชื้อเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากไวรัส การพบเลือดออกที่ตาหรือประวัติสัมผัสสัตว์ อาจจะทำให้คิดถึงการติดเชื้อเลปโตสไปรา่มากกว่า

3. ใช้ร่วมกับอาการดีซ่าน ต้องแยกจากตับอักเสบจากเชื้อไวรัส มาลาเรีย หรือภาวะติดเชื้อ

ในกระแสเลือดอย่างรุนแรง โรคตับอักเสบจากไวรัสมักจะแยกยากที่สุด แต่การติดเชื้อเลปโตสไปรา มักจะเริ่มเป็นไข้อย่างเฉียบพลัน ปวดศีรษะและปวดกล้ามเนื้อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไข้ร่วมกับอาการเลือดออก ต้องแยกจากการติดเชื้อฮันตาไวรัส เนื่องจากลักษณะอาการทางคลินิก และระบาดวิทยาของโรคมี่ความคล้ายคลึงกันมาก อีกทั้งยังพบมีการติดเชื้อทั้งสองชนิด (Dual infection) การแยกต้องอาศัยการส่งตรวจหาภูมิกัมกั้ต่อเชื้อฮันตาไวรัส นอกจากนี้ยังต้องแยกจาก ไข้เลือดออกเด็งกี อย่างไรก็ดีส่วนมากไข้เลือดออกเด็งกีพบในเด็ก

5. ไข้ร่วมกับอาการอักเสบของระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากเชื้อเลปโตสไปราทำให้เกิดอาการอักเสบของหลอดเลือดในอวัยวะต่างๆ (Extensive vasculitis) รวมทั้งระบบทางเดินอาหาร จึงอาจทำให้ผู้ป่วยมีอาการคล้ายระบบทางเดินอาหารอักเสบ (gastroenteritis)



รูปที่ 2.5 อาการติดเชื้อแบบไม่รุนแรง



รูปที่ 2.6 อาการติดเชื้อแบบรุนแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงอาการต่างๆ ที่พบได้ในผู้ป่วยด้วยโรคเลปโตสไปโรซิส

อาการ	ร้อยละ	อาการ	ร้อยละ
ไข้	100	ตาแดง	81
ปวดน่อง	89	กดเจ็บที่น่อง	67
ปวดศีรษะ	83	กดเจ็บในท้อง	40
อาการเป็นทันทีทันใด	83	อาการทางทรวงอก	36
หนาวสั่น	62	ต่อมน้ำเหลืองโต	30
เจ็บหน้าอก	42	อาการเหลือง	29
คอแข็ง	28	คอแข็ง	24
ท้องเดิน	25	ผื่น	23
ปวดท้อง	25	ตับโต	23
ไอ	20	ม้ามโต	11
เลือดกำเดาออก	17		
ตากลัวแสง	16		
ปวดตา	12		
ไอเป็นเลือด	10		
มีนิง	5		

2.1.9 วัคซีนป้องกันโรคเลปโตสไปโรซิส

ไม่มีวัคซีนสำหรับมนุษย์เพราะเชื้อมีหลายสายพันธุ์ (Serotypes) เกินไป อย่างไรก็ตามการฉีดวัคซีนป้องกันเฉพาะชนิดแก่คนงาน และผู้ที่ประกอบอาชีพเสี่ยงต่อโรค เป็นวิธีที่ใช้ในญี่ปุ่น จีน อิตาลี สเปนฝรั่งเศส และอิสราเอล

2.1.10 แหล่งเสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรซิส

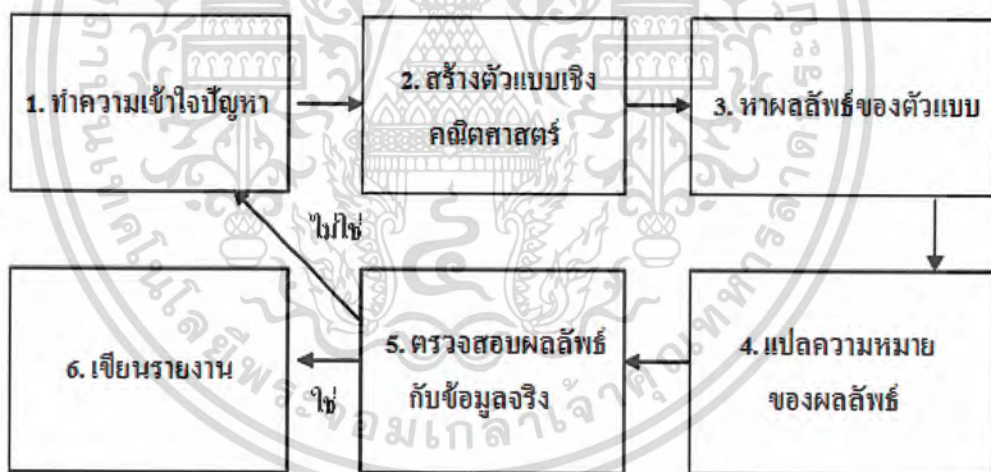
พบได้ทั่วโลก (ยกเว้นขั้วโลก) พบได้ทั้งในเขตเมืองและเขตชนบททั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา ประเทศไทยพบได้ทุกภาค โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โรคเลปโตสไปโรซิสแพร่กระจายและเกิดขึ้นได้ง่ายในช่วงปลายฤดูฝนพบบ่อยในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายนเพราะช่วงนี้พื้นดินแฉะมีน้ำขังเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตและสะสมของเชื้อในธรรมชาติพบโรคนี้ได้มากตามจังหวัดที่ทำการปลูกข้าวบริเวณที่ต้องย่ำน้ำ

หรือแหล่งน้ำขังที่มีพาหะนำโรคชุกชุม อาจรวมถึงบ่อน้ำขนาดใหญ่ด้วยน้ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแบบที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลต่างๆ ของระบบเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหา ตัวแบบนี้อาจจะเป็นโปรแกรม ที่มีความสามารถในการใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ค้นหาคำตอบ หรือจำลองให้เห็นภาพของข้อมูล เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา แบบจำลองสามารถนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1. ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สำหรับแก้ปัญหาในธุรกิจ มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้ประสบการณ์เพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์จากแบบจำลองไม่มาก ทำงานได้รวดเร็ว
2. ด้านระยะเวลา (Time) สามารถทำงานได้ภายใต้ความกดดันด้านเวลา และทันต่อความต้องการใช้งาน
3. ด้านการทดลองแทนมนุษย์ (Experiment) ใช้ทดลองกับเหตุการณ์การทำงานต่างๆ ที่เสี่ยงอันตรายแทนมนุษย์ได้ เช่น แบบจำลองเพื่อวัดโครงสร้างความแข็งแรงของตึกเมื่อตึกถล่มหรือเกิดไฟไหม้
4. สามารถทำความเข้าใจและมองภาพของปัญหาภายในได้อย่างชัดเจน (View of Problem)



รูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการคิดในการสร้างแบบจำลอง

ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Identify the Real Problem)

การทำความเข้าใจปัญหาเป็นขั้นตอนแรกในการสร้างตัวแบบ ต้องวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่า ปัญหาคืออะไร มีอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีคำถามมากมายที่ต้องทำความเข้าใจ โจทย์ ปัญหาในสถานการณ์จริง เช่น ปัญหานี้ต้องการทราบอะไร มีวัตถุประสงค์และเป้าหมายอะไร จะตัดสินใจผลที่ไม่วาทกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาอย่างไร แหล่งข้อมูลมาจากไหน เชื่อถือได้หรือไม่มีคำตอบเป็นแบบเดียวหรือไม่ จำแนกปัญหาว่าเป็น แบบมีคำตอบแน่นอน(Deterministic) หรือ แบบมีคำตอบไม่แน่นอน (stochastic) ต้องใช้การสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) หรือ ไม่ คำถามหรือคำตอบ ดังกล่าวมาแล้วต้อง นิยาม กำหนดขอบเขตให้ตรงประเด็นและชัดเจน

ขั้นที่ 2 สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Formulate a Mathematical Model)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากปัญหาที่ได้วิเคราะห์หรือทำให้ชัดเจนแล้วในขั้นที่ 1 ทดลองสร้างตัวแบบที่ซับซ้อนน้อยที่สุดก่อน เขียนแผนภาพตามความเหมาะสม เขียนรายการปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลและทดสอบเนื้อหารายละเอียด อธิบายพฤติกรรมของ ตัวแปร รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมถ้าจำเป็น แสดงตัวแปรแต่ละตัวด้วยสัญลักษณ์ที่เหมาะสมพร้อมทั้งกำหนดหน่วย กำหนดข้อสมมติที่ต้องการสร้าง เขียนความสัมพันธ์และสมการของตัวแปรในโจทย์ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น การเป็นสัดส่วน ความสัมพันธ์เชิงเส้นและไม่เชิงเส้น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สมการเชิงผลต่างและสมการเชิงอนุพันธ์ เมทริกซ์ ความน่าจะเป็น การกระจายเชิงสถิติ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 หาผลลัพธ์ของตัวแบบ (Solve the Mathematical Model)

การหาคำตอบทางคณิตศาสตร์ของตัวแบบ อาจจะใช้วิธีเกี่ยวกับพีชคณิต หรือใช้วิธีเชิงตัวเลข ใช้แคลคูลัสและกราฟ เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสม หาค่าของตัวแปรที่ต้องการ อาจจะเป็นรูปแบบตารางหรือรูปภาพ

ขั้นที่ 4 แปลความหมายของผลลัพธ์ (Interpret the Mathematical Solution)

ขั้นตอนนี้เป็นการแปลความหมาย และตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการเชิงคณิตศาสตร์ เช่น พิจารณาค่าของตัวแปรที่หาได้ ว่ามีเครื่องหมาย และขนาดถูกต้องหรือไม่มีค่าเพิ่มหรือลดตามที่ควรจะเป็นหรือไม่ พิจารณาค่ามากและค่าน้อยของตัวแปร เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมความไวต่อสิ่งกระตุ้น ได้คำตอบที่ดีที่สุดตามที่คาดไว้หรือไม่ หรือต้องเปลี่ยนเงื่อนไขเริ่มต้น

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์กับข้อมูลจริง (Compare with Reality)

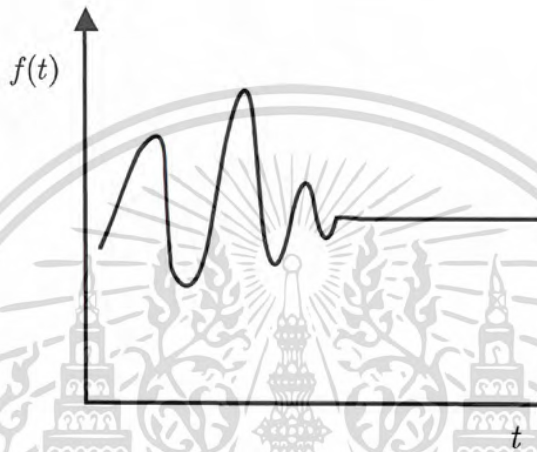
ผลลัพธ์ที่ได้สามารถตรวจสอบกับข้อมูลจริงได้หรือไม่ ซึ่งข้อมูลจริงในการทำโครงการพิเศษเรื่องนี้ใช้เป็นข้อมูลผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสจากกรมควบคุมกระทรวงสาธารณสุข คำตอบเชิงคณิตศาสตร์มีความหมายหรือไม่ การทำนายสอดคล้องกับข้อมูลจริงหรือไม่ ประเมินตัวแบบที่สร้างขึ้นว่าได้ครบตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ตัวแบบสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อีกหรือไม่ ผลลัพธ์ที่ได้ก่อนหน้านี้ ซึ่งให้เห็นว่าต้องคำนวณหาค่าตัวแปรจากตัวแบบที่ปรับปรุงใหม่เพื่อความแม่นยำที่ดีกว่าหรือไม่ ถ้าต้องการทำใหม่ก็ต้องกลับไปเริ่มที่ขั้นที่ 1 หรือถ้าไม่ต้องการทำใหม่ ก็ให้ไปที่ขั้นที่ 6 ขั้นตอนนี้สำคัญมาก เพราะมีบ่อยครั้งที่ต้องสร้างตัวแบบหลาย

รอบก่อนที่จะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 6 เขียนรายงาน (Write a Report)

การเขียนรายงานต้องทราบว่าเขียนเพื่อใคร ผู้อ่านต้องการทราบอะไร ต้องการรายละเอียดในรายงานมากน้อยเพียงใด จะสร้างรายงานอย่างไร จึงจะทำให้ลักษณะที่สำคัญชัดเจน และผลที่ต้องการทราบปรากฏอยู่ ขั้นตอนนี้อาจจะไม่ต้องทำ ถ้าไม่ทราบว่าเขียนให้ใครอ่าน

2.3 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ (Steady State Solution)



รูปที่ 2.8 กราฟความเสถียร

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งค่าของฟังก์ชันจะคงที่ แสดงถึงความเสถียรของระบบ ซึ่งมีความชันเท่ากับศูนย์
พิจารณาระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญที่มีรูปแบบดังนี้

$$\left. \begin{aligned} \frac{dA_1(t)}{dt} &= F_1(A_1(t), A_2(t), A_3(t), \dots, A_n(t)) \\ \frac{dA_2(t)}{dt} &= F_2(A_1(t), A_2(t), A_3(t), \dots, A_n(t)) \\ &\vdots \\ \frac{dA_n(t)}{dt} &= F_n(A_1(t), A_2(t), A_3(t), \dots, A_n(t)) \end{aligned} \right\} (2.3.1)$$

ผลเฉลยของความเสถียรของระบบสมการนี้ สามารถหาได้จากการจัดให้ด้านขวาของสมการทุกสมการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (2.3.1) เป็นศูนย์ คือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 1 แบบจำลอง SIR



รูปที่ 2.9 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของ SIR

นำมาเขียนสมการได้ดังนี้

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

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

$$\frac{dR}{dt} = \nu I$$

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= - (จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + (จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

- (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

= + (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้)

การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสามารถ หาได้จากการจัดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร แต่ละกลุ่มให้เท่ากับศูนย์ ดังนี้

การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 1

จากแบบจำลองที่ 1) แบบจำลอง SIR

$$-\beta SI = 0 \quad (2.4.1)$$

$$I(\beta S - \nu) = 0 \quad (2.4.2)$$

$$\nu I = 0 \quad (2.4.3)$$

จาก (2.4.3) จะได้ว่า $I = 0$ (เพราะ $\nu \neq 0$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แทนค่า $I = 0$ ใน (2.4.2) จะได้ว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายใหม่ทดแทนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore (\beta S - v) \neq 0$$

ซึ่งในกรณีนี้ไม่พิจารณา

กรณีที่ 1 แทนค่า $I = 0$ ใน (2.4.1)

$$\text{จะได้ว่า } -\beta S(0) = 0$$

$$\therefore S = 0 \text{ หรือ } S \neq 0$$

เราทราบแล้วว่า $N = S + I + R$ (เนื่องจากกำหนดให้ประชากรทั้งหมดเป็นค่าคงที่)

$$\text{ถ้า } S = 0 \text{ จะได้ว่า } R = N \quad (\text{เพราะ } I = 0)$$

$$\text{ถ้า } S \neq 0 \text{ จะได้ว่า } S + R = N \quad (\text{เพราะ } I = 0)$$

$$\text{ถ้า } S = N \text{ แล้ว } R = 0 \quad (\text{เพราะ } I = 0)$$

กรณีที่ 2 แทนค่า $S = \frac{v}{\beta}$ ใน (2.4.1)

$$\text{จะได้ว่า } -Iv = 0; \quad v \neq 0$$

$$\therefore I = 0$$

$$\text{จาก } R = N - S - I$$

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

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

\therefore จะได้สภาวะเสถียรดังนี้

กรณีที่ $I = 0$ จะได้ว่า

$$\text{ถ้า } S = 0; \quad (S, I, R) = (0, 0, N)$$

$$\text{ถ้า } S \neq 0; \quad (S, I, R) = (S, 0, N - S)$$

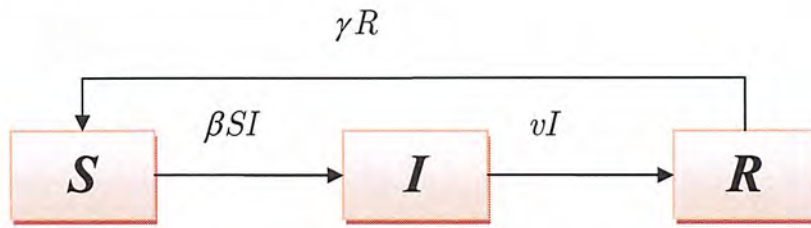
$$\text{ถ้า } S = N; \quad (S, I, R) = (N, 0, 0)$$

กรณีที่ $S = \frac{v}{\beta}$ จะได้ว่า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 2 แบบจำลองของ SIRS



รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของ SIRS

นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

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

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

อธิบายรายละเอียดของโมเดลได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- = - (จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)
- + (จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

- = + (จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)
- (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้)

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

- = + (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้)
- (จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ)

การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบสำหรับแบบจำลองที่ 2

จากแบบจำลองที่ 2) แบบจำลอง SIRS

$$-\beta SI + \gamma R = 0 \quad (2.4.4)$$

$$I(\beta S - v) = 0 \quad (2.4.5)$$

$$vI - \gamma R = 0 \quad (2.4.6)$$

จาก (2.4.6) จะได้ว่า $I = \frac{\gamma R}{v}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $I = \frac{\gamma R}{v}$ ใน (2.4.5)

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

จะได้ว่า

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

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

กรณีที่ 1 แทนค่า $R = 0$ ใน (2.4.4)

จะได้ว่า $-\beta IS + \gamma(0) = 0$

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

$$\therefore I = 0$$

จาก

$$N = S + I + R$$

$$\therefore S = N$$

กรณีที่ 2 แทนค่า $S = \frac{v}{\beta}$ ใน (2.4.4)

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

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

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

จาก $N = S + I + R$

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

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

\therefore จะได้สภาวะเสถียรดังนี้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การทดสอบโคลโมโกรอฟ – สเมอร်นอฟ (The Kolmogorov - Sminov test)

การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร်นอฟ เป็นการทดสอบภาวะสารูปสนิทธิเหมือนการทดสอบไคสแควร์ คือ เป็นการทดสอบสมมติฐานว่าข้อมูลจากตัวอย่างที่ทำการสุ่มมานั้น มีการแจกแจงสอดคล้องกับการแจกแจงตามที่คาดไว้หรือไม่ เช่น เป็นการทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ เป็นต้น การทดสอบภาวะสารูปสนิทธิของโคลโมโกรอฟได้รับความนิยมนมากกว่าการทดสอบของไคสแควร์เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็ก เพราะให้ผลลัพธ์ที่แท้จริง ในขณะที่การทดสอบไคสแควร์ต้องการจำนวนตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้การแจกแจงไคสแควร์ประมาณการแจกแจงของสถิติทดสอบได้ดีพอ

การทดสอบโคลโมโกรอฟจะใช้ความถี่สัมพัทธ์สะสมหรือฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม ($F(x)$) ในการวิเคราะห์ โดยหลักการคือจะเป็นการทดสอบว่าความถี่สัมพัทธ์สะสมของค่าสังเกตแตกต่างจากค่าความถี่สัมพัทธ์สะสมตามที่คาดไว้หรือไม่ ซึ่งหมายความว่าถ้าสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ไม่ทราบฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม ($F(x)$) สามารถจะสรุปได้หรือไม่ว่า $F(x) = F_0(x)$ สำหรับทุกๆ ค่าของ X เมื่อ $F_0(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมที่ทราบการแจกแจง การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร်นอฟจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการทดสอบไคสแควร์ และสามารถใช้ได้กับข้อมูลทุกกรณีแม้ว่าข้อมูลจะมีความถี่เท่ากับ 0 และตัวอย่างมีขนาดเล็กก็ตาม

2.5.1 การทดสอบทางสถิติ

ให้ $S(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงสะสมหรือความถี่สัมพัทธ์สะสมจากตัวอย่างสุ่ม x_1, x_2, \dots, x_n โดย

$$S(x) = (\text{ความถี่สะสม})/n$$

เมื่อ $x_{(k)}$ เป็นสถิติลำดับที่ k ของ X ซึ่งโดยทั่วไป การทดสอบจะเป็นการทดสอบแบบสองทางดังนี้

2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานการทดสอบ

กำหนดให้ $F^*(x)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม

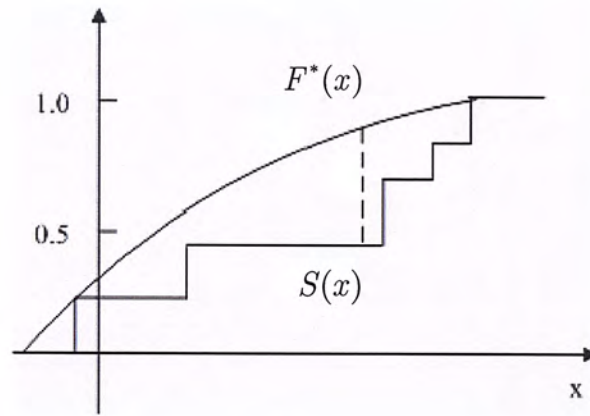
$$H_0 : F(x) = F^*(x) \quad (\text{ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นไปตามที่คาดหมาย})$$

$$H_1 : F(x) \neq F^*(x) \quad (\text{ข้อมูลไม่มีการแจกแจงเป็นไปตามที่คาดหมาย})$$

ให้สถิติทดสอบ T เป็นระยะห่างที่กว้างที่สุดตามแนวตั้งระหว่าง $S(x)$ และ $F^*(x)$

$$\text{นั่นคือ } T = \text{Max} |F^*(x) - S(x)|$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามสมมติฐาน

ถ้าข้อมูลจากตัวอย่างสุ่มมาจากการแจกแจงที่ระบุไว้ในสมมติฐาน H_0 ความแตกต่างระหว่าง $S(x)$ และ $F^*(x)$ จะน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้า H_0 ไม่จริง หรือตัวอย่างไม่ได้มาจากการแจกแจงที่ระบุไว้ในสมมติฐาน ความแตกต่างระหว่าง $S(x)$ และ $F^*(x)$ จะมีค่ามาก

การทดสอบแบบสองทาง จะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ ถ้า T มากกว่าค่าวิกฤตในตารางสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมอร์นอฟ

ดังนั้น $T = \text{Max} |F^*(x) - S(x)| = 0.290$ และจากตารางสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมอร์นอฟ เมื่อ $n = 10$, $\beta = 0.95$ และ $\alpha = 0.05$ ได้ค่าวิกฤตเท่ากับ 0.410 เนื่องจากค่า T ไม่มากกว่าค่าวิกฤต จึงไม่ปฏิเสธ H_0 และสรุปว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม $(0, 1)$

บทที่ 3

แบบจำลองของโรคเลปโตสไปโรซิส

3.1 ข้อมูลโรคเลปโตสไปโรซิส

ข้อมูลประเทศไทย 76 จังหวัด แบ่งออกเป็น 4 ภาค ดังนี้

ภาคเหนือ ประกอบไปด้วย 17 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน เชียงราย น่าน พะเยาแพร่ เพชรบูรณ์ พิษณุโลก สุโขทัย ตาก อุตรดิตถ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร อุทัยธานี

ภาคกลางและภาคตะวันออก ประกอบไปด้วย 26 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี สระบุรี อ่างทอง ชัยนาท ลพบุรี สิงห์บุรี ฉะเชิงเทรา นครนายก ปราจีนบุรี สระแก้ว สมุทรปราการ กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี สุพรรณบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม จันทบุรี ชลบุรี ระยอง ตราด

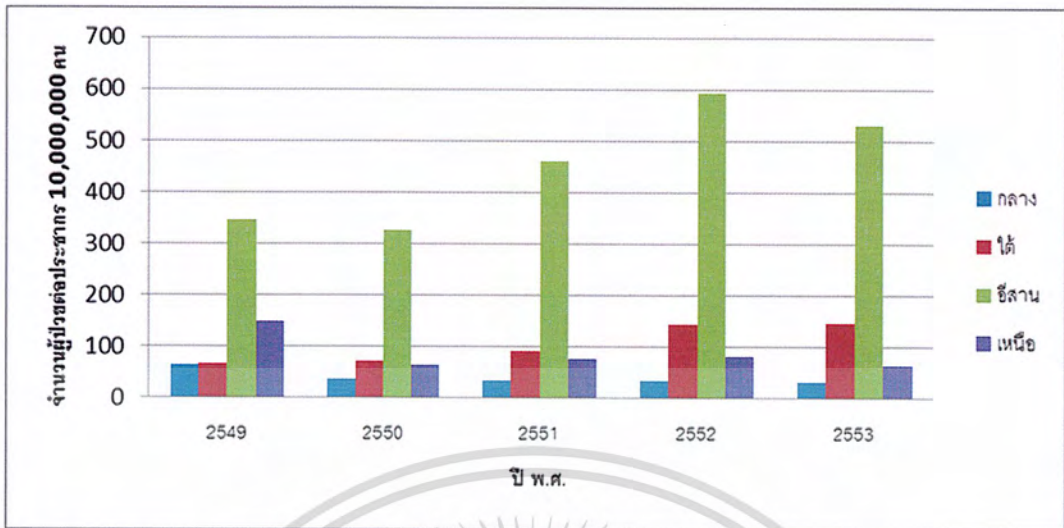
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประกอบไปด้วย 19 จังหวัด ได้แก่ เลย หนองบัวลำภู หนองคาย อุดรธานี มุกดาหาร นครพนม สกลนคร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ยโสธร บุรีรัมย์ ชัยภูมิ นครราชสีมา สุรินทร์

ภาคใต้ประกอบไปด้วย 14 จังหวัด ได้แก่ ชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง ตรัง นราธิวาส บัตตานี สตูล สงขลา ยะลา

จากข้อมูลสถิติผู้ป่วยเป็นโรคเลปโตสไปโรซิส ในแต่ละปี พ.ศ. 2549 – 2553 ที่ได้จากการเก็บข้อมูลของสำนักกระบวนวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข เรานำมาคำนวณและแสดงอัตราการเสี่ยงต่อโรคเลปโตสไปโรซิสได้ดังกราฟต่างๆ เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

หมายเหตุ ปัญหาพิเศษฉบับนี้ แบ่งพื้นที่ในประเทศไทยออกเป็น 76 จังหวัด เนื่องจากจังหวัดบึงกาฬถูกแยกออกจากจังหวัดหนองคายเมื่อวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของปัญหาพิเศษที่เราศึกษา

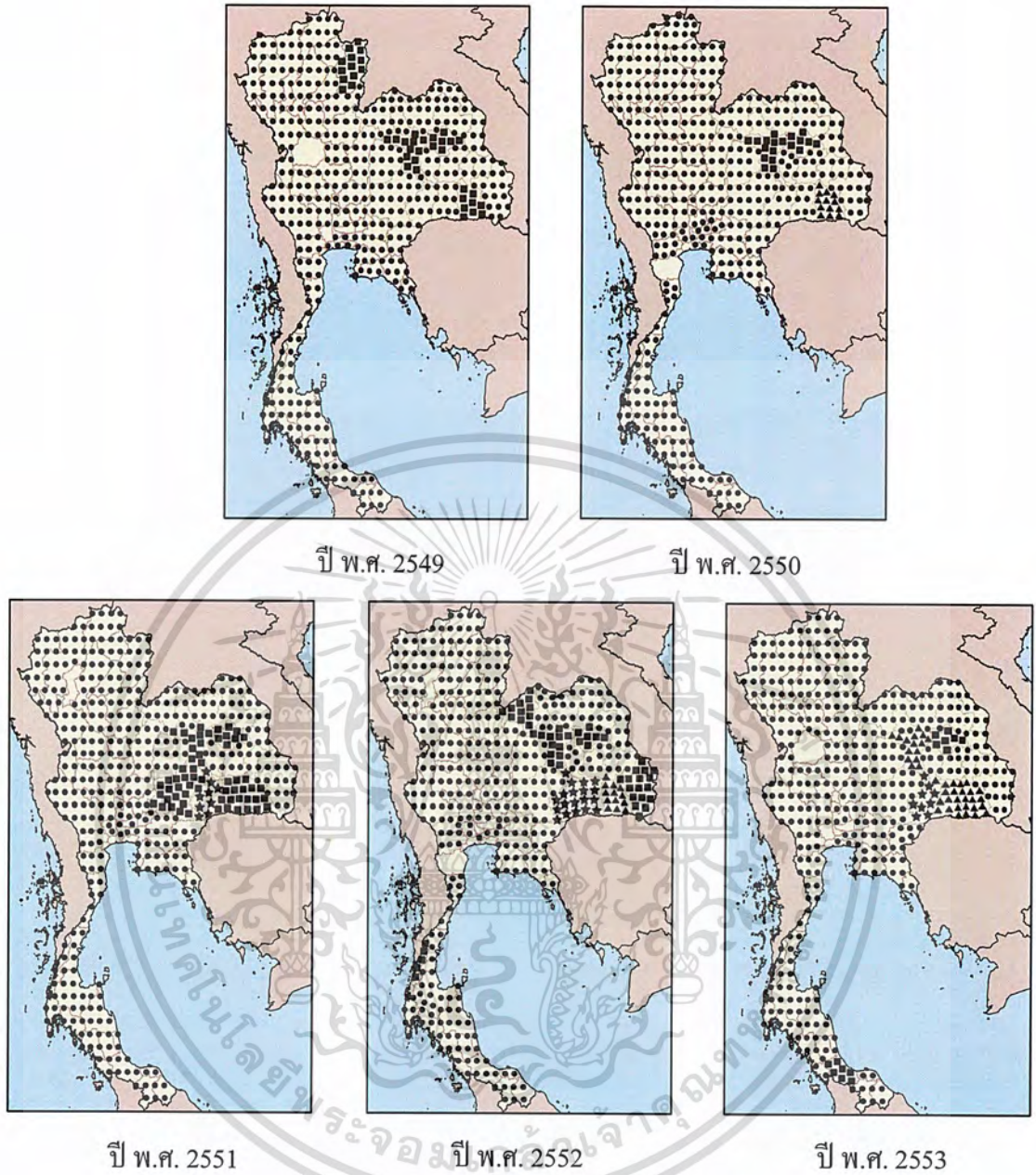
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อ โรคเลปโตสไปโรซิส สำหรับแต่ละภาคในปี พ.ศ. 2549-2553 โดยแบ่งตามพื้นที่

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ผู้ป่วยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนสูงสุด และพบผู้ป่วยในภาคกลางมีจำนวนน้อยสุด ในทุกๆปี เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกษตรกรเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรทำไร่ทำนา ต้องแช่น้ำเป็นเวลานาน ทำให้มีโอกาสเป็นโรคเลปโตสไปโรซิสในเกษตรกรสูงกว่าอาชีพอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 จำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิส ต่อประชากร 10,000,000 คน ทั่วประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-2553 (ตามลำดับ)

จำนวนผู้ป่วยต่อ 10,000,000 คน

- 0
- <32.21
- 32.21-64.42
- 64.42-96.63
- 96.63-128.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 สามารถสรุปได้ว่า ปี พ.ศ.2549 จังหวัดน่านมีผู้ป่วยสูงสุดจำนวน 55.39 ต่อประชากรสิบล้านคน และมี 2 จังหวัดที่ไม่พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดนครปฐม ปี พ.ศ. 2550 จังหวัดศรีสะเกษมีผู้ป่วยสูงสุดจำนวน 75.83 ต่อประชากรสิบล้านคน และมี 3 จังหวัดที่ไม่พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรสงคราม ปี พ.ศ. 2551 จังหวัดบุรีรัมย์มีผู้ป่วยสูงสุดจำนวน 114.06 ต่อประชากรสิบล้านคน และพบว่ามี 5 จังหวัดที่ไม่พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดลำพูน ปี พ.ศ. 2552 จังหวัดบุรีรัมย์มีผู้ป่วยสูงสุดจำนวน 105.63 ต่อประชากรสิบล้านคน และพบว่ามี 8 จังหวัดที่ไม่พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดลำพูน ปี พ.ศ. 2553 จังหวัดบุรีรัมย์มีผู้ป่วยสูงสุดจำนวน 128.84 ต่อประชากรสิบล้านคน และพบว่ามี 7 จังหวัดที่ไม่พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิส ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดกำแพงเพชร

จากข้อมูลทั้ง 5 ปี พบว่าจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูงที่สุดส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประชาชนที่มีอาชีพเกี่ยวกับเกษตรกร ชาวนา ชาวประมงน้ำจืด หรือผู้ที่มีโอกาสลุยน้ำลุยโคลนเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาชีพเหล่านี้มีโอกาสเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูง และโรคเลปโตสไปโรซิสนี้เกิดในผู้ชายมากกว่าผู้หญิง พบในกลุ่มวัยทำงานมากกว่าในเด็กหรือผู้สูงอายุ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องลงสัมผัสน้ำเป็นเวลานานและไม่สวมใส่รองเท้าบูท

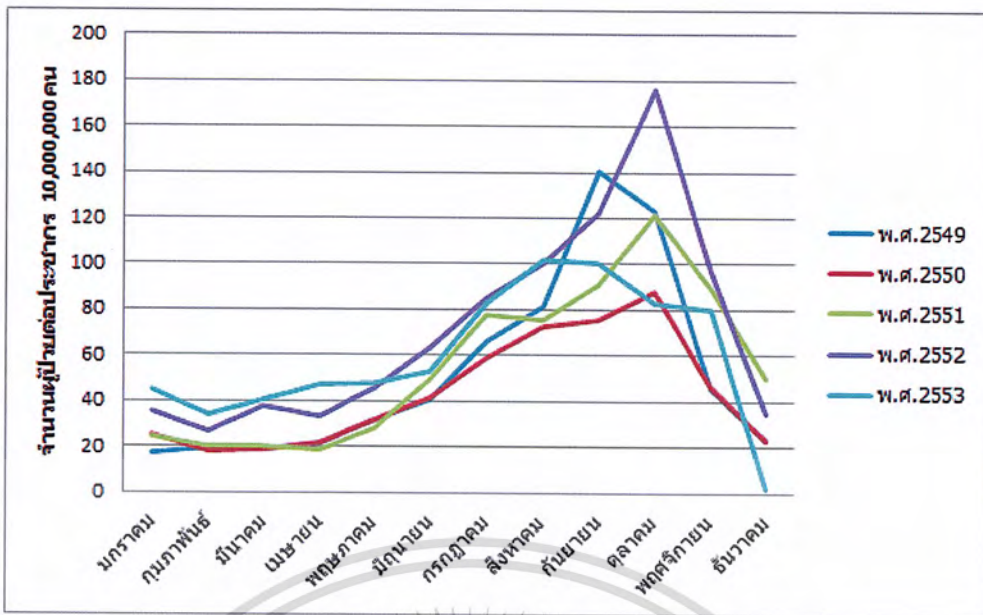
สาเหตุที่ทำให้จำนวนผู้ป่วยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

1. ประสบปัญหาภัยแล้ง ทำให้มีผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสลดลง
2. ประสบอุทกภัยน้ำท่วม ทำให้มีผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเพิ่มขึ้น

หมายเหตุ

ในปี พ.ศ.2549 พบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสจำนวนมากในจังหวัดน่าน ซึ่งจังหวัดที่พบจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสส่วนใหญ่เป็นจังหวัดในภาคอีสาน แต่จังหวัดน่านเป็นจังหวัดในภาคเหนือ เนื่องจากจังหวัดน่านได้เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในรอบ 40 ปี ในระหว่างวันที่ 19-24 สิงหาคม 2549 โดยการเกิดอุทกภัยครั้งนี้มีระดับน้ำสูง และมีน้ำท่วมขังอยู่ นานถึง 5 วัน ในพื้นที่ประมาณร้อยละ 80 ของจังหวัดน่าน ซึ่งอุทกภัยครั้งนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้จังหวัดน่านพบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสเป็นจำนวนมากกว่าทุกๆปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

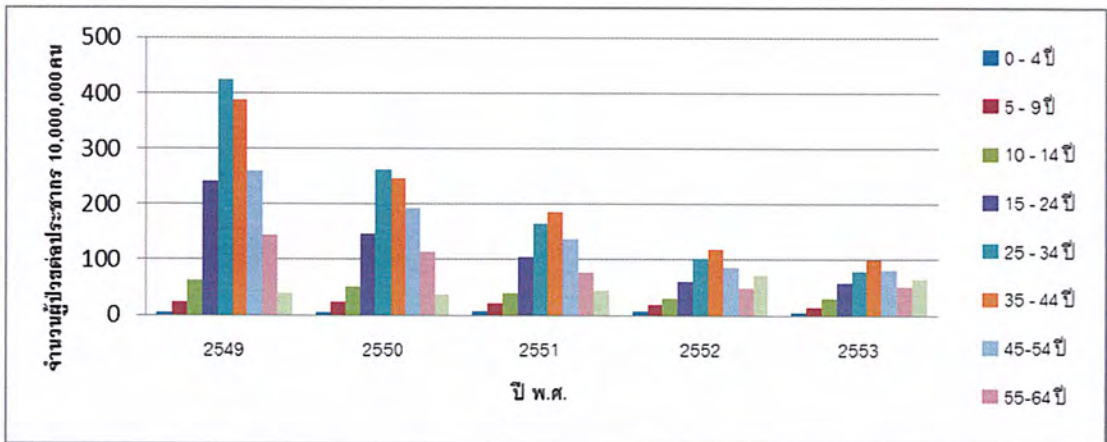


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิสปี พ.ศ.2549-2553 โดยแบ่งตามรายเดือน

จากกราฟพบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสสูงสุดในเดือนตุลาคมปี พ.ศ. 2552 และพบจำนวนผู้ป่วยน้อยสุดในเดือนธันวาคมปี พ.ศ.2553

โรคเลปโตสไปโรซิส พบได้ตลอดปี แต่พบการเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสสูงในช่วงรอยต่อระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว คือ ในช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน เนื่องจากในช่วงระยะเวลานั้นจะมีน้ำขัง ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวข้าว หรือน้ำท่วมเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อ โรคเลปโตสไปโรซิส ปี พ.ศ. 2549-2553
โดยแบ่งตามกลุ่มอายุ

จากกราฟพบว่า ในปี พ.ศ. 2549-2553 จะพบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสมากในช่วงอายุ 25-34 ปี และช่วงอายุ 35-44 ปี และพบผู้ป่วยโรคเลปโตสไปโรซิสน้อยในช่วงอายุ 0-4 ปี และ 5-9 ปี

จะเห็นได้ว่า พบผู้ป่วยในกลุ่มวัยทำงานมากกว่าในเด็กหรือผู้สูงอายุเป็นโรคเลปโตสไปโรซิสมากกว่าช่วงอายุอื่นๆ เนื่องจากกลุ่มเสี่ยงของการเกิดโรคนี้ ได้แก่ กลุ่มคนที่ทำอาชีพเกษตรกร ชาวไร่ ชาวนา ชาวสวน ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องลงสัมผัสน้ำเป็นเวลานานและไม่สวมใส่รองเท้าบูท

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า กลุ่มอายุที่แตกต่างกันมีผลทำให้การระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสแตกต่างกันด้วย ในปัญหาพิเศษนี้ จึงสนใจการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามกลุ่มอายุของโรคเลปโตสไปโรซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แบบจำลองตามกลุ่มอายุสำหรับโรคเลปโตสไปโรซิส (Province and Age Distribution Model for Leptospirosis)

พิจารณาการสร้างแบบจำลองของประชากรและหนู

ให้

$$S_{h_i} = \text{จำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากรกลุ่มอายุที่ } i$$

$$I_{h_i} = \text{จำนวนของผู้ติดเชื้อของประชากรกลุ่มอายุที่ } i$$

$$R_{h_i} = \text{จำนวนของผู้ฟื้นฟูของประชากรกลุ่มอายุที่ } i$$

$$S_r = \text{จำนวนของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ}$$

$$I_r = \text{จำนวนของหนูที่ติดเชื้อ}$$

ประชากรกลุ่มที่ i หมายถึง

$i = 1$	คือ	อายุ	0-4	ปี
$i = 2$	คือ	อายุ	5-9	ปี
$i = 3$	คือ	อายุ	10-14	ปี
$i = 4$	คือ	อายุ	15-24	ปี
$i = 5$	คือ	อายุ	25-34	ปี
$i = 6$	คือ	อายุ	35-44	ปี
$i = 7$	คือ	อายุ	45-54	ปี
$i = 8$	คือ	อายุ	55-64	ปี
$i = 9$	คือ	อายุ	65+	ปี

สมมติเราพิจารณาประชากรทั้งหมด n กลุ่ม

ให้ความหมายของพารามิเตอร์แต่ละตัวเป็นดังนี้

$$b = \text{อัตราการเกิดของประชากร}$$

$$N_T = \text{จำนวนประชากร (สมมติให้คงที่)}$$

$$= \sum_{i=1}^9 (S_{h_i} + I_{h_i} + R_{h_i})$$

$$\mu_h = \text{อัตราการเสียชีวิตของประชากร}$$

$$S_h = \text{จำนวนทั้งหมดของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเลปโตสไปโรซิส}$$

$$= S_{h_1} + S_{h_2} + \dots + S_{h_9}$$

$$\theta_i = \text{อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มอายุที่ } i \text{ ไปสู่ช่วงอายุที่ } i + 1$$

$$\beta_{h_i} = \text{อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากหนูไปสู่ประชากรในกลุ่มอายุที่ } i$$

$$I_h = \text{จำนวนทั้งหมดของผู้ที่ติดเชื้อเลปโตสไปโรซิส}$$

$$= I_{h_1} + I_{h_2} + \dots + I_{h_9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

s	=	อัตราที่การฟื้นไข้ของประชากร
R_h	=	จำนวนทั้งหมดของผู้ที่ฟื้นไข้โรคเลปโตสไปโรซิส = $R_{h_1} + R_{h_2} + \dots + R_{h_n}$
P_i	=	อัตราที่ประชากรกลุ่มอายุที่ i เปลี่ยนสถานะจากผู้ฟื้นไข้ไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้งหนึ่ง
μ_m	=	อัตราการเกิดของหนู
N_r	=	จำนวนของหนู ณ เวลาเริ่มต้น
μ_r	=	อัตราการตายของหนู
β_r	=	อัตราการถ่ายทอดเชื้อระหว่างหนู/ตัว

แบบจำลองของคน

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ กลุ่มอายุที่ 1

$$\begin{aligned}
 &= + (\text{จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อกลุ่มอายุที่ 1 เปลี่ยนไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อกลุ่มอายุที่ 2}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อของกลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &+ (\text{จำนวนผู้ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อของกลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิตของกลุ่มอายุที่ 1})
 \end{aligned}$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ กลุ่มอายุที่ 1

$$\begin{aligned}
 &= + (\text{จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อของกลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อช่วงอายุที่ 1 เปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ กลุ่มอายุที่ 2}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ของกลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อที่เสียชีวิตของกลุ่มอายุที่ 1})
 \end{aligned}$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ กลุ่มอายุที่ 1

$$\begin{aligned}
 &= + (\text{จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ของกลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ช่วงอายุที่ 1 เปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ กลุ่มอายุที่ 2}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้เปลี่ยนไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ กลุ่มอายุที่ 1}) \\
 &- (\text{จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิตของกลุ่มอายุที่ 1})
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- + (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อกลุ่มอายุที่ 8 เปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อกลุ่มอายุที่ 9)
- (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อที่เสียชีวิตของกลุ่มอายุที่ 9)

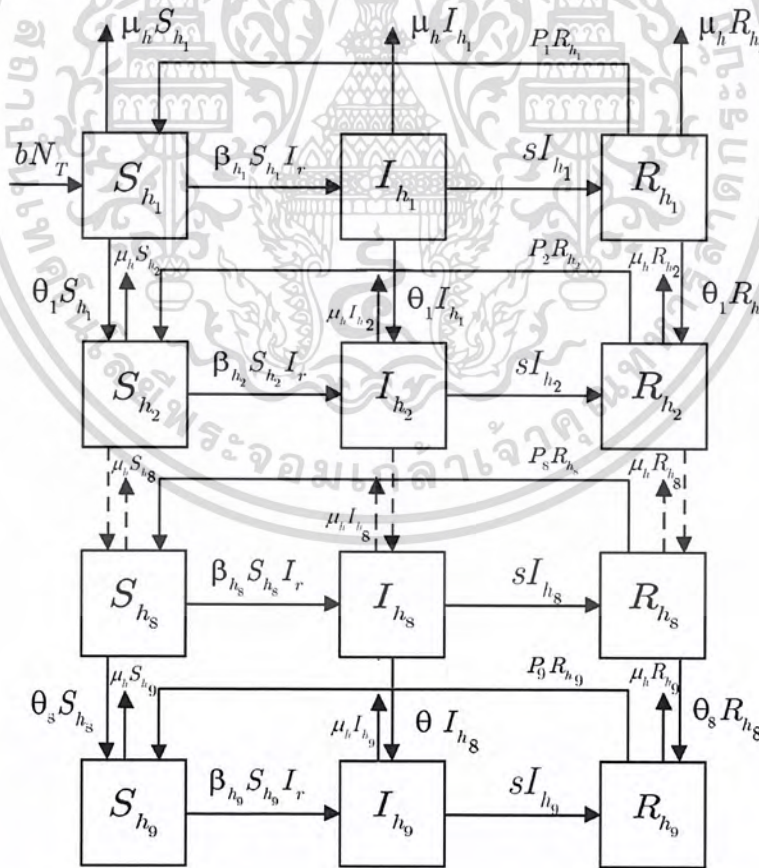
อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้ กลุ่มอายุที่ 9

- = + (จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ของกลุ่มอายุที่ 9)
- (จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้เปลี่ยนไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ กลุ่มอายุที่ 9)
- + (จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่ของกลุ่มอายุที่ 8 เปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้ที่ของกลุ่มอายุที่ 9)
- (จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิตของกลุ่มอายุที่ 9)

หมายเหตุ จากแบบจำลอง เครื่องหมายชี้เข้าคือ +, เครื่องหมายชี้ออกคือ -

กำหนดให้ $\frac{d()}{dt}$ แทนอัตราการเปลี่ยนแปลงของ()

สร้างแบบจำลองได้



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของประชากรที่ป่วยเป็น
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ในยูติไลตีเป็นข้อแนะนำด้านการค้า
 โรคนอกรีตไปโรซีส (พิจารณาอายุที่ 1-9)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหาใดๆ โดยปราศจากการขออนุญาตจากสำนักพิมพ์

จากรูปที่ 3.5 นำมาเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

- อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อทั้งหมด สามารถหาได้โดย

$$\frac{dS_h}{dt} = \frac{dS_{h_1}}{dt} + \frac{dS_{h_2}}{dt} + \dots + \frac{dS_{h_9}}{dt}$$

$$\frac{dS_{h_1}}{dt} = bN_T - \theta_1 S_{h_1} - \beta_{h_1} S_{h_1} I_r + P_1 R_{h_1} - \mu_h S_{h_1} \quad \text{เมื่อ } i = 1 \quad (3.1)$$

$$\frac{dS_{h_i}}{dt} = \theta_{i-1} S_{h_{i-1}} - \theta_i S_{h_i} - \beta_{h_i} S_{h_i} I_r + P_i R_{h_i} - \mu_h S_{h_i} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8 \quad (3.2)$$

$$\frac{dS_{h_9}}{dt} = \theta_8 S_{h_8} - \beta_{h_9} S_{h_9} I_r + P_9 R_{h_9} - \mu_h S_{h_9} \quad \text{เมื่อ } i = 9 \quad (3.3)$$

- อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ติดเชื้อทั้งหมด สามารถหาได้โดย

$$\frac{dI_h}{dt} = \frac{dI_{h_1}}{dt} + \frac{dI_{h_2}}{dt} + \dots + \frac{dI_{h_9}}{dt}$$

$$\frac{dI_{h_1}}{dt} = \beta_{h_1} S_{h_1} I_r - \theta_1 I_{h_1} - s I_{h_1} - \mu_h I_{h_1} \quad \text{เมื่อ } i = 1 \quad (3.4)$$

$$\frac{dI_{h_i}}{dt} = \beta_{h_i} S_{h_i} I_r - \theta_i I_{h_i} - s I_{h_i} + \theta_{i-1} I_{h_{i-1}} - \mu_h I_{h_i} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8 \quad (3.5)$$

$$\frac{dI_{h_9}}{dt} = \beta_{h_9} S_{h_9} I_r - s I_{h_9} + \theta_8 I_{h_8} - \mu_h I_{h_9} \quad \text{เมื่อ } i = 9 \quad (3.6)$$

- อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ฟื้นฟูทั้งหมด สามารถหาได้โดย

$$\frac{dR_h}{dt} = \frac{dR_{h_1}}{dt} + \frac{dR_{h_2}}{dt} + \dots + \frac{dR_{h_9}}{dt}$$

$$\frac{dR_{h_1}}{dt} = s I_{h_1} - \theta_1 R_{h_1} - P_1 R_{h_1} - \mu_h R_{h_1} \quad \text{เมื่อ } i = 1 \quad (3.7)$$

$$\frac{dR_{h_i}}{dt} = s I_{h_i} - \theta_i R_{h_i} - P_i R_{h_i} + \theta_{i-1} R_{h_{i-1}} - \mu_h R_{h_i} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8 \quad (3.8)$$

$$\frac{dR_{h_9}}{dt} = s I_{h_9} - P_9 R_{h_9} + \theta_8 R_{h_8} - \mu_h R_{h_9} \quad \text{เมื่อ } i = 9 \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองของหนู

-อัตราการเปลี่ยนแปลงของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + (จำนวนหนูที่เกิดใหม่)

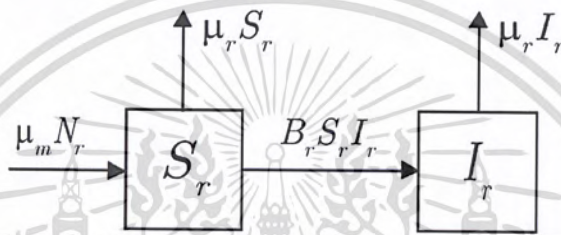
- (จำนวนของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นหนูที่ติดเชื้อ)

- (จำนวนของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต)

-อัตราการเปลี่ยนแปลงของหนูที่ติดเชื้อ

= + (จำนวนของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเปลี่ยนไปเป็นหนูที่ติดเชื้อ)

- (จำนวนของหนูที่ติดเชื้อที่เสียชีวิต)



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของหนู

จากรูปที่ 3.6 นำมาเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

-อัตราการเปลี่ยนแปลงของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ สามารถหาได้โดย

$$\frac{dS_r}{dt} = \mu_m N_r - \beta_r S_r I_r - \mu_r S_r \quad (3.10)$$

-อัตราการเปลี่ยนแปลงของหนูที่ติดเชื้อ สามารถหาได้โดย

$$\frac{dI_r}{dt} = \beta_r S_r I_r - \mu_r I_r \quad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์แบบจำลอง

4.1 การหาผลเฉลยความเสถียรของระบบ

ในทฤษฎีของสภาวะเสถียรหาผลเฉลยความเสถียรของ (3.1) – (3.11) ได้ดังนี้

$$\frac{dS_{h_i}}{dt} = 0, \quad i = 1, \dots, 9$$

$$\frac{dI_{h_i}}{dt} = 0, \quad i = 1, \dots, 9$$

$$\frac{dR_{h_i}}{dt} = 0, \quad i = 1, \dots, 9$$

4.2 ใช้ทฤษฎีของสภาวะเสถียรหาผลเฉลยความเสถียรของคน

4.2.1 หาสภาวะเสถียรของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อทั้งหมด

$$i = 1; \quad \frac{dS_{h_1}}{dt} = bN_T - \theta_1 S_{h_1} - \beta_{h_1} S_{h_1} I_r + P_1 R_{h_1} - \mu_h S_{h_1} = 0$$

$$\text{ดังนั้น} \quad S_{h_1} = \frac{bN_T + P_1 R_{h_1}}{\mu_h + \theta_1 + \beta_{h_1} I_r}$$

$$i = 2; \quad \frac{dS_{h_2}}{dt} = \theta_1 S_{h_1} - \theta_2 S_{h_2} - \beta_{h_2} S_{h_2} I_r + P_2 R_{h_2} - \mu_h S_{h_2} = 0$$

$$\text{ดังนั้น} \quad S_{h_2} = \frac{P_2 R_{h_2} + \theta_1 S_{h_1}}{\mu_h + \theta_2 + \beta_{h_2} I_r}$$

$$i = 3; \quad \frac{dS_{h_3}}{dt} = \theta_2 S_{h_2} - \theta_3 S_{h_3} - \beta_{h_3} S_{h_3} I_r + P_3 R_{h_3} - \mu_h S_{h_3} = 0$$

$$\text{ดังนั้น} \quad S_{h_3} = \frac{P_3 R_{h_3} + \theta_2 S_{h_2}}{\mu_h + \theta_3 + \beta_{h_3} I_r}$$

$$i = 4; \quad \frac{dS_{h_4}}{dt} = \theta_3 S_{h_3} - \theta_4 S_{h_4} - \beta_{h_4} S_{h_4} I_r + P_4 R_{h_4} - \mu_h S_{h_4} = 0$$

$$\text{ดังนั้น} \quad S_{h_4} = \frac{P_4 R_{h_4} + \theta_3 S_{h_3}}{\mu_h + \theta_4 + \beta_{h_4} I_r}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = 5; \frac{dS_{h_5}}{dt} = \theta_4 S_{h_4} - \theta_5 S_{h_5} - \beta_{h_5} S_{h_5} I_r + P_5 R_{h_5} - \mu_h S_{h_5} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } S_{h_5} = \frac{P_5 R_{h_5} + \theta_4 S_{h_4}}{\mu_h + \theta_5 + \beta_{h_5} I_r}$$

$$i = 6; \frac{dS_{h_6}}{dt} = \theta_5 S_{h_5} - \theta_6 S_{h_6} - \beta_{h_6} S_{h_6} I_r + P_6 R_{h_6} - \mu_h S_{h_6} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } S_{h_6} = \frac{P_6 R_{h_6} + \theta_5 S_{h_5}}{\mu_h + \theta_6 + \beta_{h_6} I_r}$$

$$i = 7; \frac{dS_{h_7}}{dt} = \theta_6 S_{h_6} - \theta_7 S_{h_7} - \beta_{h_7} S_{h_7} I_r + P_7 R_{h_7} - \mu_h S_{h_7} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } S_{h_7} = \frac{P_7 R_{h_7} + \theta_6 S_{h_6}}{\mu_h + \theta_7 + \beta_{h_7} I_r}$$

$$i = 8; \frac{dS_{h_8}}{dt} = \theta_7 S_{h_7} - \theta_8 S_{h_8} - \beta_{h_8} S_{h_8} I_r + P_8 R_{h_8} - \mu_h S_{h_8} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } S_{h_8} = \frac{P_8 R_{h_8} + \theta_7 S_{h_7}}{\mu_h + \theta_8 + \beta_{h_8} I_r}$$

$$i = 9; \frac{dS_{h_9}}{dt} = \theta_8 S_{h_8} - \beta_{h_9} S_{h_9} I_r + P_9 R_{h_9} - \mu_h S_{h_9} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } S_{h_9} = \frac{P_9 R_{h_9} + \theta_8 S_{h_8}}{\mu_h + \beta_{h_9} I_r}$$

4.2.2 หาสถานะเสถียรของผู้ติดเชื้อทั้งหมด

$$i = 1; \frac{dI_{h_1}}{dt} = \beta_{h_1} S_{h_1} I_r - \theta_1 I_{h_1} - s I_{h_1} - \mu_h I_{h_1} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_1} = \frac{\beta_{h_1} S_{h_1} I_r}{\theta_1 + s + \mu_h}$$

$$i = 2; \frac{dI_{h_2}}{dt} = \beta_{h_2} S_{h_2} I_r - \theta_2 I_{h_2} - s I_{h_2} + \theta_1 I_{h_1} - \mu_h I_{h_2} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_2} = \frac{\beta_{h_2} S_{h_2} I_r + \theta_1 I_{h_1}}{\theta_2 + s + \mu_h}$$

$$i = 3; \frac{dI_{h_3}}{dt} = \beta_{h_3} S_{h_3} I_r - \theta_3 I_{h_3} - s I_{h_3} + \theta_2 I_{h_2} - \mu_h I_{h_3} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารของงานวิจัยที่สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กระทรวงสาธารณสุข
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ดังนั้น } I_{h_3} = \frac{\beta_{h_3} S_{h_3} I_r + \theta_2 I_{h_2}}{\theta_3 + s + \mu_h}$$

$$i = 4; \frac{dI_{h_4}}{dt} = \beta_{h_4} S_{h_4} I_r - \theta_4 I_{h_4} - s I_{h_4} + \theta_3 I_{h_3} - \mu_h I_{h_4} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_4} = \frac{\beta_{h_4} S_{h_4} I_r + \theta_3 I_{h_3}}{\theta_4 + s + \mu_h}$$

$$i = 5; \frac{dI_{h_5}}{dt} = \beta_{h_5} S_{h_5} I_r - \theta_5 I_{h_5} - s I_{h_5} + \theta_4 I_{h_4} - \mu_h I_{h_5} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_5} = \frac{\beta_{h_5} S_{h_5} I_r + \theta_4 I_{h_4}}{\theta_5 + s + \mu_h}$$

$$i = 6; \frac{dI_{h_6}}{dt} = \beta_{h_6} S_{h_6} I_r - \theta_6 I_{h_6} - s I_{h_6} + \theta_5 I_{h_5} - \mu_h I_{h_6} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_6} = \frac{\beta_{h_6} S_{h_6} I_r + \theta_5 I_{h_5}}{\theta_6 + s + \mu_h}$$

$$i = 7; \frac{dI_{h_7}}{dt} = \beta_{h_7} S_{h_7} I_r - \theta_7 I_{h_7} - s I_{h_7} + \theta_6 I_{h_6} - \mu_h I_{h_7} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_7} = \frac{\beta_{h_7} S_{h_7} I_r + \theta_6 I_{h_6}}{\theta_7 + s + \mu_h}$$

$$i = 8; \frac{dI_{h_8}}{dt} = \beta_{h_8} S_{h_8} I_r - \theta_8 I_{h_8} - s I_{h_8} + \theta_7 I_{h_7} - \mu_h I_{h_8} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_8} = \frac{\beta_{h_8} S_{h_8} I_r + \theta_7 I_{h_7}}{\theta_8 + s + \mu_h}$$

$$i = 9; \frac{dI_{h_9}}{dt} = \beta_{h_9} S_{h_9} I_r - s I_{h_9} + \theta_8 I_{h_8} - \mu_h I_{h_9} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I_{h_9} = \frac{\beta_{h_9} S_{h_9} I_r + \theta_8 I_{h_8}}{s + \mu_h}$$

4.2.3 หาสถานะเสถียรของผู้ป่วยทั้งหมด

$$i = 1; \frac{dR_{h_1}}{dt} = s I_{h_1} - \theta_1 R_{h_1} - P_1 R_{h_1} - \mu_h R_{h_1} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_1} = \frac{s I_{h_1}}{\theta_1 + P_1 + \mu_h}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = 2; \frac{dR_{h_2}}{dt} = sI_{h_2} - \theta_2 R_{h_2} - P_2 R_{h_2} + \theta_1 R_{h_1} - \mu_h R_{h_2} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_2} = \frac{sI_{h_2} + \theta_1 R_{h_1}}{\theta_2 + P_2 + \mu_h}$$

$$i = 3; \frac{dR_{h_3}}{dt} = sI_{h_3} - \theta_3 R_{h_3} - P_3 R_{h_3} + \theta_2 R_{h_2} - \mu_h R_{h_3} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_3} = \frac{sI_{h_3} + \theta_2 R_{h_2}}{\theta_3 + P_3 + \mu_h}$$

$$i = 4; \frac{dR_{h_4}}{dt} = sI_{h_4} - \theta_4 R_{h_4} - P_4 R_{h_4} + \theta_3 R_{h_3} - \mu_h R_{h_4} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_4} = \frac{sI_{h_4} + \theta_3 R_{h_3}}{\theta_4 + P_4 + \mu_h}$$

$$i = 5; \frac{dR_{h_5}}{dt} = sI_{h_5} - \theta_5 R_{h_5} - P_5 R_{h_5} + \theta_4 R_{h_4} - \mu_h R_{h_5} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_5} = \frac{sI_{h_5} + \theta_4 R_{h_4}}{\theta_5 + P_5 + \mu_h}$$

$$i = 6; \frac{dR_{h_6}}{dt} = sI_{h_6} - \theta_6 R_{h_6} - P_6 R_{h_6} + \theta_5 R_{h_5} - \mu_h R_{h_6} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_6} = \frac{sI_{h_6} + \theta_5 R_{h_5}}{\theta_6 + P_6 + \mu_h}$$

$$i = 7; \frac{dR_{h_7}}{dt} = sI_{h_7} - \theta_7 R_{h_7} - P_7 R_{h_7} + \theta_6 R_{h_6} - \mu_h R_{h_7} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_7} = \frac{sI_{h_7} + \theta_6 R_{h_6}}{\theta_7 + P_7 + \mu_h}$$

$$i = 8; \frac{dR_{h_8}}{dt} = sI_{h_8} - \theta_8 R_{h_8} - P_8 R_{h_8} + \theta_7 R_{h_7} - \mu_h R_{h_8} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_8} = \frac{sI_{h_8} + \theta_7 R_{h_7}}{\theta_8 + P_8 + \mu_h}$$

$$i = 9; \frac{dR_{h_9}}{dt} = sI_{h_9} - P_9 R_{h_9} + \theta_8 R_{h_8} - \mu_h R_{h_9} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } R_{h_9} = \frac{sI_{h_9} + \theta_8 R_{h_8}}{P_9 + \mu_h}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่า

$$S_{h_i} = \frac{bN_T + P_i R_{h_i}}{\mu_h + \theta_i + \beta_{h_i} I_r} \quad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$S_{h_i} = \frac{P_i R_{h_i} + \theta_{i-1} S_{h_{i-1}}}{\mu_h + \theta_i + \beta_{h_i} I_r} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8$$

$$S_{h_i} = \frac{P_i R_{h_i} + \theta_{i-1} S_{h_{i-1}}}{\mu_h + \beta_{h_i} I_r} \quad \text{เมื่อ } i = 9$$

$$I_{h_i} = \frac{\beta_{h_i} S_{h_i} I_r}{\theta_i + s + \mu_n} \quad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$I_{h_i} = \frac{\beta_{h_i} S_{h_i} I_r + \theta_{i-1} I_{h_{i-1}}}{\theta_i + s + \mu_n} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8$$

$$I_{h_i} = \frac{\beta_{h_i} S_{h_i} I_r + \theta_{i-1} I_{h_{i-1}}}{s + \mu_n} \quad \text{เมื่อ } i = 9$$

$$R_{h_i} = \frac{s I_{h_i}}{\theta_i + P_i + \mu_h} \quad \text{เมื่อ } i = 1$$

$$R_{h_i} = \frac{s I_{h_i} + \theta_{i-1} R_{h_{i-1}}}{\theta_i + P_i + \mu_h} \quad \text{เมื่อ } i = 2, 3, \dots, 8$$

$$R_{h_i} = \frac{s I_{h_i} + \theta_{i-1} R_{h_{i-1}}}{P_i + \mu_h} \quad \text{เมื่อ } i = 9$$

เนื่องจาก N_T เป็นจำนวนประชากรทั้งหมดซึ่งมีค่าคงที่ และ

$$N_T = S_h + I_h + R_h$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 พิจารณา $\frac{dN_T}{dt} = \frac{d}{dt}(S_h + I_h + R_h)$
 ไม่วารณใดๆ ทั้งนั้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \frac{dS_h}{dt} + \frac{dI_h}{dt} + \frac{dR_h}{dt} \\
&= \left[bN_T - \left[\sum_{i=1}^9 \beta_{h_i} S_{h_i} \right] I_r + \left[\sum_{i=1}^9 P_i R_{h_i} \right] - \left[\sum_{i=1}^9 S_{h_i} \right] \mu_h \right] \\
&+ \left[\left[\sum_{i=1}^9 \beta_{h_i} S_{h_i} \right] I_r - \left[\sum_{i=1}^9 I_{h_i} \right] s - \left[\sum_{i=1}^9 I_{h_i} \right] \mu_h \right] \\
&+ \left[\left[\sum_{i=1}^9 I_{h_i} \right] s - \left[\sum_{i=1}^9 P_i R_{h_i} \right] - \left[\sum_{i=1}^9 R_{h_i} \right] \mu_h \right] \\
&= bN_T - \left[\sum_{i=1}^9 S_{h_i} \right] \mu_h - \left[\sum_{i=1}^9 I_{h_i} \right] \mu_h - \left[\sum_{i=1}^9 R_{h_i} \right] \mu_h \\
&= bN_T - S_h \mu_h - I_h \mu_h - R_h \mu_h \\
&= bN_T - (S_h + I_h + R_h) \mu_h \\
&= bN_T - \mu_h N_T
\end{aligned}$$

เนื่องจาก จำนวนประชากรทั้งหมดเป็นค่าคงที่

ดังนั้น $\frac{dN_T}{dt} = 0$

$$\frac{dN_T}{dt} = dN_T - \mu_h N_T = 0$$

$$dN_T - \mu_h N_T = 0$$

$$N_T (b - \mu_h) = 0$$

$$b - \mu_h = 0$$

จะได้ว่า $b = \mu_h$

นั่นคือ อัตราการเกิดของประชากร เท่ากับอัตราการตาย

4.3 ให้อัตราการเกิดของประชากรเสถียรหาผลเฉลยความเสถียรของหนู

$$\frac{dS_r}{dt} = \mu_m N_r - \mu_r S_r - \beta_r S_r I_r$$

$$\frac{dI_r}{dt} = \beta_r S_r I_r - \mu_r I_r$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 หาสมภาวะเสถียรของหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อทั้งหมด

$$\frac{dS_r}{dt} = \mu_m N_r - \mu_r S_r - \beta_r S_r I_r = 0$$

$$\therefore S_r = \frac{\mu_m N_r}{\mu_r + \beta_r I_r} \quad (4.3.1.1)$$

4.3.2 หาสมภาวะเสถียรของหนูที่ติดเชื้อทั้งหมด

$$\frac{dI_r}{dt} = \beta_r S_r I_r - \mu_r I_r = 0$$

$$(\beta_r S_r - \mu_r) I_r = 0$$

$$I_r = 0 \text{ หรือ } \beta_r S_r - \mu_r = 0$$

สรุปได้ว่าแทน $I_r = 0$ ในสมการ 4.3.1.1

จะได้
$$S_r = \frac{\mu_m N_r}{\mu_r} \quad (4.3.2.1)$$

และถ้า นำ $S_r = \frac{\mu_r}{\beta_r}$ แทนในสมการ 4.3.1.1

จะได้
$$I_r = \frac{\beta_r \mu_m N_r - \mu_r^2}{\beta_r \mu_r} \quad (4.3.2.2)$$

เพราะ N_r เป็นจำนวนหนูทั้งหมดซึ่งมีค่าคงที่และ

$$N_{rc} = S_r + I_r$$

พิจารณา
$$\frac{dN_{rc}}{dt} = \frac{d}{dt} (S_r + I_r)$$

$$= \frac{dS_r}{dt} + \frac{dI_r}{dt}$$

$$= \mu_m N_r - \mu_r S_r - \beta_r S_r I_r + \beta_r S_r I_r - \mu_r I_r$$

$$= \mu_m N_r - \mu_r S_r - \mu_r I_r$$

$$= \mu_m N_r - (S_r + I_r) \mu_r$$

$$0 = \mu_m N_r - N_r \mu_r$$

$$0 = N_r (\mu_m - \mu_r)$$

$$\therefore \mu_m = \mu_r$$

จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ข้างต้นมาเขียน โปรแกรมประยุกต์ เพื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองที่ได้สร้างไว้ข้างต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม ขอสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

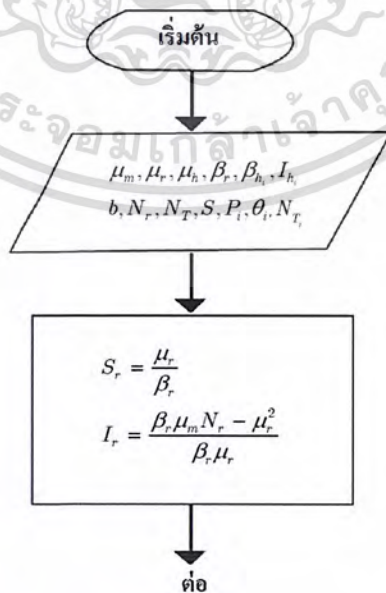
ในการคำนวณนั้นจะต้องมีการรับจำนวนของหนู ณ เวลาเริ่มต้น (N_r) อัตราการเกิดของหนู (μ_m) อัตราการตายของหนู (μ_r) อัตราการติดเชื้อของหนู (β_r) จำนวนหนูทั้งหมด (N_{rc}) อัตราการเสียชีวิตของคน (μ_h) อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มอายุที่ i ไปสู่กลุ่มอายุที่ $i+1$ (θ_i) อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากหนูไปสู่ประชากรในกลุ่มอายุที่ i (β_h) อัตราที่การฟื้นไข้ของประชากร (S) อัตราที่ประชากรกลุ่มอายุที่ i เปลี่ยนสถานะจากผู้ฟื้นไข้ไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้งหนึ่ง (P_i) แล้ว เริ่มแรกให้รวมค่า (I_h) ทุกตัวเข้าด้วยกันและนำไปคำนวณหา S_r และ I_r ดังนี้

จากหัวข้อ 4.3.2 เราสามารถหาได้ 2 กรณีดังนี้

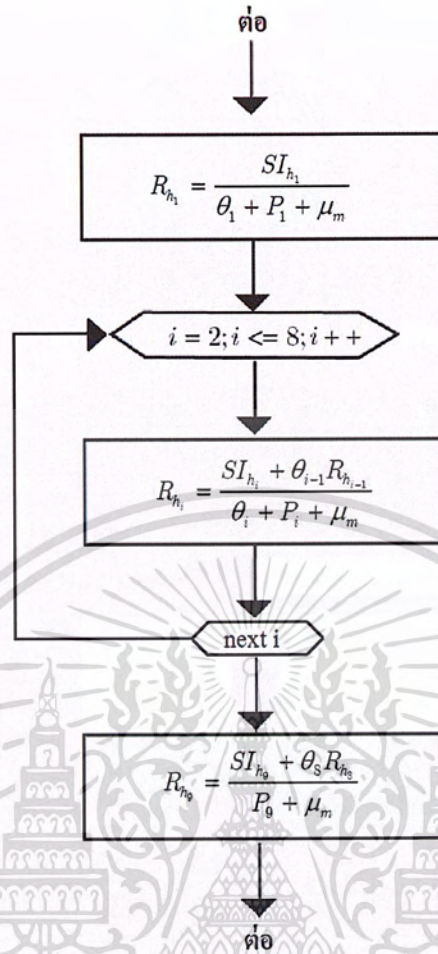
1. ถ้า $I_r = 0$
 จะได้ $S_r = \frac{\mu_m N_r}{\mu_r}$ จากสมการที่ 4.3.2.1

2. ถ้า $S_r = \frac{\mu_r}{\beta_r}$
 จะได้ $I_r = \frac{\beta_r \mu_m N_r - \mu_r^2}{\beta_r \mu_r}$ จากสมการที่ 4.3.2.2

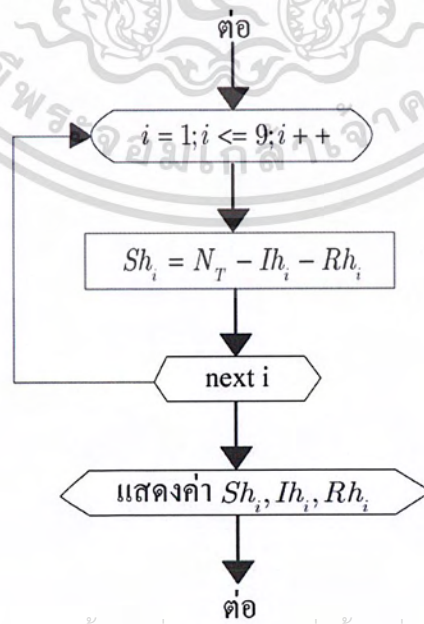
พิจารณาที่ $I_r = 0$ ไม่สามารถเป็นไปได้เพราะถ้าไม่มีหนูที่ติดเชื้อมันก็ไม่สามารถแพร่เชื้อได้ จึงใช้ได้เฉพาะกรณีที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก **รูปที่ 4.1** แผ่นผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับรายละเอียดของหนูกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

รูปที่ 4.3 แผนผังแสดงการทำงานเกี่ยวกับจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อเลปโตสไปโรซิส

คำนวณหาค่า S_{h_i}, R_{h_i} ที่ $i = 1$

จาก
$$S_{h_1} = NT_1 - Ih_1 - Rh_1$$

$$R_{h_1} = \frac{SI_{h_1}}{\theta_1 + P_1 + \mu_h}$$

คำนวณหาค่า S_{h_i}, R_{h_i} ที่ $i = 2, 3, \dots, 8$

จาก
$$S_{h_i} = NT_i - Ih_i - Rh_i$$

$$R_{h_i} = \frac{SI_{h_i} + \theta_{i-1}R_{h_{i-1}}}{\theta_i + P_i + \mu_h}$$

คำนวณหาค่า S_{h_i}, R_{h_i} ที่ $i = 9$

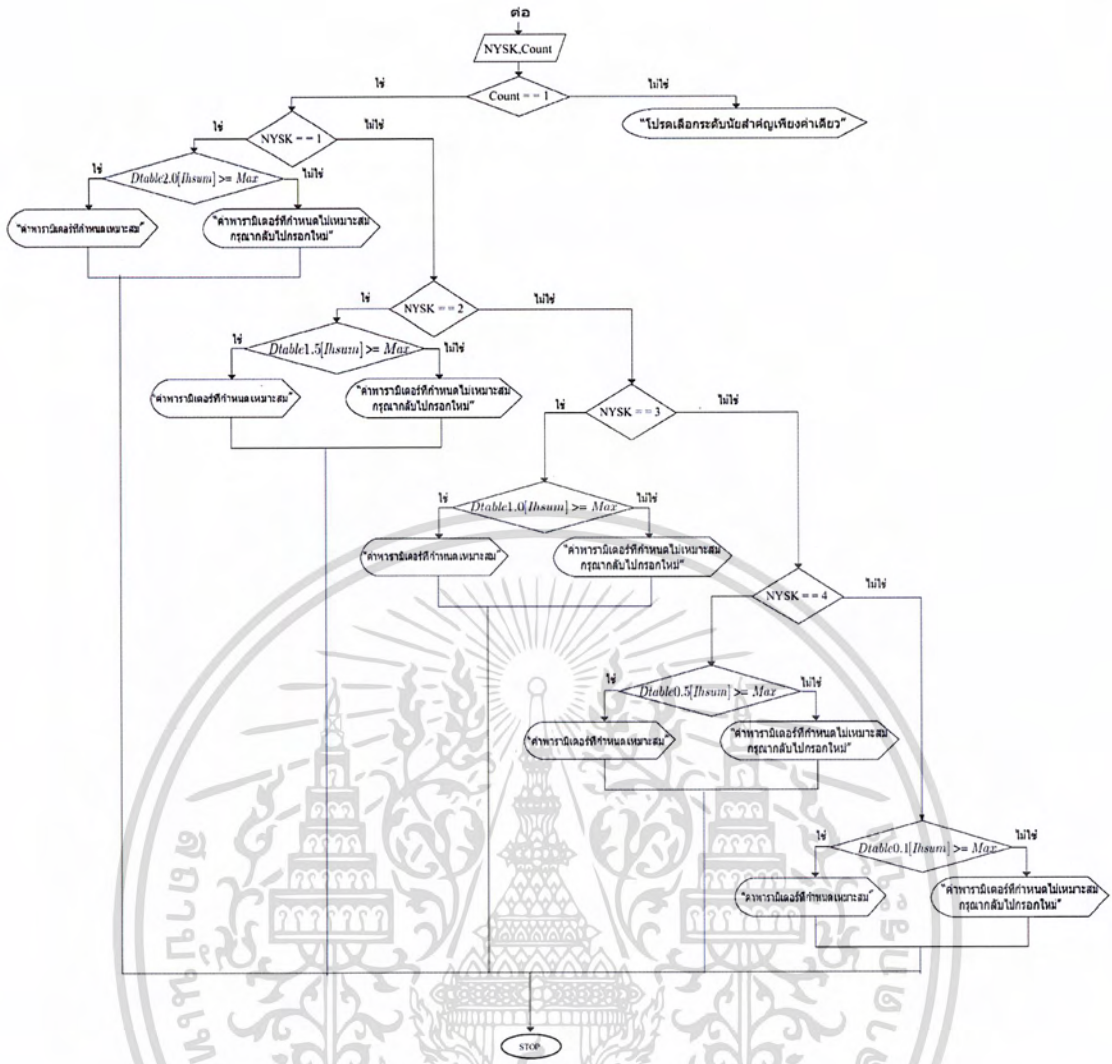
จาก
$$S_{h_9} = NT_9 - Ih_9 - Rh_9$$

$$R_{h_9} = \frac{SI_{h_9} + \theta_8 R_{h_8}}{P_9 + \mu_h}$$

เมื่อเราได้ค่า I_{h_i}, R_{h_i} และ S_{h_i} แล้ว เราสามารถหาค่าผลรวมของประชากร (N_T) ได้ว่า

$$N_T = S_{h_i} + I_{h_i} + R_{h_i} \text{ แล้วนำค่าดังกล่าวนี้ไปวาดกราฟเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

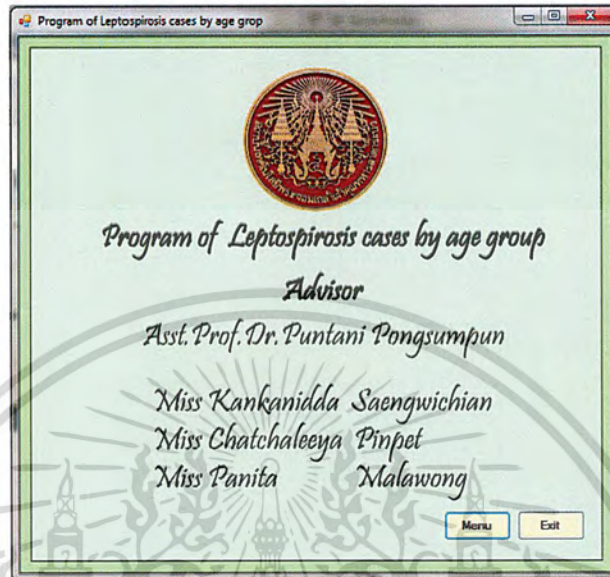


รูปที่ 4.4 แผนผังแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

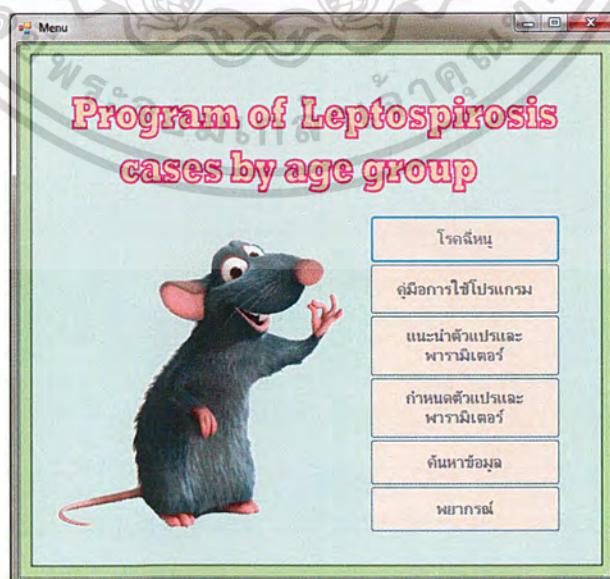
4.5 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

เมื่อเข้าสู่หน้าจอโปรแกรมหลัก จะประกอบไปด้วยชื่อโปรแกรม อาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำ ปุ่มเข้าสู่เมนูต่างๆ และปุ่มออกจากโปรแกรม



รูปที่ 4.5 หน้าจอโปรแกรม

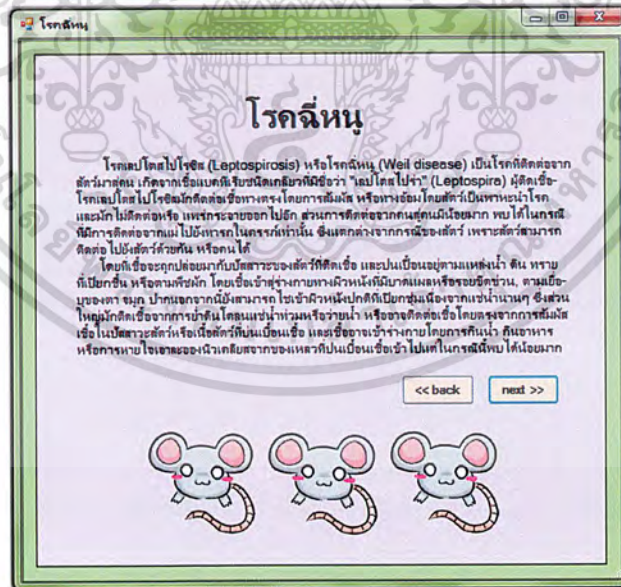
กดปุ่ม  จะเข้าสู่แถบเมนูต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้เลือกตามความต้องการ ซึ่งประกอบไปด้วยแถบเมนู 6 ปุ่ม ได้แก่ ปุ่มโรคฉี่หนู ปุ่มคู่มือการใช้โปรแกรม ปุ่มแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ ปุ่มกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ ปุ่มค้นหาข้อมูล และปุ่มสุดท้ายปุ่มพยากรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.6 หน้าต่างเมนู
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กคปุ่ม โรคฉี่หนู จะกล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของ โรคฉี่หนูเพื่อให้ผู้ใช้รู้จัก โรคฉี่หนู โดยสังเขป
- กคปุ่ม คู่มือการใช้โปรแกรม จะแสดงมีขั้นตอนการใช้โปรแกรมให้เพื่อให้ผู้ใช้ศึกษาเข้าใจวิธีใช้โปรแกรมอย่างถูกต้อง
- กคปุ่ม แนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ เมื่อต้องการทราบชื่อของตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ
- กคปุ่ม กำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ เมื่อต้องการทราบค่า หรือต้องการเปลี่ยนค่าของตัวแปรและพารามิเตอร์
- กคปุ่ม ค้นหาข้อมูล จะแสดงข้อมูลของโรคเลปโตสไปโรซิสหนูย้อนหลัง 5 ปี (ปี พ.ศ. 2549-2553)
- กคปุ่ม พยากรณ์ ปุ่มนี้จะเป็นส่วนของการพยากรณ์จำนวนผู้ติดเชื้อโรคเลปโตสไปโรซิสที่รับค่ามาจากผู้ใช้งาน โดยต้องการทราบจำนวนที่สามารถควบคุมการระบาดของจำนวนของผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ฟื้นฟู จำนวนหนูที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ และจำนวนหนูที่ติดเชื้อ

กค โรคฉี่หนู ปุ่ม จะเข้าสู่หน้าต่างแสดงข้อมูลทั่วไปของ โรคฉี่หนู



รูปที่ 4.7 หน้าต่างโรคฉี่หนู (หน้าแรก)

กคปุ่ม << back เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม next >> จะแสดงหน้าต่างข้อมูลทั่วไปของโรคลีหนุหน้าต่างถัดไป

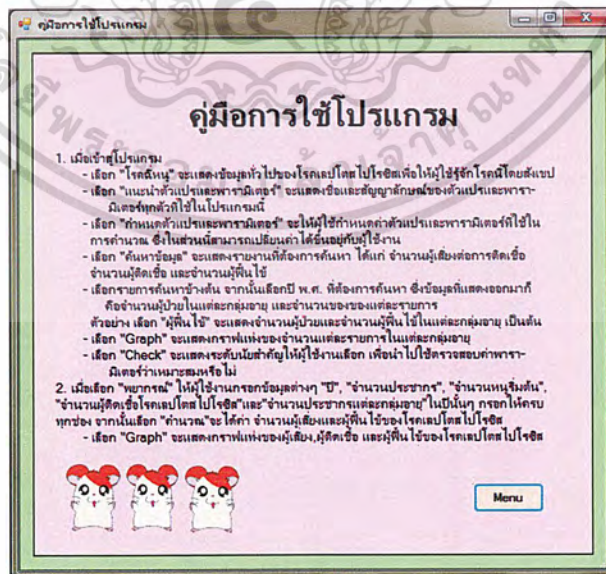


รูปที่ 4.8 หน้าต่าง โรคลีหนุ (หน้าต่างท้าย)

กดปุ่ม << back เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่าง โรคลีหนุ (หน้าแรก)

กดปุ่ม Menu เมื่อต้องการไปหน้าต่างเมนู

กดปุ่ม คู่มือการใช้โปรแกรม จะเข้าสู่หน้าต่างคู่มือการใช้โปรแกรม



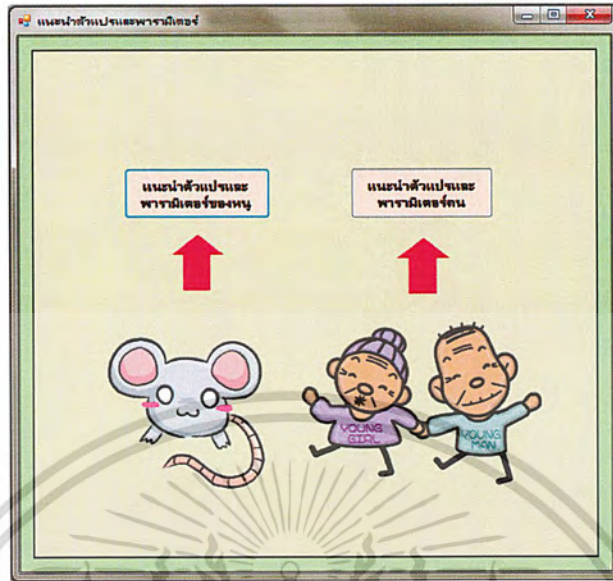
รูปที่ 4.9 หน้าต่างคู่มือการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ กดปุ่ม Menu เมื่อต้องการไปหน้าต่างเมนูถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

แนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์

จะแสดงหน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์และพารามิเตอร์

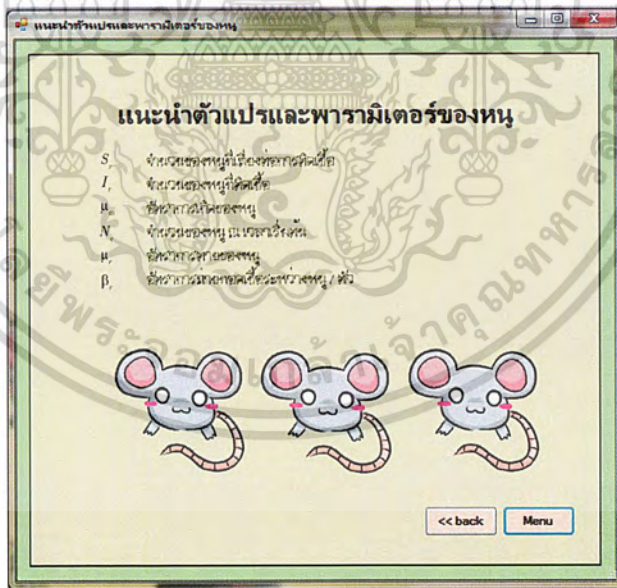


รูปที่ 4.10 หน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์

กดปุ่ม

แนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ของหนู

จะแสดงหน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ของหนู



รูปที่ 4.11 หน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของหนู

กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์

กดปุ่ม

Menu

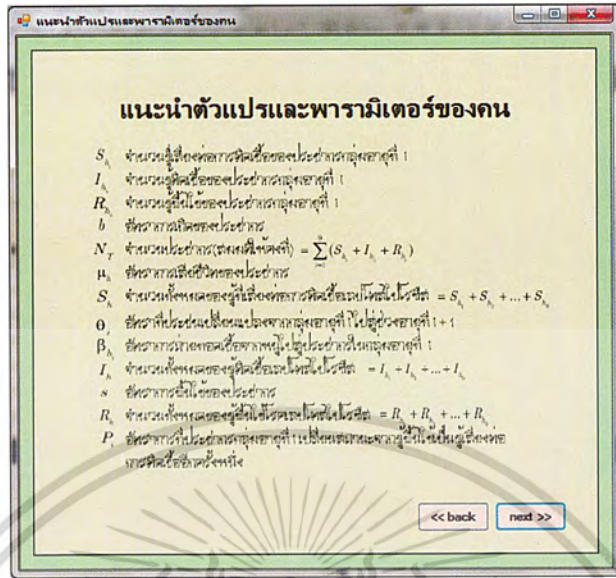
เมื่อต้องการไปหน้าต่างเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

แนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ของคอน

จะแสดงหน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของคน



รูปที่ 4.12 หน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของคน (หน้าแรก)

กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์

กดปุ่ม

next >>

จะแสดงหน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของคนหน้าต่างถัดไป



รูปที่ 4.13 หน้าต่างแนะนำตัวแปรและพารามิเตอร์ของคน (หน้าสุดท้าย)

กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างแนะนำพารามิเตอร์ของคน (หน้าแรก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กดปุ่ม

Menu

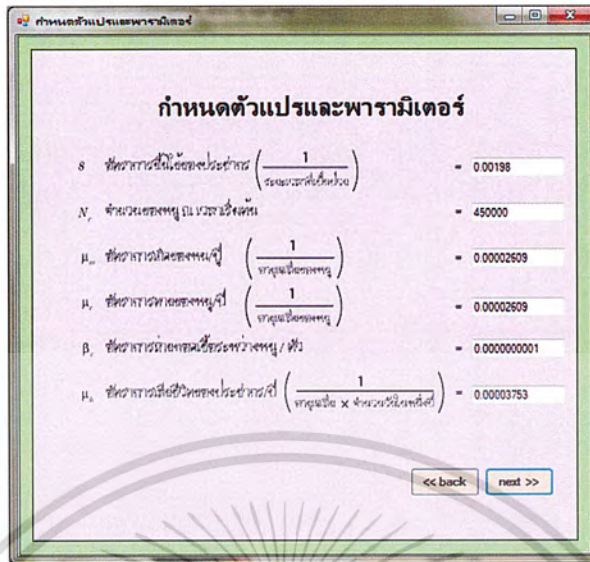
เมื่อต้องการไปหน้าต่างเมนู

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

กำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์

จะเข้าสู่หน้าต่างคู่มือการใช้โปรแกรม



รูปที่ 4.14 หน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ (หน้าแรก)

กดปุ่ม

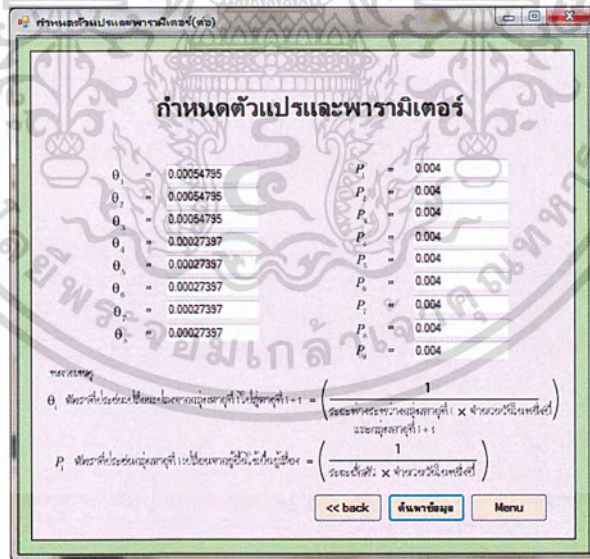
<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างเมนู

กดปุ่ม

next >>

จะเข้าสู่หน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์หน้าสุดท้าย



รูปที่ 4.15 หน้าต่างกำหนดแปรและพารามิเตอร์ (หน้าสุดท้าย)

กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์(หน้าแรก)

กดปุ่ม

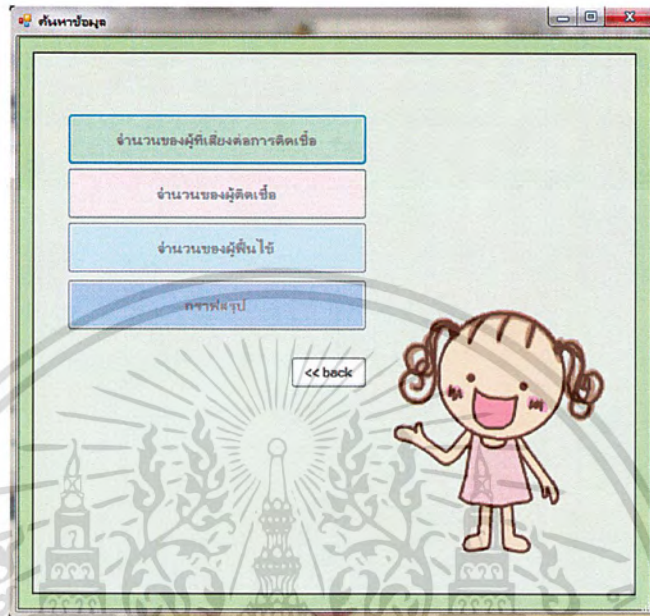
Menu

เมื่อต้องการไปหน้าต่างเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม **ค้นหาข้อมูล** จะแสดงหน้าต่างค้นหาข้อมูล

หรือกดปุ่ม **ค้นหาข้อมูล** หน้าเมนูก็จะแสดงหน้าต่างค้นหาข้อมูลเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.16 หน้าต่างค้นหาข้อมูล

กดปุ่ม
ต่อการติดเชื้อ

จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เมื่อต้องการแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้ที่เสี่ยง

กดปุ่ม

จำนวนของผู้ติดเชื้อ

เมื่อต้องการแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้ติดเชื้อ

กดปุ่ม

จำนวนของผู้ฟื้นฟู

เมื่อต้องการแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้ฟื้นฟู

กดปุ่ม

กราฟสรุป

เมื่อต้องการแสดงหน้าต่างกราฟสรุป

กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

จะแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S_h)

ปี: พ.ศ. 2549

จำนวนประชากร (คน):

จำนวนหญิงสืบพันธุ์ (คน):

Graph

<< back

จำนวนผู้ป่วยในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)

กลุ่มอายุ	S_h
กลุ่มอายุ 0-4 ปี	
กลุ่มอายุ 5-9 ปี	
กลุ่มอายุ 10-14 ปี	
กลุ่มอายุ 15-24 ปี	
กลุ่มอายุ 25-34 ปี	
กลุ่มอายุ 35-44 ปี	
กลุ่มอายุ 45-54 ปี	
กลุ่มอายุ 55-64 ปี	
กลุ่มอายุ 65+ ปี	

รูปที่ 4.17 หน้าต่างจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม **กดปีเลือก พ.ศ.** เลือก พ.ศ. ที่ต้องการค้นหา จะแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในแต่ละกลุ่มอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553

จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ (S_h)

ปี: พ.ศ. 2549

จำนวนประชากร (คน): 62864710

จำนวนหญิงสืบพันธุ์ (คน): 450000

Graph

<< back

จำนวนผู้ป่วยในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)

กลุ่มอายุ	S_h	
กลุ่มอายุ 0-4 ปี	30	4873769
กลุ่มอายุ 5-9 ปี	151	5151737
กลุ่มอายุ 10-14 ปี	402	5402686
กลุ่มอายุ 15-24 ปี	1058	10804972
กลุ่มอายุ 25-34 ปี	2665	10802617
กลุ่มอายุ 35-44 ปี	2427	9860486
กลุ่มอายุ 45-54 ปี	1629	6908706
กลุ่มอายุ 55-64 ปี	908	4145318
กลุ่มอายุ 65+ ปี	253	4900232

รูปที่ 4.18 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ในปี พ.ศ. 2549

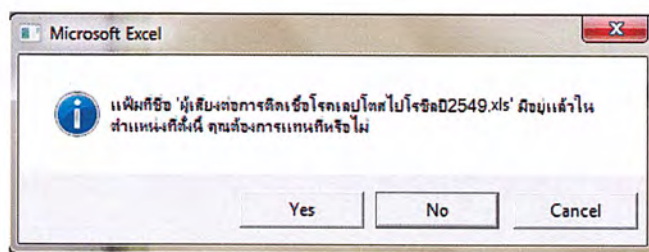
กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างค้นหาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะแสดงหน้าต่างบันทึกจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปีที่ผู้ใช้งานเลือก ซึ่งจะอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 (จะไม่แสดงหน้าต่างนี้เมื่อรันโปรแกรมครั้งแรก)



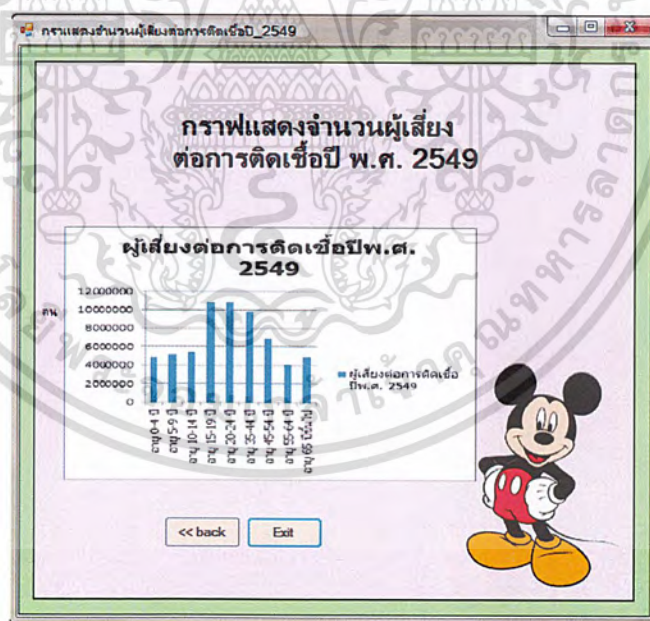
รูปที่ 4.19 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม ทุกครั้งเพื่อทำการบันทึกข้อมูลใหม่

กดปุ่ม เมื่อไม่ต้องการบันทึกข้อมูลซ้ำข้อมูลเก่า

กดปุ่ม เมื่อต้องการยกเลิก

กดปุ่ม จะแสดงกราฟจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปีที่ผู้ใช้งานเลือก (ปี พ.ศ. 2549-2553)



รูปที่ 4.20 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จำนวนของผู้ติดเชื้อ

จะแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้ติดเชื้อ

รูปที่ 4.21 หน้าต่างจำนวนผู้ติดเชื้อ

กดคลิกศร กรณเลือก พ.ศ. เลือก พ.ศ. ที่ต้องการค้นหา จะแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อ ในแต่ละกลุ่มอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553

กลุ่มอายุ	I_n	I_n
กลุ่มอายุ 0 - 4 ปี	30	30
กลุ่มอายุ 5 - 9 ปี	151	151
กลุ่มอายุ 10 - 14 ปี	402	402
กลุ่มอายุ 15 - 24 ปี	1058	1058
กลุ่มอายุ 25 - 34 ปี	2665	2665
กลุ่มอายุ 35 - 44 ปี	2427	2427
กลุ่มอายุ 45 - 54 ปี	1629	1629
กลุ่มอายุ 55 - 64 ปี	908	908
กลุ่มอายุ 65+ ปี	253	253

รูปที่ 4.22 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

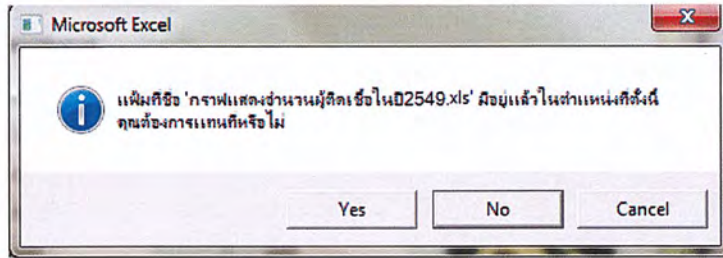
กดปุ่ม

<< back

เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างค้นหาข้อมูล

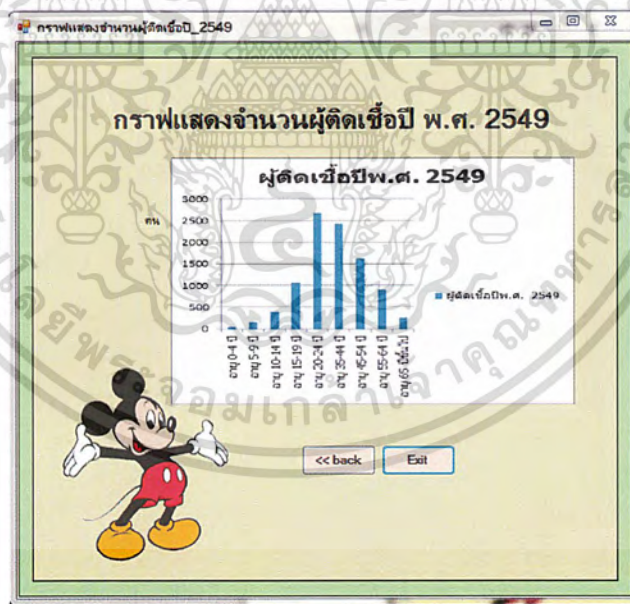
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะแสดงหน้าต่างบันทึกจำนวนผู้ติดเชื้อในปีที่ผู้ใช้งานเลือก ซึ่งจะอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 (จะไม่แสดงหน้าต่างนี้เมื่อรันโปรแกรมครั้งแรก)



รูปที่ 4.23 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม ทุกครั้งเพื่อทำการบันทึกข้อมูลใหม่
 กดปุ่ม เมื่อไม่ต้องการบันทึกข้อมูลซ้ำข้อมูลเก่า
 กดปุ่ม เมื่อต้องการยกเลิก
 กดปุ่ม จะแสดงกราฟจำนวนผู้ติดเชื้อในปีที่ผู้ใช้งานเลือก (พ.ศ. 2549-2553)



รูปที่ 4.24 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ
 กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

จำนวนของผู้พื้นที่

จะแสดงหน้าต่างจำนวนของผู้พื้นที่

จำนวนของผู้พื้นที่ (R_h)

ปี:

จำนวนประชากร (คน):

จำนวนหญิงมีถิ่น (ตัว):

Graph

<< back

จำนวนผู้พื้นที่ในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)

กลุ่มอายุ 0 - 4 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 5 - 9 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 10 - 14 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 15 - 24 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 25 - 34 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 35 - 44 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 45 - 54 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 55 - 64 ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>
กลุ่มอายุ 65+ ปี	<input type="text"/>	R_h	<input type="text"/>

รูปที่ 4.25 หน้าต่างจำนวนผู้พื้นที่

กดคลิก เลือก พ.ศ. ที่ต้องการค้นหา จะแสดงจำนวนผู้พื้นที่ในแต่ละกลุ่มอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553

จำนวนของผู้พื้นที่ (R_h)

ปี:

จำนวนประชากร (คน):

จำนวนหญิงมีถิ่น (ตัว):

Graph

<< back

จำนวนผู้พื้นที่ในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)

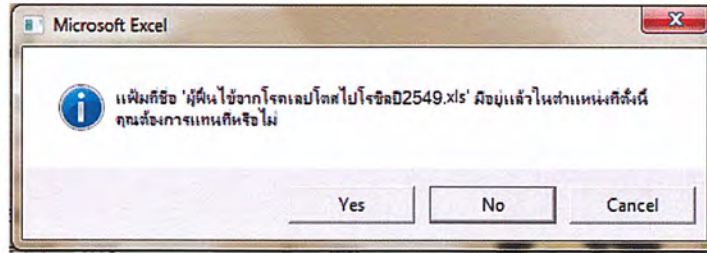
กลุ่มอายุ 0 - 4 ปี	<input type="text" value="30"/>	R_h	<input type="text" value="13"/>
กลุ่มอายุ 5 - 9 ปี	<input type="text" value="151"/>	R_h	<input type="text" value="67"/>
กลุ่มอายุ 10 - 14 ปี	<input type="text" value="402"/>	R_h	<input type="text" value="182"/>
กลุ่มอายุ 15 - 24 ปี	<input type="text" value="1058"/>	R_h	<input type="text" value="509"/>
กลุ่มอายุ 25 - 34 ปี	<input type="text" value="2665"/>	R_h	<input type="text" value="1257"/>
กลุ่มอายุ 35 - 44 ปี	<input type="text" value="2427"/>	R_h	<input type="text" value="1195"/>
กลุ่มอายุ 45 - 54 ปี	<input type="text" value="1629"/>	R_h	<input type="text" value="824"/>
กลุ่มอายุ 55 - 64 ปี	<input type="text" value="908"/>	R_h	<input type="text" value="470"/>
กลุ่มอายุ 65+ ปี	<input type="text" value="253"/>	R_h	<input type="text" value="156"/>

รูปที่ 4.26 หน้าต่างแสดงการค้นหาจำนวนผู้พื้นที่ในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างค้นหาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะแสดงหน้าต่างบันทึกจำนวนผู้ฟื้นฟูไข้ในปีที่ผู้ใช้งานเลือก ซึ่งจะอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 (จะไม่แสดงหน้าต่างนี้เมื่อรันโปรแกรมครั้งแรก)



รูปที่ 4.27 หน้าต่างแสดงการบันทึกจำนวนของผู้ฟื้นฟูไข้ในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม ทุกครั้งเพื่อทำการบันทึกข้อมูลใหม่

กดปุ่ม เมื่อไม่ต้องการบันทึกข้อมูลซ้ำข้อมูลเก่า

กดปุ่ม เมื่อต้องการยกเลิก

กดปุ่ม จะแสดงกราฟจำนวนผู้ฟื้นฟูไข้ในปีที่ผู้ใช้งานเลือก (พ.ศ. 2549-2553)



รูปที่ 4.28 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหาจำนวนผู้ฟื้นฟูไข้ในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้ฟื้นฟูไข้

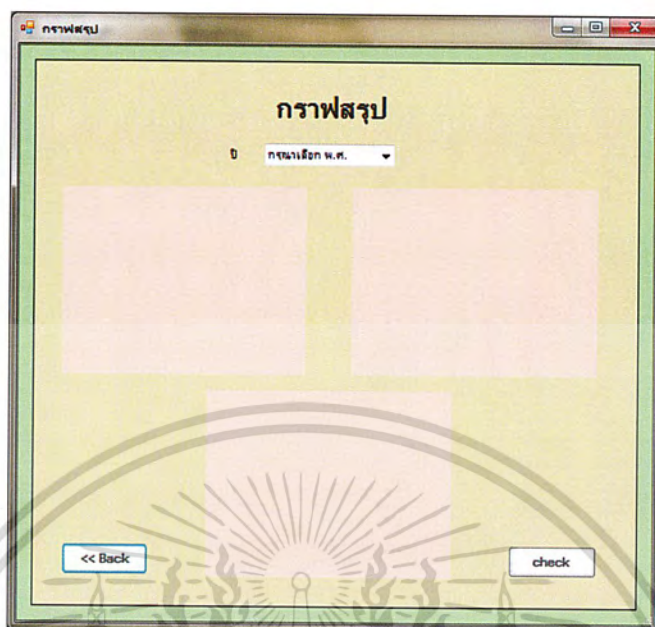
กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม

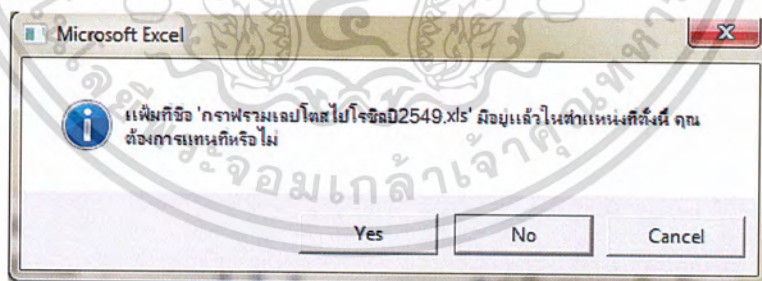
กราฟสรุป

จะแสดงหน้าต่างกราฟสรุป



รูปที่ 4.29 หน้าต่างแสดงการค้นหากราฟสรุป

กดลูกศร เลือก ปี พ.ศ. ที่ต้องการจะแสดงหน้าต่างบันทึกกราฟรวม
 โรคเลปโตสไปโรซิสปี que ผู้ใช้งานเลือก ซึ่งจะอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2553 (จะไม่แสดงหน้าต่างนี้
 เมื่อรันโปรแกรมครั้งแรก)

รูปที่ 4.30 หน้าต่างแสดงการบันทึกกราฟสรุปจำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ
ผู้ติดเชื้อ และผู้ฟื้นฟู ในปี พ.ศ. 2549

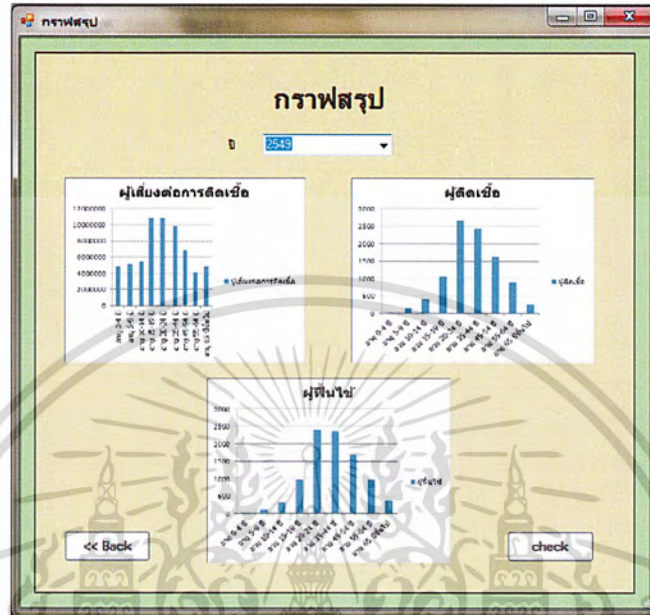
กดปุ่ม ทุกครั้งเพื่อทำการบันทึกข้อมูลใหม่

กดปุ่ม เมื่อไม่ต้องการบันทึกข้อมูลซ้ำข้อมูลเก่า

กดปุ่ม เมื่อต้องการยกเลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดลูกศร เลือก พ.ศ. ที่ต้องการให้แสดงกราฟสรุปของจำนวนผู้เสียชีวิตต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ติดเชื้อ และจำนวนผู้ป่วยไข้ของโรคเลปโตสไปโรซิสในแต่ละกลุ่มอายุ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553



รูปที่ 4.31 หน้าต่างแสดงกราฟการค้นหากราฟสรุปในปี พ.ศ. 2549

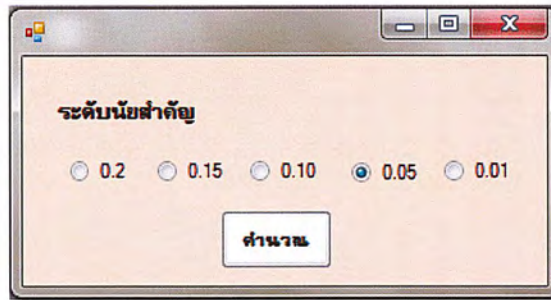
กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างรายการข้อมูลที่ต้องการค้นหา
 กดปุ่ม เมื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ด้วยวิธี โคลโม
 โกรอฟ - สเมอร์นอฟ

The screenshot shows a web interface with the title 'ระดับนัยสำคัญ'. It contains five radio buttons for selecting a significance level: 0.2, 0.15, 0.10, 0.05, and 0.01. Below the buttons is a button labeled 'คำนวณ'.

รูปที่ 4.32 หน้าต่างแสดงตัวเลือกระดับนัยสำคัญ

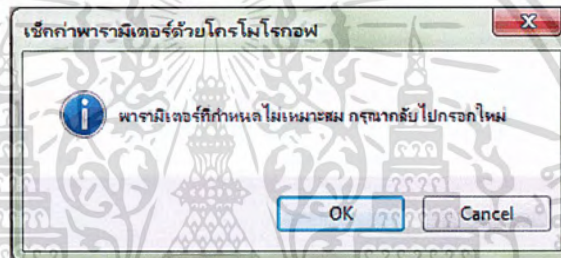
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกระดับนัยสำคัญ



รูปที่ 4.33 หน้าต่างเลือกระดับนัยสำคัญ

กดปุ่ม การตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

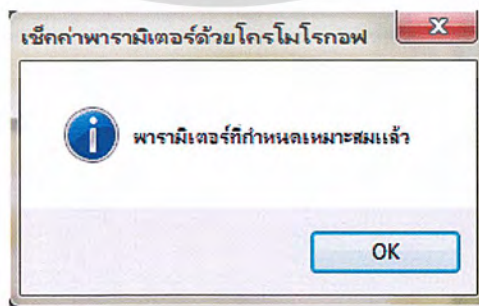


รูปที่ 4.34 หน้าต่างแสดงค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์เพื่อทำการเปลี่ยนค่าใหม่

กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างนี้

กดปุ่ม การตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์ด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ



รูปที่ 4.35 หน้าต่างแสดงค่าพารามิเตอร์เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เมื่อต้องการไปยังหน้าการพยากรณ์

กดปุ่ม เมื่อต้องการไปยังหน้าการพยากรณ์

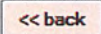
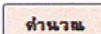
กดปุ่ม **พยากรณ์** จะเข้าสู่หน้าต่างการพยากรณ์ ให้ผู้ใช้กรอกค่าในช่องว่างให้ครบทุกช่อง ซึ่งหน้าต่างนี้ประกอบไปด้วย ปุ่มคำนวณ ปุ่ม Reset และปุ่ม back

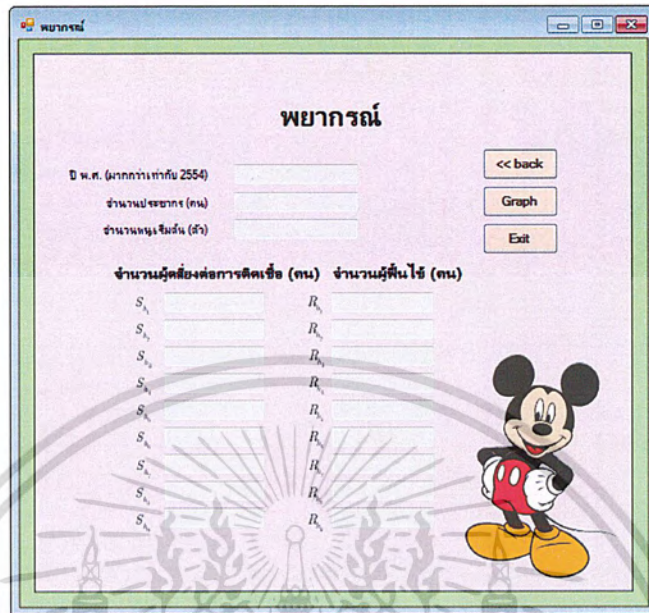
รูปที่ 4.36 หน้าต่างฐานข้อมูลของการพยากรณ์

กดปุ่ม **แสดงข้อมูล** เพื่อแสดงข้อมูลของปี พ.ศ. ที่ผู้ใช้ต้องการพยากรณ์
 กดปุ่ม **OK** เมื่อต้องการไปยังหน้าต่างการพยากรณ์

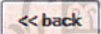
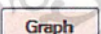
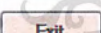
รูปที่ 4.37 หน้าต่างพยากรณ์

กดปุ่ม **Add** เมื่อต้องการเพิ่มข้อมูลไปยังฐานข้อมูลของการพยากรณ์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโรงเรียนเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 กดปุ่ม **Reset** เมื่อต้องการลบค่าทั้งหมดในหน้าต่างพยากรณ์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กดปุ่ม  เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างเมนู
- กดปุ่ม  เมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อและจำนวนผู้ฟื้นฟู



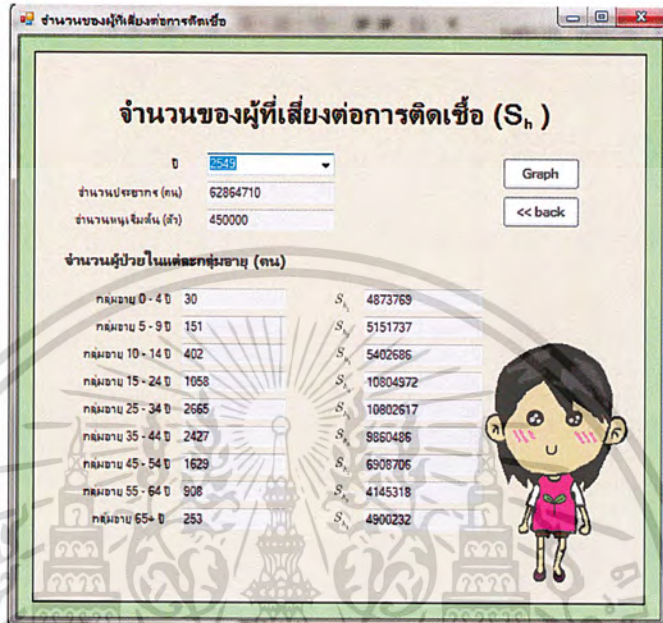
รูปที่ 4.38 หน้าต่างพยากรณ์ - คำนวณ

- กดปุ่ม  เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างพยากรณ์
- กดปุ่ม  เมื่อต้องการแสดงกราฟ
- กดปุ่ม  เมื่อต้องการปิดหน้าต่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ตัวอย่างการสืบค้นข้อมูล

การสืบค้นข้อมูลของปัญหาพิเศษฉบับนี้ยกตัวอย่างการระบาคของโรคเลปโตสไปโรซิสในปี พ.ศ. 2549 จากการวิเคราะห์ จำนวนผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการติดเชื้อ จำนวนของผู้ติดเชื้อ และจำนวนผู้ฟื้นฟู ซึ่งแสดงผลที่ได้ดังนี้

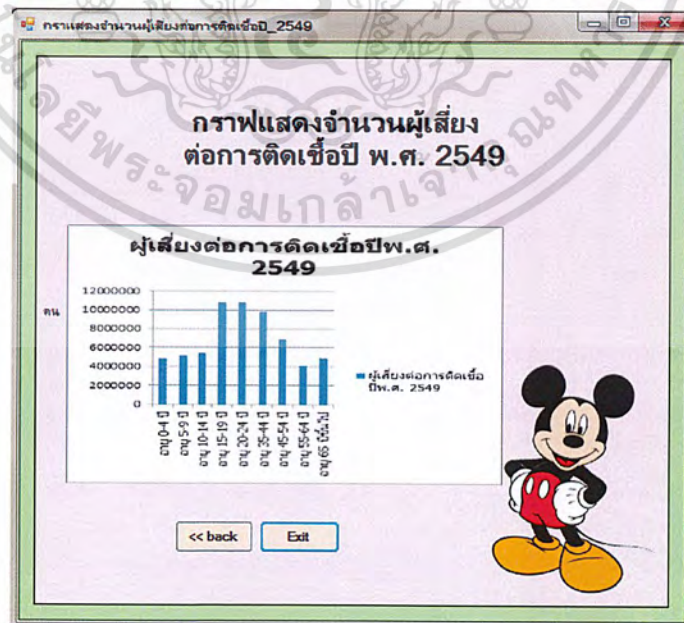


รูปที่ 4.39 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

กดปุ่ม

Graph

เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ



รูปที่ 4.40 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการติดเชื้อ

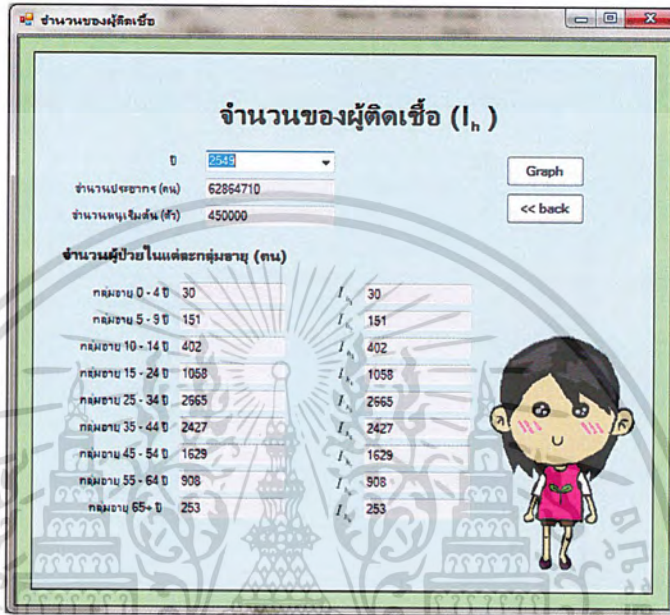
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี พ.ศ. 2549

จากกราฟรูปที่ 4.40 จะแสดงได้ว่า ในกลุ่มอายุที่ 15-19 ปี กลุ่มอายุที่ 20-24 ปี และกลุ่มอายุที่ 35-44 ปี จะมีผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการติดเชื้อสูง เนื่องจากในกลุ่มอายุดังกล่าวเป็นกลุ่มอายุของวัยทำงาน ชาวไร่วางนา ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงของผู้ที่เป็นโรคเลปโตสไปโรซิส

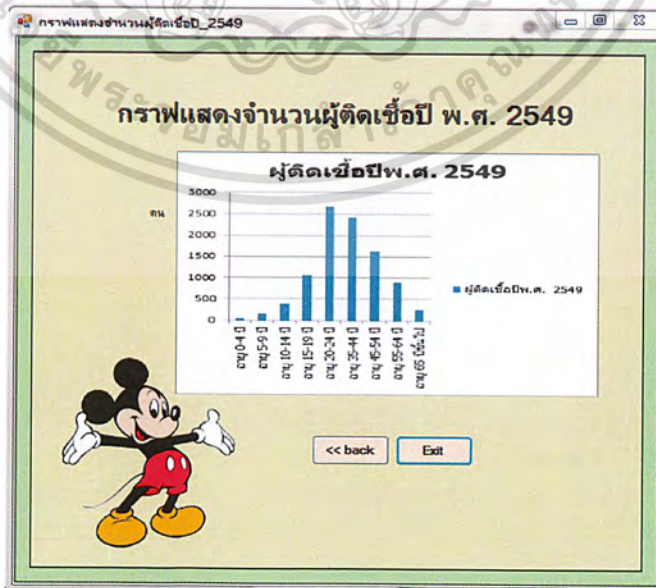
กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้



รูปที่ 4.41 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

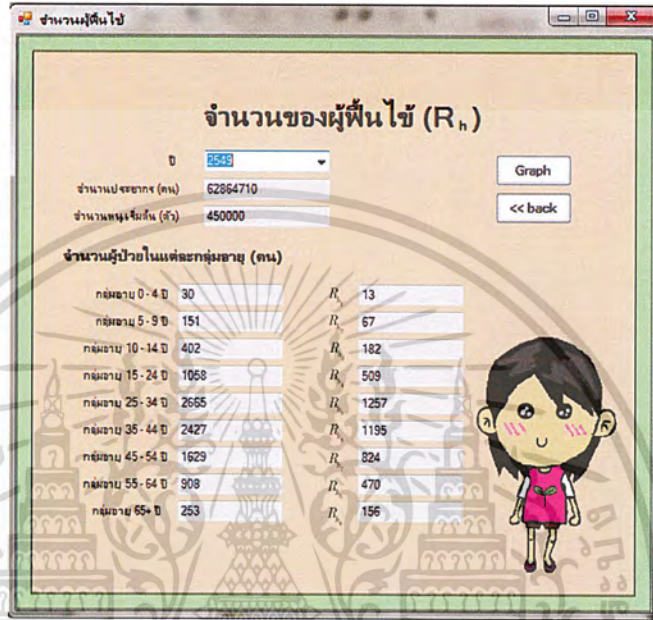
กดปุ่ม เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.42 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

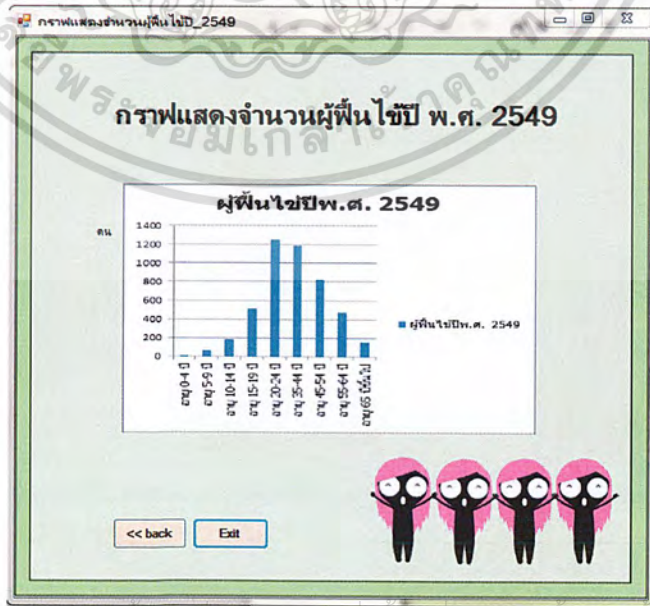
จากกราฟรูปที่ 4.42 จะแสดงได้ว่า ในกลุ่มอายุที่ 20-24 ปี และกลุ่มอายุที่ 35-44 ปี จะมีผู้ติดเชื้อสูง เนื่องจากในกลุ่มอายุดังกล่าวเป็นวัยทำงาน ชาวไร่ชาวนา ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงของผู้ที่เป็นโรค เลปโตสไปโรซิส

- กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้ติดเชื้อ
- กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้



รูปที่ 4.43 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

- กดปุ่ม เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.44 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการสืบค้นข้อมูลจำนวนของผู้ติดเชื้อในปี พ.ศ. 2549

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 4.44 จะแสดงได้ว่า ในกลุ่มอายุที่ 20-24 ปี และกลุ่มอายุที่ 35-44 ปี จะมีผู้ติดเชื้อสูง เนื่องจากในกลุ่มอายุดังกล่าวเป็นวัยทำงาน ชาวไร่ ชาวนา ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงของผู้ที่เป็นโรคเลปโตสไปโรซิส

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้ฟื้นฟู

กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้

4.7 ตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล

จากที่ได้ทำการทดสอบ จำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ จำนวนผู้ติดเชื้อ และจำนวนผู้ฟื้นฟู เราสามารถลดการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส เมื่อพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าดังนี้

- จำนวนหนู (N_r) มี 450,000 ตัว
- อัตราการเกิดของประชากร (b) มีค่าเป็น 0.00003753
- อัตราการตายของประชากร (μ_h) มีค่าเป็น 0.00003753
- อัตราการเกิดของหนู (μ_m) มีค่าเป็น 0.00002609
- อัตราการตายของหนู (μ_r) มีค่าเป็น 0.00002609
- อัตราการฟื้นฟูของประชากร (S) มีค่าเป็น 0.00198
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มที่ i ไปสู่กลุ่มอายุที่ $i + 1$ (θ_{h_i}) มีค่าเป็น 0.00054795 เมื่อ $i = 1, 2, 3$;
- อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มที่ i ไปสู่กลุ่มอายุที่ $i + 1$ (θ_{h_i}) มีค่าเป็น 0.00027397 เมื่อ $i = 4, 5, 6, 7, 8$;
- อัตราที่ประชากรกลุ่มอายุที่ i เปลี่ยนสถานะจากผู้ฟื้นฟูเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้งหนึ่ง (P_{h_i}) มีค่าเป็น 0.004
- อัตราการถ่ายทอดเชื้อจากหนูไปสู่ประชากรในกลุ่มอายุที่ $i + 1$ (β_{h_i}) มีค่าดังนี้

$$\beta_{h_1} = 0.000000579227$$

$$\beta_{h_2} = 0.000001455894$$

$$\beta_{h_3} = 0.000003099645$$

$$\beta_{h_4} = 0.000005792267$$

$$\beta_{h_5} = 0.000008015245$$

$$\beta_{h_6} = 0.000010081675$$

$$\beta_{h_7} = 0.000008093519$$

$$\beta_{h_8} = 0.000004993873$$

$$\beta_{h_9} = 0.000006402803$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการพยากรณ์ข้อมูล ผู้ใช้จะต้องกรอกปี พ.ศ. ที่ต้องการพยากรณ์ แล้วกดปุ่ม **แสดงข้อมูล** เพื่อตรวจสอบว่ามีข้อมูลเก่าหรือไม่

รูปที่ 4.45 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล

กดปุ่ม **แสดงข้อมูล** เมื่อต้องการแสดงฐานข้อมูลของปี พ.ศ. ที่ผู้พยากรณ์
กดปุ่ม **OK** เมื่อต้องการไปยังหน้าต่างการพยากรณ์

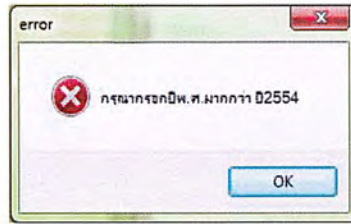
กรอกให้ครบทุกช่อง	ปี พ.ศ. (มากกว่าเท่ากับ 2554)	จำนวนประชากร (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (ตัว)
	2557	200000000	450000

จำนวนผู้เสียชีวิตในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)	จำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มอายุ (คน)	
กลุ่มอายุ 0-4 ปี	234	20000000
กลุ่มอายุ 5-9 ปี	353	20000000
กลุ่มอายุ 10-14 ปี	484	20000000
กลุ่มอายุ 15-24 ปี	690	20000000
กลุ่มอายุ 25-34 ปี	904	30000000
กลุ่มอายุ 35-44 ปี	1390	30000000
กลุ่มอายุ 45-54 ปี	1075	20000000
กลุ่มอายุ 55-64 ปี	804	20000000
กลุ่มอายุ 65+ ปี	533	20000000

รูปที่ 4.46 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์

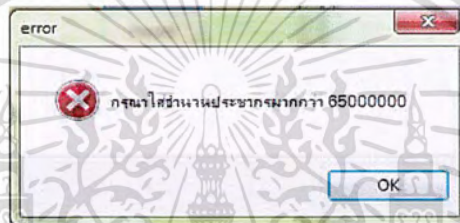
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กดปุ่ม **<< back** เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้พื้นที่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปี พ.ศ. ที่ผู้ใช้กรอกได้ต้องเป็น พ.ศ. 2554 ขึ้นไป ไม่เช่นนั้น โปรแกรมจะแสดง หน้าต่างเตือน



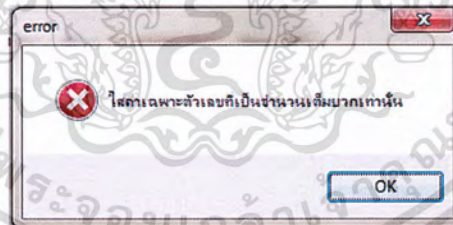
รูปที่ 4.47 หน้าต่างแสดงความผิดพลาดกรอกปี พ.ศ. ไม่ถูกต้อง

จำนวนประชากรที่ผู้ใช้กรอกต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 65,000,000 คน ไม่เช่นนั้น โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเตือน



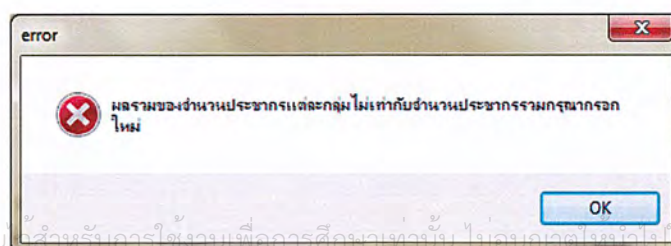
รูปที่ 4.48 หน้าต่างแสดงความผิดพลาดกรอกจำนวนประชากรไม่ถูกต้อง

ในการกรอกตัวเลขในช่องว่าง ต้องกรอกเป็นจำนวนเต็มบวกเท่านั้น ไม่สามารถกรอกเป็น ตัวอักษร จำนวนเต็มลบ หรือทศนิยมได้



รูปที่ 4.49 หน้าต่างแสดงความผิดพลาดจากการกรอกเป็นตัวอักษรจำนวนเต็มลบ หรือทศนิยม

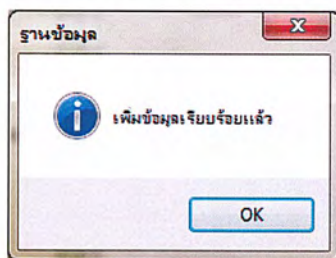
ในการกรอกข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มอายุจะต้องมีผลรวมเท่ากับจำนวน ประชากรที่ต้องการพยากรณ์ ไม่เช่นนั้น โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเตือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น ซึ่งทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

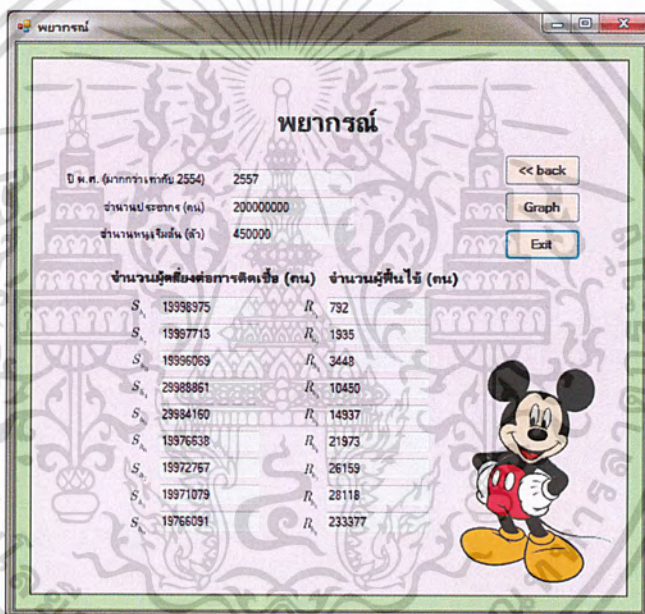
รูปที่ 4.50 หน้าต่างแสดงความผิดพลาดกรอกจำนวนประชากรไม่เท่ากับจำนวนประชากรรวม

กดปุ่ม จะแสดงหน้าต่างว่าเพิ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4.51 หน้าต่างเพิ่มฐานข้อมูล

กดปุ่ม จะเข้าสู่หน้าต่างพยากรณ์แสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ และจำนวนผู้ฟื้นไข้



รูปที่ 4.52 หน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ค่าผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อและค่าผู้ฟื้นไข้จากการคำนวณ

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปหน้าต่างจำนวนผู้ฟื้นไข้

กดปุ่ม เมื่อต้องการปิดหน้าต่างกราฟนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม เมื่อต้องการให้แสดงกราฟ



รูปที่ 4.53 หน้าต่างแสดงกราฟตัวอย่างการพยากรณ์ข้อมูล

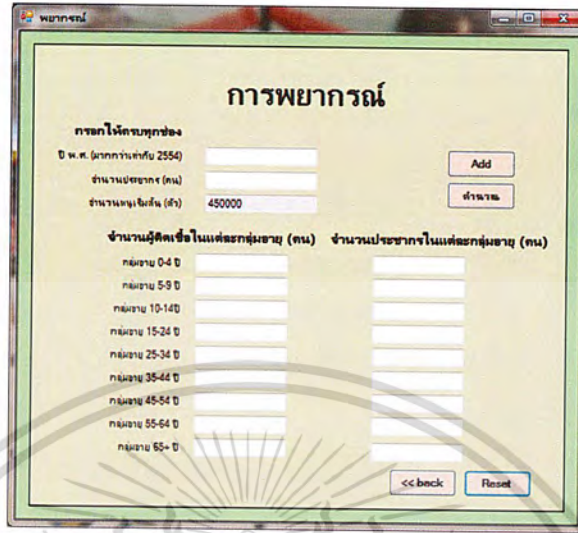
จากกราฟรูปที่ 4.53 จะแสดงได้ว่า ในแต่ละปี กลุ่มอายุที่ 20-24 ปี และกลุ่มอายุที่ 35-44 ปี จะมีผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อสูง ทำให้จำนวนผู้ติดเชื้อสูงด้วย และในทางเดียวกันเมื่อมีผู้ติดเชื้อสูง จึงทำให้จำนวนผู้ฟื้นฟูไข้สูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากในกลุ่มอายุดังกล่าวเป็นกลุ่มเสี่ยงของผู้ที่ต่อการเป็นโรคเลปโตสไปโรซิส จึงทำให้มีจำนวนสูงกว่าประชากรในกลุ่มอายุอื่นๆ

กดปุ่ม เมื่อต้องการกลับไปยังหน้าต่างแสดงตัวอย่างการพยากรณ์ค่าผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อและค่าผู้ฟื้นฟูไข้จากการคำนวณ

กดปุ่ม เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

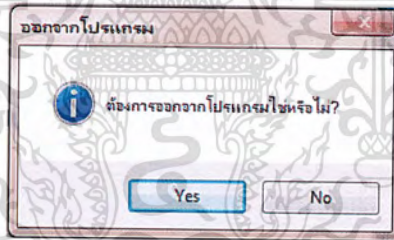
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม จะแสดงหน้าต่างพยากรณ์ โดยค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ในหน้าต่างนี้มีค่าเท่ากับศูนย์ ยกเว้นค่าจำนวนหนูเริ่มต้น



รูปที่ 4.54 ล้างค่าในหน้าต่างพยากรณ์ – จำนวนผู้ติดเชื้อ

กดปุ่ม ที่หน้าจอโปรแกรมหลัก จะมีหน้าต่างขึ้นมาถามว่า ต้องการออกจากโปรแกรมใช่หรือไม่



รูปที่ 4.55 หน้าต่างคำถามออกจากโปรแกรม

ถ้าตอบ จะทำการออกจากโปรแกรม

ถ้าตอบ จะกลับไปหน้าจอโปรแกรมหลักดั้งเดิม

4.8 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีโคลโมโกรอฟ

วิธีการทดสอบของ โคล โม โกรอฟ-สมิรโนฟ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว (The Kolmogorov-Smirnov One Sample Test) มาทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่

กำหนด H_0, H_0 : แบบจำลองที่ได้มีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 H_1, H_1 : แบบจำลองที่ได้ไม่มีความเหมาะสม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการคำนวณของปี พ.ศ.2549

i	R_{h_i}	I_{h_i}	S	F	$S - F$	$ S - F $
1	19	30	0.003150268	0.002781939	0.000368329	0.000368329
2	99	151	0.015856348	0.014337685	0.001518663	0.001518663
3	272	402	0.042213588	0.038947143	0.003266445	0.003266445
4	784	1058	0.111099443	0.108923604	0.00217584	0.00217584
5	1920	2665	0.279848787	0.268992082	0.010856705	0.010856705
6	1864	2427	0.254856663	0.255724374	-0.000867711	0.000867711
7	1306	1629	0.17105954	0.176332121	-0.005272581	0.005272581
8	754	908	0.095348105	0.100577787	-0.005229683	0.005229683
9	274	253	0.026567258	0.033383266	-0.006816007	0.006816007
Total		9523	1	1		0.010856705

ค่าที่คำนวณได้ D_{table} และค่าที่เปิดจากตารางโคลโมโกรอฟ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระดับนัยสำคัญของการทดสอบโคลโมโกรอฟ

ระดับนัยสำคัญ	D_{max}	D_{table}
2.0	0.010856705	0.010964703
0.15	0.010856705	0.01168202
0.1	0.010856705	0.012501811
0.05	0.010856705	0.013936445
0.01	0.010856705	0.01670324

ถ้า $D_{\text{table}} > D_{\text{max}}$ จะยอมรับ H_0

หมายความว่าเรายอมรับ H_0 คือ ข้อมูลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่สร้างไว้จากการ

ทดสอบข้างต้นแสดงว่าแบบจำลองที่ได้มีความเหมาะสม ไม่น่าจะผิดให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการจัดการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการนำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในการประยุกต์ใช้กับการควบคุมโรคของปัญหาพิเศษนี้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2553 และอีกทั้งยังเป็นการคาดการณ์การเกิดโรคเลปโตสไปโรซิสล่วงหน้าที่จะอยู่พื้นฐานของทฤษฎีต่างๆ โดยแบบจำลองที่ได้นี้ ถูกสร้างขึ้นจากปัจจัยการเกิดโรคและวิทยาการระบาดของโรค ซึ่งแบบจำลองนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดประโยชน์ต่อการแพทย์และการสาธารณสุขของไทย ในการลดอัตราผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคเลปโตสไปโรซิส โดยคณะผู้จัดทำได้พยายามสร้างแบบจำลองและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อที่จะให้มีความเหมาะสมและใช้ได้จริงกับการควบคุมของโรคเลปโตสไปโรซิส สำหรับโปรแกรมการควบคุมการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสเป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างจากแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองให้มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้จริง โดยโปรแกรมจะรับค่า อัตราการเกิดของประชากร (b) อัตราการฟื้นไข้ของประชากร (S) จำนวนหนู ณ เวลาเริ่มต้น (N_r) อัตราการเกิดของหนู (μ_m) อัตราการตายของหนู (μ_r) อัตราการถ่ายทอดเชื้อระหว่างหนูต่อตัว (β_r) อัตราการเสียชีวิตของประชากร (μ_h) อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มอายุที่ i ไปสู่กลุ่มอายุที่ $i + 1$ (θ_i) อัตราที่ประชากรกลุ่มอายุที่ i เปลี่ยนสถานะจาก ผู้ฟื้นไข้เป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้งหนึ่ง (P_i) โดยนำค่าที่รับมาไปคำนวณแล้วแสดงออกมาเป็นกราฟ เพื่อเป็นแนวทางในการลดการระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิส และมีการพยากรณ์ จำนวนผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากรกลุ่มที่ i (S_{h_i}) และจำนวนผู้ฟื้นไข้ของประชากรกลุ่ม ที่ i (R_{h_i})

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. ข้อมูลย้อนหลังเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – 2553
2. เมื่อเปิดใช้โปรแกรมนี้ ผู้ใช้จะต้องเข้าเมนูกำหนดค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ก่อนเสมอ เพื่อทำการเก็บค่าตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

$$S = \text{อัตราการฟื้นไข้ของประชากร}$$

$$N_r = \text{จำนวนของหนู ณ เวลาเริ่มต้น}$$

$$\mu_m = \text{อัตราการเกิดของหนู}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- μ_r = อัตราการเสียชีวิตของหนู
 β_r = อัตราการถ่ายทอดเชื้อระหว่างหนู/ตัว
 μ_h = อัตราการเสียชีวิตของประชากร
 θ_i = อัตราที่ประชากรเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มอายุที่ i ไปสู่ช่วงอายุที่ $i + 1$
 P_i = อัตราที่ประชากรกลุ่มอายุที่ i เปลี่ยนสถานะจากผู้ฟื้นไข้ไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีกครั้งหนึ่ง

3. ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการพยากรณ์ ผู้ใช้ต้องทราบค่า จำนวนประชากรที่แบ่งตามกลุ่มอายุ (N_{T_i}) และจำนวนผู้ติดเชื้อของประชากรกลุ่มที่ i (I_{h_i})
4. จำนวนประชากรสำหรับแต่ละกลุ่มอายุ (N_{T_i}) ในปี พ.ศ. 2553 ไม่ทราบค่าที่แน่นอน จึงใช้เป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย
5. ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการแสดงกราฟในส่วนการค้นหาข้อมูล จะต้องบันทึกก่อนทุกครั้งเพื่ออัปเดตข้อมูล
6. ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกจะต้องเป็นจำนวนเต็มบวกเท่านั้น ไม่สามารถกรอกเป็นตัวอักษรภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ และเลขทศนิยมได้ ผลรวมของผู้ป่วยในแต่ละช่วงอายุต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนประชากรในปีนั้นๆ
7. ปี พ.ศ. ที่ผู้ใช้ต้องการพยากรณ์นั้นต้องมากกว่าเท่ากับปี พ.ศ. 2554
8. จำนวนประชากร (N_{T_i}) ที่ผู้ใช้ต้องการพยากรณ์ต้องมากกว่าเท่ากับ 65,000,000 คน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการความละเอียดของกราฟมากขึ้นควรศึกษาเครื่องมือเกี่ยวกับกราฟในโปรแกรม Visual Basic 6 เพิ่มเติม หรืออาจจะเลือกโปรแกรมภาษาเครื่องมือที่เหมาะสมกว่านี้ เช่น Visual Studio C++ เป็นต้น เพราะง่ายต่อการเรียนรู้เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งในเรื่องไวยากรณ์ของภาษาเองและเครื่องมือการใช้งาน มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษาและความเร็วของการประมวลผล และในเรื่องของความสามารถใหม่ๆ เช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2. หากต้องการที่จะเก็บข้อมูลที่เคยใช้แล้ว ควรจะมีการเก็บข้อมูลไว้ ฉะนั้นควรศึกษาการสร้างฐานข้อมูล และการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล เช่น โปรแกรม Microsoft office Access เป็นฐานข้อมูล ยกตัวอย่างการสร้างตารางอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องกังวลกับความซับซ้อนของฐานข้อมูล การตรวจหาชนิดข้อมูล โดยอัตโนมัติ ในเรื่องพิมพ์ข้อมูล Office Access จะรับรู้เองว่าเป็นวันที่ สกุลเงิน หรือชนิดข้อมูลที่ใช้งาน โดยทั่วไปอื่นๆ และยังสามารถวางกระทั้งตาราง Excel ทั้งตารางใน Office Access เพื่อที่จะเริ่มต้นติดตามข้อมูลด้วยสมรรถนะของฐานข้อมูลได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมโรค.ม.ป.ป. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ. 2549, กรุงเทพฯ: สำนัก
ระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข
- [2] กรมควบคุมโรค.ม.ป.ป. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ. 2550, กรุงเทพฯ: สำนัก
ระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข
- [3] กรมควบคุมโรค.ม.ป.ป. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ. 2551, กรุงเทพฯ: สำนัก
ระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข
- [4] กรมควบคุมโรค.ม.ป.ป. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ. 2552, กรุงเทพฯ: สำนัก
ระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข
- [5] กรมควบคุมโรค.ม.ป.ป. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี พ.ศ. 2553, กรุงเทพฯ: สำนัก
ระบาดวิทยา กระทรวงสาธารณสุข
- [6] ลือชา วรรัตน์.2549. เลปโตสไปโรซิส, พิมพ์ครั้งที่1.นนทบุรี. สำนักวิชาการสาธารณสุข
สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข
- [7] Frank R. Giordano, Maurice D. Weir, William P. Fox. A First course mathematical modeling,
3rd ed. Australia : Thomson, Inc 2003
- [8] Leah Edelstein. Mathematical models in biology. New York: Random House, Inc 1988
- [9] รศ. ชรีวัฒน์ ประกอบผล. 2553. คู่มือการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Visual c#, พิมพ์ครั้งที่1.
กรุงเทพฯ: Simplify
- [10] วราลัภณ์ ดั่งคณะกุล และดาริกา กิ่งเนตร. การระบาดของโรคเลปโตสไปโรซิสใน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2540 วารสารวิชาการสาธารณสุข 2541 ; 7 : 386-393
[13 สิงหาคม 2554]
- [11] วลัยรัตน์ ไชยฟู ปิยนิษฐ์ ธรรมภรณ์พิลาศ รุ่งเรือง ลឹมไพบูลย์. การศึกษาทางคลินิกเพื่อหาคำ
นิยามของโรคเลปโตสไปโรซิส ณ. โรงพยาบาลศูนย์อุดรธานี จังหวัดอุดรธานี
เดือนตุลาคม 2540 วารสารแพทย์เครือข่าย 2541; 6/2 : 169-183
- [12] บุนธรรม สุนทรเกียรติ และจำลอง หะรินสุต. เชื้อเลปโตสไปราที่พบในประเทศไทยโดยแยก
จากผู้ป่วยและสัตว์ที่เป็นพาหะของโรค จดหมายเหตุทางการแพทย์ 2505 ; 48:343-351
- [13] ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ, (2534) เลปโตสไปโรซิส ใน เวชศาสตร์ป้องกัน ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ และ
ประพันธ์ เจริญงาม บรรณาธิการ, สหประชาพณิชยการพิมพ์, กรุงเทพฯ
- [14] รศ.ณรงค์ ฌ เชียงใหม่ (2530), สุขภาพสิ่งแวดล้อมชุมชน, สนพ.โอเดียนสโตร์, กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[15] How to excel chart in C# picturebox (ออนไลน์).สืบค้นจาก:

<http://csharp.net-informations.com/excel/csharp-excel-chart-picturebox.htm>

[8 มีนาคม 2555]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ตารางค่าวิกฤตสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สไมร์นอฟ

Simple size (n)	Level of significance for $D = \max F_0(X) - S_n(X) $				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.332	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
Over 35	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010

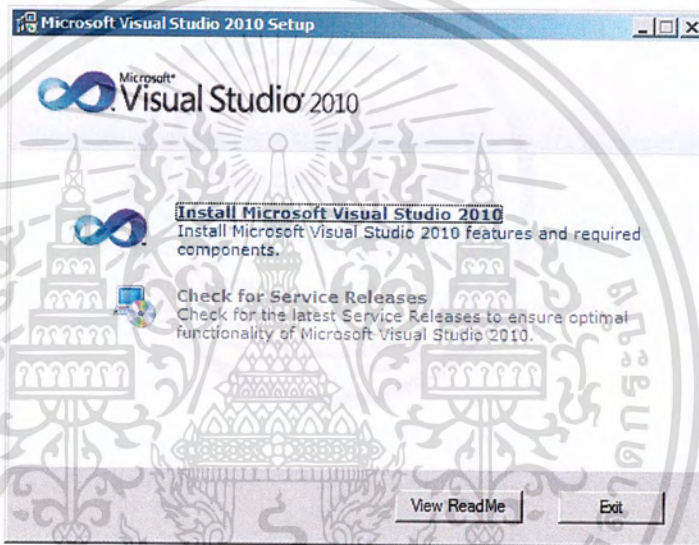
1. ดับเบิลคลิกที่ไอคอน setup



setup

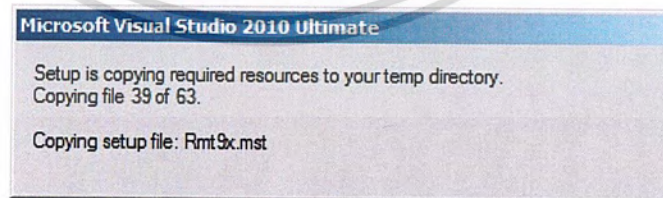
รูปที่ ข-1 ไอคอนการติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010

2. คลิกที่ Install Microsoft Visual Studio 2010



รูปที่ ข-2 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม

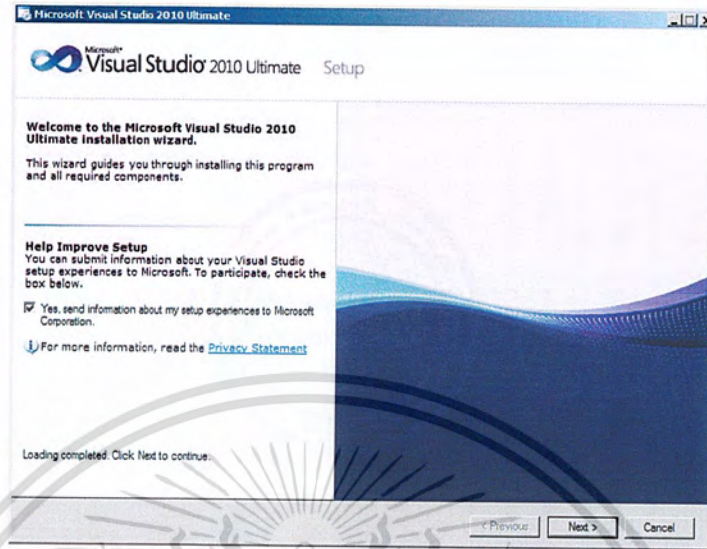
3. โปรแกรมกำลังทำการตรวจสอบ



รูปที่ ข-3 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)

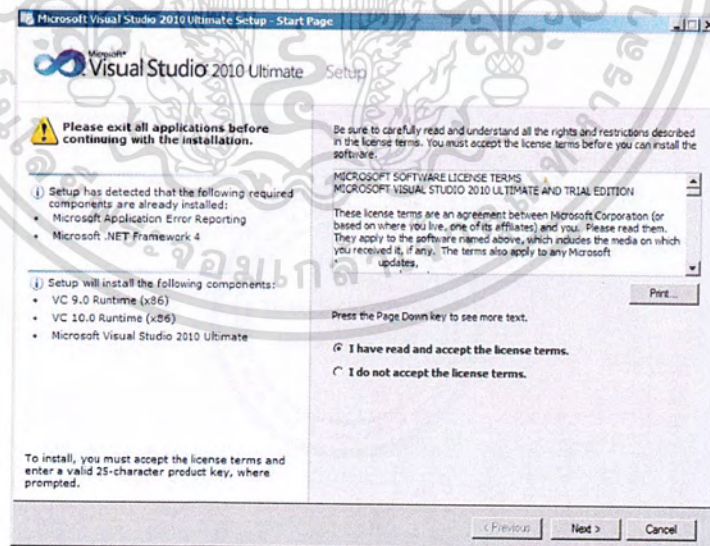
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คลิกปุ่ม Next



รูปที่ ข-4 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)

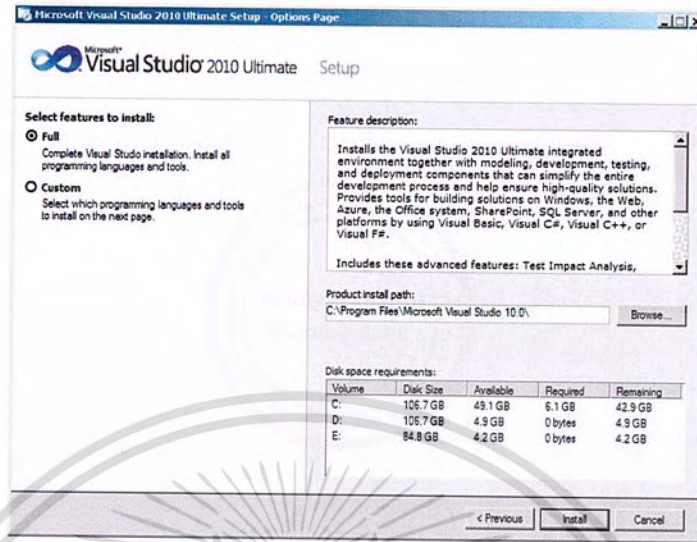
5. คลิกเลือก I have read and accept the license terms. จากนั้นคลิกปุ่ม Next



รูปที่ ข-5 หน้าจอการติดตั้งโปรแกรม (ต่อ)

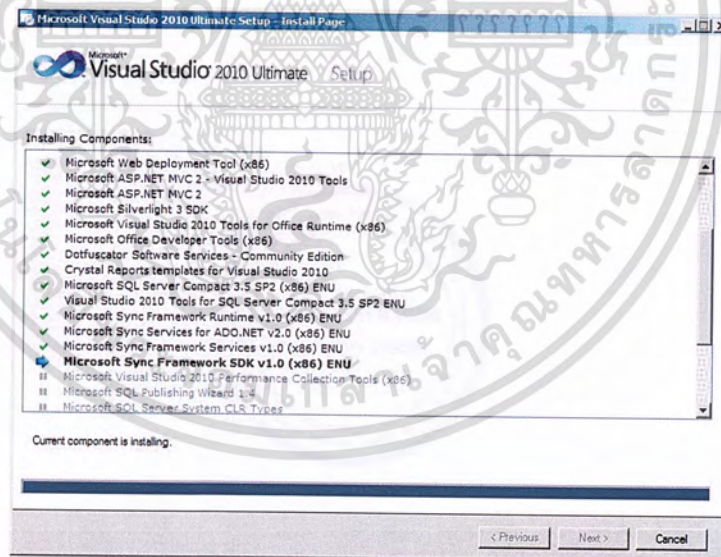
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คลิกเลือก Full คลิกเลือกหน่วยความจำที่จะจัดเก็บ โปรแกรม และคลิกปุ่ม Install



รูปที่ ข-6 แสดงหน้าจอของการติดตั้ง โปรแกรม (ต่อ)

7. รอกการติดตั้งของโปรแกรม



รูปที่ ข-7 แสดงหน้าจอของการติดตั้ง โปรแกรม (ต่อ)

8. การติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ คลิก Finish

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้