

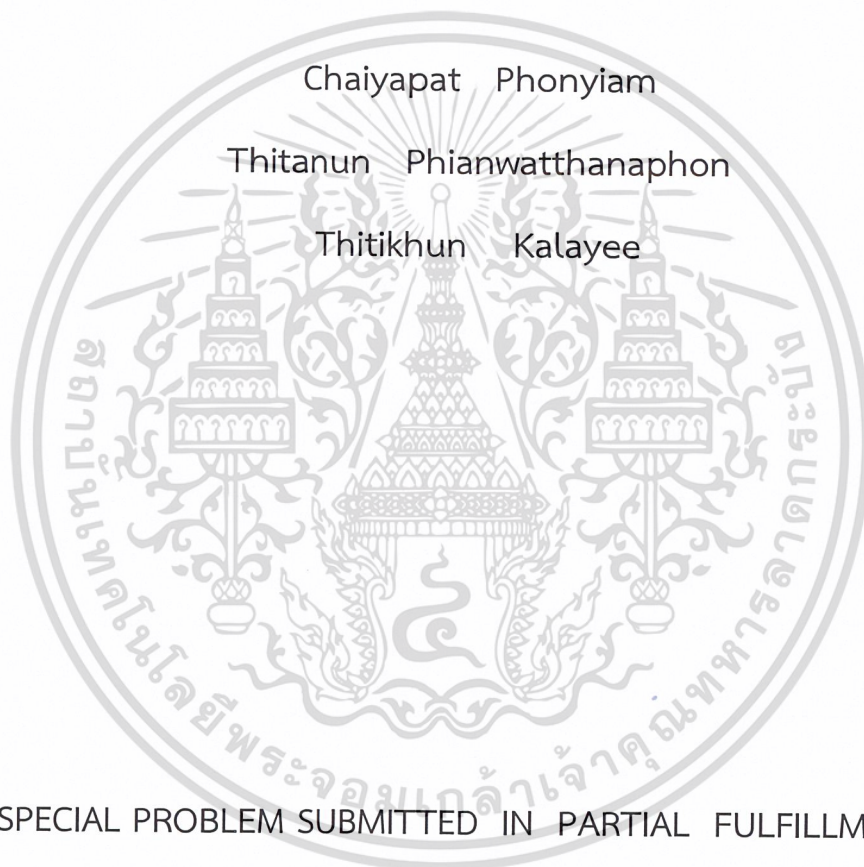
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย
Mathematical Model of Breast Cancer in Thailand



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา คณิตศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2560 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mathematical Model of Breast Cancer in Thailand



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED MATHEMATICS)
DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

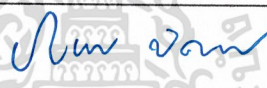
หัวข้อปัญหาพิเศษ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย
 Mathematical model of Breast cancer in Thailand

ชื่อนักศึกษา นายชัยภัทร พลเยี่ยม 57050035
 นางสาวฐิตานันท์ เพียรวัฒนผล 57050040
 นายฐิติคุณ กาลายี 57050041

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
 ภาควิชา คณิตศาสตร์
 ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พันธ์นี้ พงศ์สัมพันธ์
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สิริพร แอนน่า วินเทอร์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
 ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์
 ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.กนกนัฐฐ์ วัฒนแจ่มศรี ประธานกรรมการ	
ดร.ภูษนิศา ล้อมทอง กรรมการ	ภูษนิศา ล้อมทอง
รศ.ดร.พันธ์นี้ พงศ์สัมพันธ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.สิริพร แอนน่า วินเทอร์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย
ชื่อนักศึกษา	นายชัยภัทร พลเยี่ยม 57050035 นางสาวฐิตานันท์ เพ็ญวัฒนผล 57050040 นายฐิติคุณ กาลายี่ 57050041
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.พันธณี พงศ์สัมพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.สิริพร แชนน่า วินเทอร์

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้จัดทำโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นแนวทางในการลดแนวโน้มของจำนวนผู้หญิงที่จะป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย ผู้จัดทำได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อนำไปเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทยต่อไป การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้จากการศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งเต้านม ผู้จัดทำได้พิจารณาลักษณะการแพร่กระจายของโรค ประชากรผู้ป่วยในแต่ละภาค ช่วงอายุ การวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านม และ ระยะของโรค ตามรายปีแล้วจึงนำข้อมูลของผู้ป่วยและทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลเฉลยเชิงตัวเลขได้นำมาสร้างโดยการใช้โปรแกรม ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางการหาวิธีการลดจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย

คำสำคัญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โรคมะเร็งเต้านม

Title	Mathematical model of Breast cancer in Thailand	
Students	Mr. Chaiyapat Phonyiam	57050035
	Miss Thitanun Phianwatthanaphon	57050040
	Mr. Thitikhun Kalayee	57050041
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)	
Department	Mathematics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2560	
Advisor	Assoc.Prof.Dr.Puntani Pongsumpun	
Co-advisor	Dr.Siripawn Hananhh Winter	

Abstract

This special problem is studied with the purpose to reduce the number of women with breast cancer in Thailand. We applied mathematical knowledge to develop a mathematical model used for controlling breast cancer in Thailand. The mathematical model was developed from studying causes of breast cancer. We considered the spread of the disease, the patients in each region, age, diagnosis of breast cancer, per year. Then, the data from the study were used to build the mathematical model and the resulting numerical solutions were used to develop the model. The results of this study are beneficial for finding the alternative solution to reduce the number of patients with breast cancer in Thailand.

Keywords : Mathematical Model , Breast Cancer

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษหัวข้อ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งเต้านม สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ผู้ซึ่งอยู่เบื้องหลัง คอยอบรมสั่งสอน ให้ความอบอุ่นและเป็นกำลังใจในการจัดทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พันธณี พงศ์สัมพันธ์ และ ดร.สิริพร แชนน่า วินเทอร์ อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำหัวข้อปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมถึงการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กนกณัฐชวี วัฒนแจ่มศรี และ ดร.ภูษณิศลา ส้อมทอง อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประธานกรรมการ และกรรมการปัญหาพิเศษ ที่ได้คำแนะนำและชี้แจงจุดบกพร่องที่ควรแก้ไข ช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับปัญหาพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ในภาควิชา คณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ซึ่งให้ความรู้ทางวิชาการและความรู้อันเป็นพื้นฐาน ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ จนกระทั่งคณะผู้จัดทำมีความสามารถที่จะดำเนินปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ชัยภัทร พลเยี่ยม

ฐิตานันท์ เพ็ชรวัฒนผล

ฐิติคุณ กาลายี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่ออังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	1
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน	3
บทที่ 2 นิยาม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คำลักษณะเฉพาะ	4
2.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ	4
2.3 จาคอเบียนเมทริกซ์ (Jacobian Matrix)	5
2.4 จุดสมดุล	6
2.5 การหาผลเฉลยจุดสมดุลของระบบ	6
2.5.1 แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดไม่ต่อเนื่อง	6
2.5.2 แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดต่อเนื่อง	7
2.6 วิธีของ Routh-Hurwitz	8
2.7 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	9
2.7.1 แบบจำลอง	9
2.7.2 ประเภทของแบบจำลอง	10
2.8 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคติดเชื่อ	12
2.9 โรคมะเร็งเต้านม	16
2.9.1 สาเหตุของมะเร็งเต้านม	16
2.9.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านม	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9.4 การวินิจฉัยมะเร็งเต้านม	18
2.9.5 ระยะของมะเร็งเต้านม	19
2.9.6 การรักษามะเร็งเต้านม	20
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	23
3.1.1 แบ่งตามแต่ละภาคของประเทศไทย 4 ภาคและกรุงเทพมหานคร	23
3.1.2 แบ่งตามวิธีวินิจฉัย	26
3.1.3 แบ่งตามอายุ	29
3.1.4 แบ่งตามระยะของโรค	32
3.1.5 แบ่งตามวิธีการรักษา	34
3.2 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย	39
3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	42
3.4 จุดสมมูล	50
3.5 ความเสถียรของจุดสมมูล	52
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	68
4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข	68
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Mathematica	71
บทที่ 5 สรุปผลการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ	100
5.1 สรุปผลงานวิจัย	100
5.2 ข้อเสนอแนะ	101
เอกสารอ้างอิง.....	102
ภาคผนวก.....	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variables) ของแบบจำลอง SIRS	13
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลอง SIRS	13
ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variables) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	39
ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	40
ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปร (variables) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	68
ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	69
ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม	81



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	9
รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้	10
รูปที่ 2.3 โมเดลเชิงกายภาพ	11
รูปที่ 2.4 โมเดลเชิงภาพเคลื่อนไหว	11
รูปที่ 2.5 แบบจำลอง SIRS	13
รูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.3)	14
รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.4)	14
รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.5)	15
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมตามแต่ละภาค	24
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามวิธีวินิจฉัย	26
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามอายุ	29
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามอายุ 0-49 และ 50 ปีขึ้นไป	30
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแบ่งตามระยะโรค	32
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแบ่งตามวิธีการรักษา	35
รูปที่ 3.7 แบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย	41
รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.1)	43
รูปที่ 3.9 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.2)	44
รูปที่ 3.10 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.3)	45
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.4)	45
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.5)	46
รูปที่ 3.13 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.6)	47
รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.7)	47
รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.8)	48
รูปที่ 3.16 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.9)	49
รูปที่ 3.17 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.10)	49
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี	71
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี	72
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้	73
หรือไม่ได้รับการรักษา	
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้	74
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี	75
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังประชาชน
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปี	92
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปี	92
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา	93
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้	94
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี	94
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม ตั้งแต่อายุ 0-50 ปี	95
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม ตั้งแต่อายุ 0-50 ปี	95
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้ได้รับการรักษา	96
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปีที่รักษาได้	96
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี	97
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุมากกว่า 50 ปี	97
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปี	98
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้ได้รับการรักษา	98
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้	99
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่พบมากที่สุดในเพศหญิงและมีโอกาสพบผู้ป่วยมากขึ้นตามอายุที่มากขึ้นของแต่ละบุคคล โดยประมาณกว่า 90% จะพบผู้หญิงที่อายุมากกว่า 40 ปี ได้ในสตรีตั้งแต่วัยสาวจนถึงวัยชรา โดยเฉพาะผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป

มะเร็งเต้านมเป็นโรคเรื้อรังที่บั่นทอนสุขภาพกายและสุขภาพจิตของผู้หญิงเป็นอย่างมาก และเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก จากสถิติขององค์การอนามัยโลก ในปี ค.ศ. 2012 พบผู้ป่วยที่เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งจำนวน 8.2 ล้านราย และเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านม 521,000 ราย ในประเทศไทยโรคมะเร็งเต้านมพบมากเป็นอันดับ 1 ของโรคมะเร็งในสตรีไทย จากข้อมูลทะเบียนโรคมะเร็งของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ในปีพ.ศ. 2554 โรคมะเร็งเต้านมพบมากเป็นอันดับ 1 โดยพบประมาณร้อยละ 37.5 ของโรคมะเร็งในเพศหญิง และพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นและสถิติโรงพยาบาลศิริราชในปี พ.ศ. 2549-2551 พบจำนวน 841, 1004, 1122 รายต่อปี ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมมีแนวโน้มมากขึ้นทุกปี ซึ่งสาเหตุการเกิดมะเร็งเต้านมยังไม่ทราบแน่ชัด ทำให้การป้องกันการเกิดมะเร็งเต้านมทำได้ยากโดยพบว่าผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม ระยะที่ 1 ร้อยละ 23.5, ระยะที่ 2 ร้อยละ 30.4, ระยะที่ 3 ร้อยละ 27.5, ระยะที่ 4 ร้อยละ 10.9 และ ไม่ทราบระยะ ร้อยละ 7.7 ของผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม จะเห็นได้ว่ามีจำนวนผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ตรวจพบในระยะที่ 1, 2 และระยะที่ 3 อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้นำปัญหานี้มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์การเกิดโรคมะเร็งเต้านม (Breast cancer) ในประเทศไทยและเป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันการเกิดโรคมะเร็งเต้านม (Breast cancer)

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

- 1) เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มลดของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามภาค ตามวิธีวินิจฉัย ตามช่วงอายุ ตามระยะของโรค และตามวิธีการรักษา
- 2) เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรค แล้วยังใช้เป็นตัวบ่งชี้วัดจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี อีกทั้งเป็นแนวทางหาวิธีการป้องกันโรคและลดจำนวนผู้ป่วยต่อปี

1.3 ขอบเขตของปัญหา

วิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามแต่ละภูมิภาค ตามวิธีวินิจฉัย ตามการแพร่กระจายของโรค ตามช่วงอายุ และตามวิธีการรักษา เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

- 1) ค้นคว้าหาข้อมูลการเกิดโรคมะเร็งเต้านม
- 2) รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดโรคมะเร็งเต้านม
- 3) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการเกิดโรคมะเร็งเต้านม
- 4) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 5) วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ว่าสามารถใช้ได้จริงหรือไม่
- 6) ทดสอบแบบจำลองที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่
- 7) พัฒนาแบบจำลองที่ได้ใหม่ ถ้าแบบจำลองไม่เหมาะสม
- 8) สรุปผลที่ได้จากแบบจำลองและเสนอแนะแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อลดความเสี่ยงของประชากรไทยในการเป็นโรคมะเร็งเต้านม
- 2) ช่วยลดงบประมาณของประเทศในการป้องกันการติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม
- 3) เป็นแนวทางควบคุมการระบาดของโรคมะเร็งเต้านม

1.6 ระยะเวลาดำเนินงาน

จากเดือนเมษายน 2560 – พฤษภาคม 2561

ขั้นตอนการดำเนินงาน/ระยะเวลา	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
หาหัวข้อปัญหาพิเศษ	←→													
ค้นคว้าหาข้อมูลของปัญหาพิเศษ			←→											
เก็บรวบรวมข้อมูล			←→											
วิเคราะห์ข้อมูลสถิติของโรค				←→										
ค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง				←→										
สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์						←→								
วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆในการเกิดโรค						←→								
ทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลจริง							←→							
พัฒนาแบบจำลองให้เหมาะสม								←→						
สรุปผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง									←→					
จัดทำรายงานการทดสอบแบบจำลอง									←→					
จัดทำรูปเล่มรายงานที่สมบูรณ์											←→			
ตรวจสอบรูปเล่มรายงานปัญหาพิเศษ												←→		

บทที่ 2

นิยาม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ค่าลักษณะเฉพาะ

กำหนดให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ สมมติว่ามีเวกเตอร์ x ใน R^n และจำนวนจริง λ ที่ทำให้

$$Ax = \lambda x \quad (2.1)$$

จะเรียกค่า λ ว่าค่าเฉพาะของ A (Eigenvalue of A) และเรียกเวกเตอร์ x ว่าเวกเตอร์เฉพาะของ A ที่สมนัยกับ λ (Eigenvector of A corresponding to λ)

สมการ (2.1) สามารถเขียนใหม่ได้คือ $(A - \lambda I)x = 0$

ดังนั้นสมการ $|A - \lambda I|x = 0$ จะเป็นพหุนามดีกรี ซึ่งเรียกสมการนี้ว่า สมการพหุนามลักษณะเฉพาะ (Characteristic equation) เรียกพหุนาม $P(\lambda) = |A - \lambda I|$ ว่า พหุนามลักษณะเฉพาะ (Characteristic polynomial)

พหุนาม $P(\lambda)$ เป็นพหุนามดีกรี n ดังนั้นจะมีรากทั้งหมด n ราก ซึ่งบางรากอาจจะเป็นรากเชิงซ้อน แม้ว่าค่าสมาชิกของ A จะมีค่าเป็นจำนวนจริงทั้งหมด

รากของ $P(\lambda)$ เรียกว่า ค่าเฉพาะของเมทริกซ์ A

เมื่อทราบค่า ที่เป็นค่าเฉพาะแล้วจะสามารถหาเวกเตอร์เฉพาะที่สมนัย กับค่าเฉพาะนั้นๆ ได้จากการแก้ระบบสมการ

$$(A - \lambda I)x = 0$$

โดยทั่วไปแล้ว ถ้า $n \geq 4$ เราจะไม่หาค่าเฉพาะด้วยการแก้สมการ เพราะต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก หรือไม่ก็ทำไม่ได้เลย

2.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ

นิยาม 2.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ (characteristic polynomial) ของเมทริกซ์ A ขนาด $n \times n$ กำหนดโดย

$$c_A(x) = \det(xI - A)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีบท 2.1 ให้ เมทริกซ์ A ขนาด $n \times n$ ค่าลักษณะเฉพาะของ A เป็นรากที่เป็นจำนวนจริงของพหุนามลักษณะเฉพาะของ A นั่นคือ มีจำนวนจริง λ ที่สอดคล้องกับสมการ

$$c_A(\lambda) = \det(xI - A)$$

เรียกสมการนี้ว่า สมการลักษณะเฉพาะ (characteristic equation)

เมื่อ I เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ ขนาด $n \times n$

2.3 จาโคเบียนเมทริกซ์ (Jacobian Matrix)

สมมติให้ $f_1(x, y)$ และ $f_2(x, y)$ เป็นฟังก์ชันของตัวแปรอิสระ x และ y เมื่อ เมทริกซ์จาโคเบียน นิยามโดย $J(x, y)$ คือ

$$J(x, y) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} \end{bmatrix}$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้า $f_1(x, y, z)$, $f_2(x, y, z)$ และ $f_3(x, y, z)$ เป็นฟังก์ชันของตัวแปรอิสระ x, y และ z เมื่อเมทริกซ์จาโคเบียนขนาด 3×3 นิยามโดย $J(x, y, z)$ คือ

$$J(x, y, z) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} & \frac{\partial f_1}{\partial z} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} & \frac{\partial f_2}{\partial z} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x} & \frac{\partial f_3}{\partial y} & \frac{\partial f_3}{\partial z} \end{bmatrix}$$

นิยาม ให้ $x = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]^T$ และ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเวกเตอร์ของ x โดยที่ $f(x) = [f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_m(x)]^T$ ดังนั้นอนุพันธ์ของ $f(x)$ เทียบกับ x จะเรียกว่า จาโคเบียนเมทริกซ์ (Jacobian matrix) หรือ จาโคเบียนของ $f(x)$ นิยามโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_3} & \ddots & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

2.4 จุดสมดุล

นิยาม 2.3 จุด $x_e \in \mathbb{R}^n$ เป็นจุดสมดุล (Equilibrium point) ของ

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x)$$

เมื่อ $f(t, x_e) = 0$ สำหรับทุกๆ $t \geq t^*$ แสดงว่า X_e เป็นจุดสมดุลของ $f(t, x)$ ที่ t^*

นิยาม 2.4 ความเสถียรของจุดสมดุล (Stable of equilibrium point) พิจารณาจากค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ที่ได้จากการหา $\det(\lambda I - J_f) = 0$ ดังนี้

- (1) ถ้าค่าลักษณะเฉพาะ λ แต่ละตัวมีเครื่องหมายเป็นลบ แล้วจะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นมีความเสถียร (stable)
- (2) ถ้าค่าลักษณะเฉพาะ λ แต่ละตัวมีเครื่องหมายต่างกัน แล้วจะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นเป็นจุดอานม้า (saddle point)
- (3) ถ้าค่าลักษณะเฉพาะ λ แต่ละตัวมีเครื่องหมายเป็นบวก แล้วจะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นไม่มีความเสถียร (unstable)

2.5 การหาผลเฉลยจุดสมดุลของระบบ

2.5.1 แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดไม่ต่อเนื่อง

สมการผลต่างไม่เชิงเส้น คือ สมการที่อยู่ในรูปของ

$$x_{n+1} = f(x_n, x_{n-1}, \dots)$$

เมื่อ x_n คือ ค่าของ x ในลำดับที่ n และ f เป็นฟังก์ชันของการทำซ้ำๆ กัน ผลเฉลยจุดสมดุลของระบบ ซึ่งเมื่อ \bar{x} ถูกกำหนดให้ค่าสัมพัทธ์ได้อย่างชัดเจน คือ

$$x_{n+1} = x_n = \bar{x}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงในลำดับที่ n ถึงลำดับที่ $n + 1$ จากสมการที่อยู่ในรูป

$x_{n+1} = f(x_n)$ จะได้รูปแบบ ความสัมพันธ์ที่เข้าใจได้ง่ายขึ้นอีก คือ

$$\bar{x} = f(\bar{x})$$

และนำมาอ้างอิงเช่นเดียวกับจุดตรึง (Fixed point) ของฟังก์ชัน f

นิยาม 2.5 จุด x เป็นจุดตรึง (Fixed point) ของฟังก์ชัน f ก็ต่อเมื่อ $f(x) = x$

2.5.2 แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดต่อเนื่อง

การหาจุดสมดุลของระบบสมการ หาได้โดยพิจารณาแบบจำลองที่มีรูปแบบดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= F_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= F_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= F_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \end{aligned}$$

ซึ่ง $\frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt}$ (2.2)

ผลเฉลยจุดสมดุลของระบบสมการนี้ สามารถหาได้จากการจัดให้สมการทุกสมการของ (2.2) เท่ากับ ศูนย์ นั่นคือ

$$\frac{dx_1}{dt} = F_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0$$

$$\frac{dx_2}{dt} = F_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0$$

⋮

$$\frac{dx_n}{dt} = F_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วิธีของ Routh-Hurwitz

จากสมการลักษณะเฉพาะ

$$\lambda^k + a_1 \lambda^{k-1} + a_2 \lambda^{k-2} + \dots + a_k = 0$$

กำหนดให้เมทริกซ์ k ดังนี้

$$H_1 = (a_1), H_2 = \begin{pmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{pmatrix}, H_3 = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ a_5 & a_4 & a_3 \end{pmatrix}, \dots$$

$$H_j = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & \dots & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{2j-1} & a_{2j-2} & a_{2j-3} & a_{2j-4} & \dots & a_j \end{pmatrix} \dots H_k = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & a_k \end{pmatrix}$$

โดยที่ (l, m) ในเมทริกซ์ H_j คือ

a_{2l-m} สำหรับ $0 < 2l - m < k$

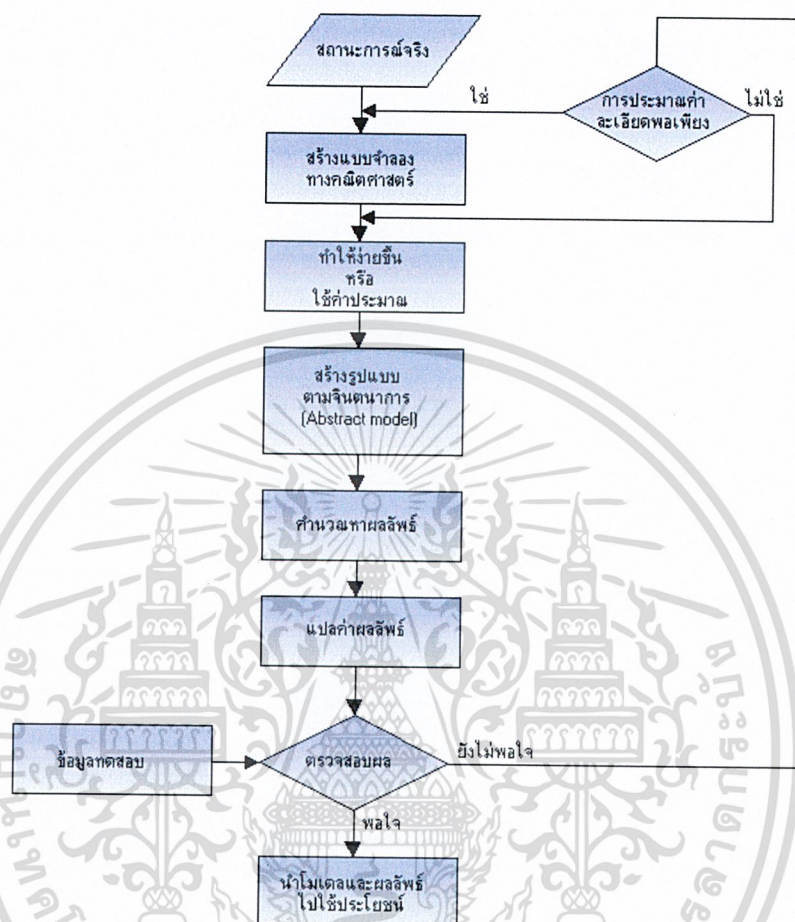
1 สำหรับ $2l = m$

0 สำหรับ $2l < m$ หรือ $2l > k + m$

แล้ว eigenvalue จะมีค่าจำนวนจริงที่ติดลบ นั่นคืออยู่ในสภาวะสมดุล ถ้าดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ทั้งหมดมีค่าเป็นบวก $\det H_j > 0$ ($j = 1, 2, \dots, k$)

2.7 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการใช้เพื่อที่จะหาคำตอบ หรือทดลองเพื่อให้ได้คำตอบ



รูปที่ 2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ที่มา : https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet2/knowledge_math/cr_model_math.htm

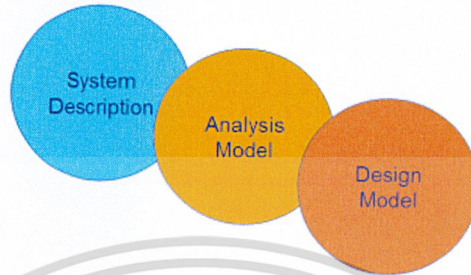
2.7.1 แบบจำลอง

โมเดลหรือแบบจำลอง (Model) คือ สิ่งที่มีมนุษย์ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้แทนของจริง เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา สามารถทำความเข้าใจการทำงานของระบบจริงได้ง่ายกว่าศึกษาจากระบบจริงโดยตรง

แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างบุคคลทุกฝ่ายมีความถูกต้องตรงกันมากขึ้น เนื่องจากแบบจำลองประกอบไปด้วยรูปภาพสัญลักษณ์ต่างๆมากมายที่จะเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นการทำงานของระบบ หรือแสดงให้เห็นหน้าที่ของระบบ รวมถึงโครงสร้าง และ ส่วนประกอบต่างๆ แบบจำลองเป็นสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ทั้งในด้านระบบ

และซอฟต์แวร์ สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการของระบบในด้านต่างๆ ได้อย่างชัดเจนว่าทำหน้าที่อะไรหรือไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอย่างไร และเนื่องจากเอกสารข้อกำหนดความต้องการเป็นเครื่องมือที่ผู้ใช้หรือลูกค้านำมาประเมินระบบหรือซอฟต์แวร์เพื่อพิจารณายอมรับให้นำมาใช้งานได้ ดังนั้น ข้อกำหนดความต้องการหรือรายละเอียดของระบบ (System Description) แบบจำลองการวิเคราะห์ (Analysis Model) และแบบจำลองของการออกแบบ (Design Model) จึงมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ดังรูป



รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

2.7.2 ประเภทของแบบจำลอง

โดยทั่วไปสามารถแบ่งโมเดลตามลักษณะที่แตกต่างกันได้ 5 แบบ

1. โมเดลเชิงแนวคิด (Conceptual Model)

เป็นแบบจำลองความคิด ซึ่งแสดงแนวคิดของระบบหรือกระบวนการโดยใช้ ภาพเขียน หรือ ภาพวาด แสดงโครงสร้างของระบบ

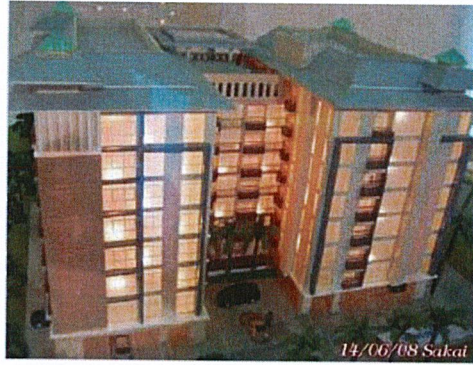
2. โมเดลเชิงกายภาพ (Physical Model) คือแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้เห็นรูปทรง รูปร่างทางกายภาพ

-ใช้มาตราส่วนที่ย่อขนาด จากจริงในกรณีที่มีจริงมีขนาดใหญ่

-ใช้มาตราส่วนขยายใหญ่ จากของจริงในกรณีที่มีจริงมีขนาดเล็กมาก

-แบบจำลองทางกายภาพอาจมีลักษณะที่ ึ่งไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ หรือ อาจทำให้เคลื่อนไหวได้เหมือนของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



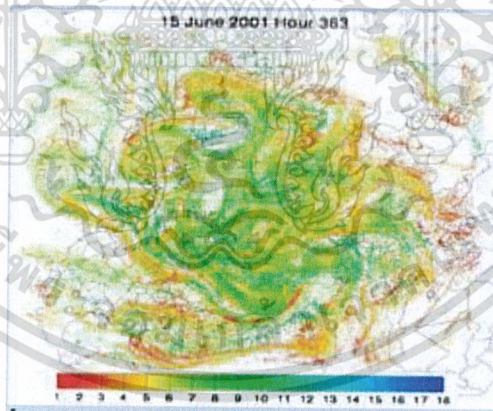
รูปที่ 2.3 โมเดลเชิงกายภาพ

ที่มา : <https://pirun.ku.ac.th/~fengwks/SD/2model.pdf>

3. โมเดลเชิงคณิตศาสตร์และสถิติ (Mathematical and statistical Model)

โมเดลทางสถิติ (Statistical models) เป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วยสมการสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบ เหมือนกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่จะต่างกันตรงที่ทางสถิตินี้ จะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความผันแปร หรือความแตกต่างของปรากฏการณ์ และมุ่งเน้นที่จะอธิบายองค์ประกอบของความผันแปร

4. โมเดลเชิงภาพเคลื่อนไหว (Visualization Model)



รูปที่ 2.4 โมเดลเชิงภาพเคลื่อนไหว

ที่มา : <https://pirun.ku.ac.th/~fengwks/SD/2model.pdf>

โมเดลทางภาพ คือ แบบจำลองที่มีระบบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการทำงานของระบบต่างๆ ให้เกิดเป็นภาพเคลื่อนไหวหลายมิติเช่น โมเดลแสดงการทำงานของระบบหัวใจ โมเดลการเคลื่อนที่ของลมและการทำนายสภาพภูมิอากาศ ประโยชน์ของโมเดลประเภทนี้คือทำให้เข้าใจข้อมูล หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าใจระบบที่มีการทำงานสลับซับซ้อนนอกจากนี้เทคโนโลยีการสร้างภาพยังสามารถสร้างภาพในส่วนที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา เช่น การไหลเวียนของเลือดในหัวใจ

5. โมเดลเชิงซิมูเลชัน เป็นโมเดล Computer Simulation Model คือสามารถคำนวณการทำงานของระบบในคอมพิวเตอร์ได้

การทำงานของโมเดลสามารถอธิบายด้วยผังภาพ 3 ลักษณะ คือ

- 1) อธิบายด้วยผังวงจรย้อนกลับ (Feedback loop)
- 2) อธิบายด้วยผังการไหลของระบบ (Flow diagram)
- 3) อธิบายด้วยผังรูปดาว (Bull diagram)

2.8 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคติดเชื้อ

การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ จะแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- (1) กลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ (Susceptible) แทนด้วย S
- (2) กลุ่มติดเชื้อ (infected) แทนด้วย I
- (3) กลุ่มฟื้นไข้หรือกลุ่มที่ได้รับการรักษาหรือกลุ่มที่หายป่วย (Recovered) แทนด้วย R

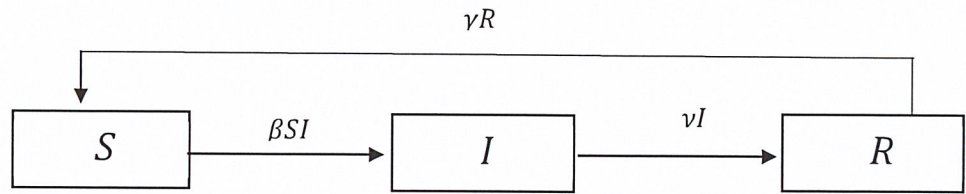
เมื่อกำหนดให้จำนวนประชากรทั้งหมดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ณ เวลา $t = 0$ เริ่มมีการติดเชื้อภายในกลุ่มประชากรทั้ง 3 กลุ่ม จากนั้นเชื้อจะแพร่กระจายออกไปภายในกลุ่มประชากรเป็นการแพร่กระจายจากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง แบบจำลองนี้สมมติให้เวลาที่ใช้ในการฟักตัวของโรคมีน้อยมากจนไม่ต้องคำนึงถึง นั่นคือ เมื่อประชากรในกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อและได้รับเชื้อ แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นผู้ป่วยที่เป็นโรคทันที โดยไม่ต้องรอการแสดงอาการของโรค ซึ่งแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อมีรูปแบบคือ

แบบจำลอง SIRS

แบบจำลอง SIRS นี้เป็นแบบจำลองที่ไม่ขึ้นกับเวลา (discrete model) เพราะเป็นระยะเวลาสั้นๆ จะไม่คำนึงถึงอัตราการเกิดและอัตราการเสียชีวิต แบบจำลองนี้จะแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ แทนด้วย S กลุ่มติดเชื้อแทนด้วย I และกลุ่มที่หายป่วยแทนด้วย R

โรคติดเชื้อที่มีแบบจำลองลักษณะนี้ คือ เมื่อเป็นโรคนี้แล้วจะสามารถกลับมาเป็นได้อีก เช่น โรคไข้หวัด โรคไข้มาลาเรีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แบบจำลอง SIRS

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variables) ของแบบจำลอง SIRS

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
S	จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ	คน
I	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้	คน
R	จำนวนประชากรที่หายป่วย (ได้รับการรักษา) จากการติดเชื้อ	คน
N	จำนวนประชากรทั้งหมด = $S + I + R$	คน

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลอง SIRS

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
β	อัตราการติดเชื้อ	ต่อคนต่อวัน
ν	อัตราการหายป่วย	ต่อคนต่อวัน
γ	อัตราเสี่ยงที่จะติดเชื้อ	ต่อคนต่อวัน

คำอธิบายแบบจำลอง SIRS

จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจะลดจำนวนลง แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อ ทำให้ประชากรที่ติดเชื้อมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อได้รับการรักษา ทำให้มีจำนวนลดลง แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่หายป่วย และส่งผลให้กลุ่มผู้ที่หายป่วยมีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มที่หายป่วยสามารถกลับมาเป็นผู้เสี่ยงที่จะติดเชื้อได้อีก

จากแบบจำลอง สามารถเขียนสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = \gamma R - \beta SI \quad (2.3)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \nu I \quad (2.4)$$

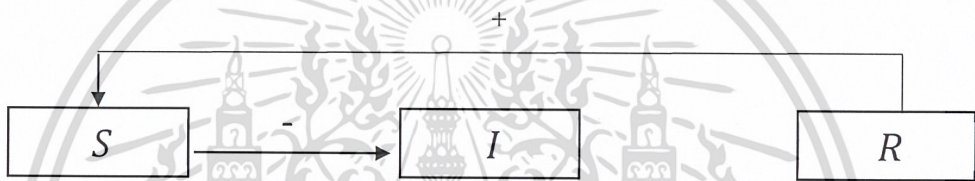
$$\frac{dR}{dt} = \nu I - \gamma R \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยกำหนดให้ $N = S + I + R$ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เนื่องจากสมการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มประชากร=สิ่งที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของประชากร - สิ่งที่มีผลต่ออัตราการลดของประชากร

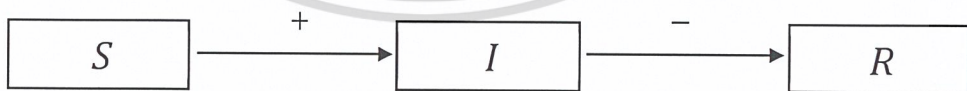
อธิบายความหมายแต่ละสมการของแบบจำลอง SIRS ได้ดังนี้

1.สมการ (2.3) $\frac{dS}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ โดยที่ $+ \gamma R$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ S เพราะกลุ่มที่หายป่วย R สามารถกลับมาเป็นผู้เสี่ยงที่จะติดเชื้อ S ได้อีก ด้วยอัตราการเสี่ยงที่จะติดเชื้อ γ ในขณะที่ $-\beta SI$ หมายถึง การลดลงของประชากรกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ S เพราะติดเชื้อมีอัตรา β จะสังเกตได้ว่าผลของการติดเชื้อนี้ขึ้นอยู่กับผลคูณของ S และ I ซึ่งแสดงถึงการที่ผู้รับเชื้อและแพร่เชื้อจะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ S และเครื่องหมาย $-$ แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ S ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.3)

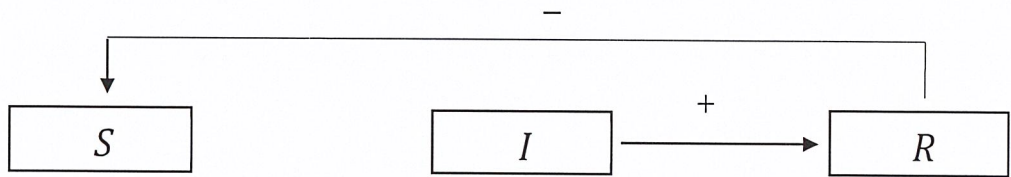
2. สมการ (2.4) $\frac{dI}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ โดยที่ $+\beta SI$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มที่ติดเชื้อ I ซึ่งเปลี่ยนมาจากกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ S ในขณะ $-\nu I$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มที่ติดเชื้อ I เพราะหายป่วยด้วยอัตรา ν แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่มที่หายป่วย R ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ I และเครื่องหมาย $-$ แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ I ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.4)

3.สมการ (2.5) $\frac{dR}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายป่วย โดยที่ $+\nu I$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มที่หายป่วย R ซึ่งเปลี่ยนมาจากกลุ่มที่ติดเชื้อ I ในขณะ $-\gamma R$ หมายถึง การลดลงของประชากรกลุ่มที่หายป่วย R เพราะกลุ่มที่หายป่วย R สามารถกลับมาเป็นผู้เสี่ยงที่จะติดเชื้อ S ได้อีก ด้วยอัตราการเสี่ยงที่จะติดเชื้อ γ ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึง อัตราการ

เพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วย R และเครื่องหมาย $-$ แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วย R ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง SIRS ของสมการ (2.5)

นำสมการ (2.3) – (2.5) มาหาจุดสมดุล ดังนี้

ให้ (S^*, I^*, R^*) เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ

$$\gamma R^* - \beta S^* I^* = 0 \quad (2.6)$$

$$I^*(\beta S^* - \nu) = 0 \quad (2.7)$$

$$\nu I^* - \gamma R^* = 0 \quad (2.8)$$

จาก (2.8) จะได้ว่า $I^* = \frac{\gamma R^*}{\nu}$

แทนค่า $I^* = \frac{\gamma R^*}{\nu}$ ใน (2.7) จะได้

$$\frac{\gamma R^*}{\nu} (\beta S^* - \nu) = 0$$

จะได้ว่า

$$\gamma R^* = 0 \text{ หรือ } \beta S^* - \nu = 0$$

$$R^* = 0 \text{ หรือ } S^* = \frac{\nu}{\beta}$$

กรณีที่ 1 แทนค่า $R^* = 0$ ใน (2.6)

$$\text{จะได้ว่า } \nu(0) - \beta S^* I^* = 0$$

$$-\beta S^* I^* = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I^* = 0$$

$$\text{จาก } N = S^* + I^* + R^*$$

$$\text{จะได้ } N = S^*$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 แทนค่า $S^* = \frac{v}{\beta}$ ใน (2.6)

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

$$\gamma R^* - v I^* = 0$$

$$\text{ดังนั้น } I^* = \frac{\gamma R^*}{v}$$

$$\text{จาก } N = S^* + I^* + R^*$$

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

$$\text{ดังนั้น } R^* = N - \frac{v}{\beta} - \frac{\gamma R^*}{v}$$

ดังนั้นจะได้จุดสมดุล (S^*, I^*, R^*) ดังนี้

จากกรณีที่ 1 $R^* = 0$ คือ $(S^*, I^*, R^*) = (N, 0, 0)$

จากกรณีที่ 2 $S^* = \frac{v}{\beta}$ คือ $(S^*, I^*, R^*) = \left(\frac{v}{\beta}, \frac{\gamma R^*}{v}, N - \frac{v}{\beta} - \frac{\gamma R^*}{v}\right)$

2.9 โรคมะเร็งเต้านม

2.9.1 สาเหตุของมะเร็งเต้านม

ในปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปแน่นอนถึงสาเหตุของมะเร็งเต้านม แต่พบปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคได้มากขึ้น บางปัจจัยสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา แต่บางปัจจัยไม่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคมะเร็งเต้านมได้ ดังนี้

เพศ - เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดมะเร็งเต้านม โดยจะพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เนื่องจากเพศหญิงมีฮอร์โมนเอสโตรเจนและฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของเต้านม

อายุ - อายุที่เพิ่มมากขึ้นยิ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม โดยเฉพาะผู้ที่มียุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป

พันธุกรรม - ผู้หญิงส่วนใหญ่ที่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งเต้านมหรือมะเร็งรังไข่ มีโอกาสพัฒนาการเป็นมะเร็งเต้านมได้สูงกว่าผู้หญิงที่ไม่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งชนิดนี้

เชื้อชาติ - มะเร็งเต้านมมักพบในคนเชื้อชาติในประเทศตะวันตกมากกว่าเอเชีย

มีประวัติเคยเป็นมะเร็งเต้านมมาก่อน - ผู้ป่วยที่เคยเป็นมะเร็งเต้านมข้างใดข้างหนึ่งมาก่อนมีโอกาสในพัฒนาการเกิดมะเร็งกับเต้านมอีกข้างมากขึ้น หรืออาจเกิดกับเต้านมข้างเดิมได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงอายุของการมีประจำเดือนนาน - ผู้ที่มีประจำเดือนก่อนอายุ 12 ปี หรือหมดประจำเดือนหลังอายุ 55 ปี มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมได้ง่ายขึ้น เป็นผลมาจากการได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) และโปรเจสเตอโรน (Progesterone) ที่มีผลต่อการพัฒนาเต้านมเป็นระยะเวลานาน

พฤติกรรมและสิ่งแวดล้อม - พฤติกรรมที่ทำร้ายสุขภาพและสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนกับสารเคมีอาจเป็นปัจจัยเสริมในการเกิดมะเร็งเต้านมได้ เช่น การสูบบุหรี่ ไม่ออกกำลังกาย กินอาหารไขมันสูง รวมทั้งการทำงานเกี่ยวข้องกับสารเคมี เป็นต้น

สาเหตุอื่น เช่น การใช้ฮอร์โมนเพศหญิงทดแทนหลังหมดประจำเป็นเวลานาน ความผิดปกติหรือการกลายพันธุ์ของยีน มีปัญหาน้ำหนักเกิน มีบุตรหลังอายุ 30 ปี หรือไม่เคยมีบุตร ผู้ที่ไม่ได้เลี้ยงบุตรด้วยการให้นมด้วยตนเอง อาจมีความเสี่ยงจากการได้รับฮอร์โมนเพศหญิงเช่นเดียวกับผู้ที่มีช่วงอายุของการมีประจำเดือนนาน

2.9.2 ปัจจัยเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านม

- อายุ ในผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 50 ปีจะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น
- มีประวัติการเป็นมะเร็งเต้านม โดยผู้ป่วยที่เกิดมะเร็งเต้านมขึ้นที่ข้างหนึ่งมีความเสี่ยง 3-4 เท่าในการที่จะเกิดก้อนมะเร็งขึ้นที่เต้านมอีกข้าง
- มีประวัติการเป็นมะเร็งรังไข่ เนื่องจากการเป็นมะเร็งรังไข่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสฮอร์โมน จึงเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านม
- มีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งเต้านม จะเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งเต้านมเพิ่มขึ้น
- การกลายพันธุ์ของยีน BRCA1 หรือ BRCA2 มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านม และการมีประวัติมะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ ในครอบครัวตั้งแต่อายุน้อย
- การสัมผัสกับฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิงที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางเพศ โดยพบว่าการสัมผัสกับเอสโตรเจนเป็นเวลานานจะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านม
- ลักษณะของการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น ความอ้วน ขาดการออกกำลังกาย ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การได้รับรังสีในปริมาณสูง

2.9.3 อาการของมะเร็งเต้านม

สำหรับอาการของมะเร็งเต้านมนั้น ในระยะแรกแทบไม่แสดงอาการใด ๆ แต่เมื่อเซลล์มะเร็งเริ่มแพร่กระจายหรือเจริญเติบโตขึ้นเป็นก้อนเนื้อ ผู้ป่วยสามารถสังเกตได้จากอาการดังนี้

- มีก้อนเนื้อในเต้านมหรือก้อนที่รักแร้ ซึ่งเป็นอาการที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่พบ แล้วจึงมาพบแพทย์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เต้านมมีขนาดหรือรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เกิดผื่นคันที่รักษาแล้วไม่หายขาด
- บริเวณหัวนมบวม เป็นแผล มีน้ำเหลืองหรือของเหลวสีคล้ายเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไหลออกจากเต้านมข้างเดียวและจุดเดียว
- ผิวหนังบริเวณเต้านมมีอาการบวมแดง เป็นผื่นแดง อาจเกิดการลอก ตกสะเก็ด หรือเป็นแผล มีอาการคันบริเวณหน้าอก

2.9.4 การวินิจฉัยมะเร็งเต้านม

การวินิจฉัยด้วยตนเอง

การตรวจเต้านมด้วยตนเองควรตรวจเดือนละครั้ง ตั้งแต่อายุ 20 ปีขึ้นไป ผู้หญิงที่มีอายุระหว่าง 40-69 ปี และไม่มีอาการ ควรตรวจด้วยตนเองเป็นประจำ รวมไปถึงควรเข้ารับการตรวจจากแพทย์หรือบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมด้านการตรวจเต้านมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ทั้งนี้การตรวจมะเร็งเต้านมด้วยตนเองจำเป็นต้องได้รับการสอนวิธีการตรวจอย่างถูกวิธี และช่วงเวลาที่ควรตรวจจะอยู่ในช่วงหลังหมดประจำเดือนประมาณ 3-10 วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่เต้านมไม่คัดตึงจนเกินไป สามารถตรวจได้ง่าย

การวินิจฉัยโดยแพทย์

เมื่อพบความผิดปกติของก้อนเนื้อบริเวณเต้านม แพทย์จะตรวจด้านอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนก่อนทำการรักษาขั้นต่อไป ซึ่งการเลือกใช้วิธีใดในการตรวจวินิจฉัย แพทย์จะดูอาการและสิ่งที่ตรวจพบจากการตรวจร่างกายเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจ

การตรวจเต้านมโดยแพทย์หรือบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมด้านการตรวจเต้านม สตรีที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไปควรเข้ารับการตรวจทุก 1 ปี ซึ่งอาจมีการตรวจร่วมกับการเอกซเรย์เต้านมหรือแมมโมแกรม(Mammogram) เพื่อการวินิจฉัยโรคที่แม่นยำและรวดเร็ว

อัลตราซาวด์ (Ultrasound) เป็นการตรวจด้วยการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปในเนื้อเต้านม เพื่อสร้างเป็นภาพจากการสะท้อนของคลื่นเสียงที่กระทบกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ ซึ่งสามารถตรวจแยกความแตกต่างก้อนเนื้อที่พบว่ามีลักษณะเป็นก้อนน้ำหรือเป็นก้อนเนื้อได้ จึงง่ายต่อการรักษามากขึ้น

การตรวจเอกซเรย์ด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging, MRI) เป็นการตรวจโดยใช้หลักการของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการสร้างภาพอวัยวะภายในร่างกายที่ตรวจ แพทย์อาจจะแนะนำให้มีการตรวจวิธีนี้ร่วมกับการตรวจแมมโมแกรมในกรณีที่แพทย์วินิจฉัยว่าพบความผิดปกติของยีนส์ (BRCA gene mutation) สำหรับสตรีที่มีอายุ 30 ปีขึ้นไป หรือมีประวัติการได้รับการฉายรังสีในปริมาณสูงบริเวณหน้าอกตั้งแต่อายุน้อย

การเจาะชิ้นเนื้อ (Biopsy) ด้วยการใช้เข็มเจาะก้อน เพื่อดูเซลล์ หรือตัดชิ้นเนื้อจากก้อนออกมาตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจสอบลักษณะของก้อนเนื้อ ระยะของเซลล์มะเร็ง และยังสามารถตรวจหาตัวรับฮอร์โมนในเนื้อเยื่อมะเร็ง ซึ่งอาจใช้เป็นอีกทางเลือกในการรักษาโรคด้วยการใช้ฮอร์โมนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5 ระยะของมะเร็งเต้านม

โดยทั่วไปมะเร็งเต้านมมี 4 ระยะ คือระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 4 แต่ปัจจุบันนี้ เรามักจะเพิ่มระยะที่ “ศูนย์” เข้าไปด้วย รวมแล้วเป็น 5 ระยะ คือ ระยะที่ ศูนย์ ถึง ระยะสี่ เนื่องจากปัจจุบัน ผู้หญิงมีการตรวจเช็คมะเร็งเต้านมกันบ่อยมากขึ้น ทำให้เราพบว่า มี ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่เซลล์มะเร็งเต้านมเพิ่งจะก่อตัวขึ้น ยังไม่ทันได้ลุกลามออกไปจากจุดกำเนิด ซึ่งสามารถรักษาได้ง่าย โดยการผ่าตัดเอาบริเวณนั้นออกไป ก็จะมีโอกาสหายขาดสูงมากเกือบ 100 % ยกตัวอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่มีการรณรงค์ให้ประชาชนมีการตรวจเช็คมะเร็งเต้านมกันอย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ทศวรรษ 80 เป็นต้นมา ทำให้ปัจจุบันนี้พบว่า ราวหนึ่งในสี่ หรือ 25% ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านม จะยังคงอยู่ในระยะที่ศูนย์ และให้ผลการรักษาที่ดีมากเรียกได้ว่า หายขาดเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์

ต่อไปนี้เป็นตารางแบ่งระยะของมะเร็งเต้านมอย่างสังเขป

- มะเร็งเต้านมระยะที่ 0 หรือ DCIS (Ductal Carcinoma In Situ)

เซลล์มะเร็งเพิ่งก่อตัวขึ้นจำกัดอยู่ภายในเนื้อเยื่อฐานรากยังไม่แบ่งตัวลุกลามสู่ภายนอก ขอบเขตโอกาสอยู่รอดที่ 5 ปี ประมาณ 99%

- มะเร็งเต้านมระยะที่ 1

มะเร็งมีการลุกลามออกมานอกเนื้อเยื่อฐานราก แต่ยังไม่มีการแพร่กระจายไปสู่ต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้และขนาดก้อนมะเร็งไม่เกิน 2 ซม. โอกาสอยู่รอดที่ 5 ปี ประมาณ 98%

- มะเร็งเต้านมระยะที่ 2

ก้อนมะเร็งขนาดเกิน 2 ซม.แต่ไม่เกิน 5 ซม.ที่ยังไม่มีการแพร่กระจายไปสู่ต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ หรือมะเร็งขนาดเล็กไม่เกิน 2 ซม. แต่มีการแพร่กระจายไปสู่ต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้แล้ว ถ้ามะเร็งยังไม่เข้าต่อมน้ำเหลือง โอกาสอยู่รอดที่ 5 ปี ประมาณ 98%

- มะเร็งเต้านมระยะที่ 3

ก้อนมะเร็งขนาดใหญ่เกิน 5 ซม. หรือมะเร็งมีการแพร่กระจายเข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองรักแร้จำนวนหลายต่อมทั่วไปหมด โอกาสอยู่รอดที่ 5 ปี ประมาณ 84 %

- มะเร็งเต้านมระยะที่ 4

เป็นระยะสุดท้ายคือมะเร็งมีการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆ เช่น ปอด กระดูก ตับสมอง เป็นต้น โอกาสอยู่รอดที่ 5 ปี ประมาณ 24 %

2.9.6 การรักษามะเร็งเต้านม

1. การผ่าตัด

มะเร็งเต้านมเป็นโรคที่ถือว่าเป็นอันตรายคุกคามต่อชีวิต (life threatening disease) ซึ่งหมายความว่า หากไม่รักษาหรือปล่อยทิ้งไว้เฉยๆ มันจะไม่หายไปเอง แต่จะทำให้โรคนั้นเป็นมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตได้ การผ่าตัดเป็นกระบวนการแรกของการรักษามะเร็งเต้านม ที่ต้องทำตั้งแต่แรกเริ่มให้ดีที่สุด เหมาะสม กับผู้ป่วยแต่ละราย เพราะมีเช่นนั้นหากโรคกลับเป็นซ้ำขึ้นในภายหลัง จะรักษาต่อได้ยาก ได้ผลไม่ค่อยดีด้วย สุดท้ายโรคนั้นจะเป็นมากจนควบคุมไม่ได้ ในการผ่าตัด เรามีหลักการว่า เป็นการผ่าตัดกำจัดก้อนเนื้อมะเร็งและในบางครั้งรวมถึงเนื้อเยื่อที่เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งให้หมดเกลี้ยงไป ไม่ให้หลงเหลืออยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดโรครุนแรงกลับเป็นซ้ำ ขณะเดียวกันผลการผ่าตัดต้องออกมาดี ผลไม่น่าเกลียด ส่วนกรณี ผ่าตัดสงวนเต้า เต้านมต้องดู ไม่ใช่หิ้ว ไม่มีภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัด โดยต้องพิจารณาเลือกวิธีการผ่าตัดให้เหมาะกับผู้ป่วยแต่ละรายไป

2. รังสีรักษา

การฉายรังสี หรือที่มักจะเรียกกันว่าการฉายแสง เป็นประเภทหนึ่งของรังสีรักษา (radiotherapy) ที่ใช้สำหรับบำบัดรักษาโรคมะเร็ง โดยใช้รังสีพลังงานสูงฉายไปที่ตำแหน่งของเซลล์มะเร็งเพื่อทำลายกลุ่มก้อนเซลล์มะเร็งนั้น ทั้งนี้การรักษาโรคมะเร็งด้วยวิธีการฉายรังสีจะขึ้นกับระยะของโรคมะเร็ง ชนิดของโรคมะเร็ง และสุขภาพของผู้ป่วยเอง

3. เคมีบำบัด

ยาเคมีบำบัดสามารถบริหารเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยได้หลายวิธี ได้แก่

- เคมีบำบัดชนิดรับประทาน ยาเคมีบำบัดบางชนิดอาจไม่สามารถรับประทานได้ เนื่องจากระบบทางเดินอาหารดูดซึมไม่ดี หรือยามีการระคายเคืองระบบทางเดินอาหารมาก ทำให้ผู้ป่วยมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน หรือท้องเสียได้
- เคมีบำบัดชนิดฉีดเข้าหลอดเลือดดำ เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากช่วยให้ยาสามารถกระจายไปทั่วร่างกายได้รวดเร็ว
- เคมีบำบัดชนิดฉีดเข้ากล้ามเนื้อ วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยม เพราะยาทำให้เกิดการระคายเคืองและทำลายผิวหนังและกล้ามเนื้อได้

อย่างไรก็ดี ผู้ป่วยอาจได้รับยาเคมีบำบัดหลายชนิดร่วมกัน และอาจได้รับเพียงวันเดียว หรือหลายวันติดต่อกัน หรือสัปดาห์ละครั้งก็ได้ ซึ่งแพทย์จะเป็นผู้เลือกสูตรยาและตารางการให้ยาเคมีบำบัดที่เหมาะสมกับชนิดของโรคและสภาพร่างกายของผู้ป่วย

การเลือกใช้ยาเคมีบำบัดที่ถูกต้องทั้งชนิด ปริมาณ และระยะเวลาการให้ยา มีความสำคัญต่อประสิทธิผลของการรักษาโรคมะเร็งเป็นอย่างมาก เนื่องจากยาเคมีบำบัดจัดเป็นยาอันตราย การได้รับยาในปริมาณที่มากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดอาการข้างเคียงที่รุนแรง แต่หากได้รับยาในปริมาณที่น้อยเกินไปก็อาจไม่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารทางการแพทย์ที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกสูตรยาเคมีบำบัด แพทย์จะพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของมะเร็ง ระยะของมะเร็ง อายุ ภาวะสุขภาพของผู้ป่วย โรคประจำตัว ประวัติการรักษามะเร็งในอดีต ผลข้างเคียง การออกฤทธิ์เสริมหรือต้านฤทธิ์ระหว่างยาเคมีบำบัดเมื่อใช้หลายชนิดร่วมกัน โดยผู้ป่วยอาจได้รับยาเคมีบำบัดเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิด ซึ่งการใช้ยาหลายชนิดร่วมกันจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ยาเพียงชนิดเดียว

ระยะเวลาในการรักษาด้วยเคมีบำบัดขึ้นอยู่กับชนิดของโรค ระยะของโรค และการตอบสนองต่อยา โดยปกติยาเคมีบำบัดจะให้เป็นชุด ใช้เวลา 1-5 วันต่อชุด แต่ละชุดห่างกัน 3-4 สัปดาห์ ซึ่งผู้ป่วยอาจได้รับเคมีบำบัดเฉลี่ย 6-8 ชุด (ขึ้นกับแผนการรักษาของแพทย์) โดยผู้ป่วยควรมารับยาตามนัดทุกครั้งเพื่อผลการรักษาที่ดี

4. การรักษาโดยใช้ฮอร์โมน

เราทราบกันมานานแล้วว่าการเจริญเติบโตของเต้านม รวมทั้งการทำงานของเต้านมจะขึ้นอยู่กับฮอร์โมน และก็พบต่อมาว่าการเจริญเติบโตของมะเร็งเต้านมในผู้หญิง มีส่วนหนึ่งที่ขึ้นอยู่กับฮอร์โมนเช่นกัน ฮอร์โมนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเร็งเต้านม คือ

- ฮอร์โมนเพศหญิง (เอสโตรเจน, estrogen) ซึ่งผลิตจากรังไข่ (Ovary) ในหญิงที่ยังมีประจำเดือนอยู่ และจากต่อมหมวกไต (adrenal gland) ในหญิงที่หมดประจำเดือนแล้วหรือในหญิงที่ถูกตัดรังไข่ออกไปแล้ว

- ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone) ซึ่งผลิตจากรังไข่

- ฮอร์โมนเพศชาย (แอนโดรเจน, Androgen) ผลิตจากต่อมหมวกไต

- คอติโคสเตียรอยด์ (Corticosteroid) ผลิตจากต่อมหมวกไต

- ฮอร์โมนโพรแลคติน (Prolactin) ซึ่งกระตุ้นการหลั่งน้ำนม และฮอร์โมนอีกหลายชนิด

ที่เป็นตัวควบคุมการหลั่งฮอร์โมนชนิดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด (Tropic hormone) ผลิตจากต่อมใต้สมอง (Pituitary gland)

หลักของการรักษามะเร็งเต้านม โดยวิธีการทางด้านฮอร์โมน ก็คือ หากมะเร็งเต้านมนั้นตอบสนองต่อ ฮอร์โมน คือ จะเติบโตขึ้น เมื่อได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมน เราก็ทำการรักษาโดยการลดปริมาณฮอร์โมนในร่างกายลง หรือ ใช้นยาที่เข้าไปขัดขวางการส่งสัญญาณของฮอร์โมนที่เซลล์มะเร็ง โดยทั่วไปแล้วการรักษาด้วยวิธีฮอร์โมนจะได้ผลดี ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ตรวจพบว่า เป็นเซลล์ที่มีตัวรับสัญญาณฮอร์โมนอยู่ในเซลล์ ซึ่งพบได้ประมาณ 60 - 70% ของผู้ป่วยมะเร็งเต้านมทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนสูงอายุ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามีผลแทรกซ้อนข้างเคียงน้อยกว่าการให้เคมีบำบัดมาก และวิธีการบริหารยาที่สะดวกสำหรับผู้ป่วยมากกว่าการให้เคมีบำบัด

การรักษาด้วยวิธีการทางด้านฮอร์โมน สามารถใช้ได้กับทั้งผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่ ยังมีประจำเดือนอยู่ และ หมดประจำเดือนแล้ว แต่วิธีการเลือกใช้จะแตกต่างกัน

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประคอง รัชคศิริ และคณะ (2529: 112) ได้ศึกษาผลการแนะนำสตรีเพื่อการตรวจเต้านมด้วยตนเองในสตรีที่มารับการตรวจเต้านมในคลินิกตรวจเต้านมของสถาบันมะเร็งแห่งชาติปี พ.ศ. 2526 จำนวน 306 ราย ผลการศึกษาพบว่าสตรีสามารถตรวจเต้านมตนเองได้ ร้อยละ 72.27 ไม่สามารถตรวจเองได้ ร้อยละ 1.85 ไม่แน่ใจว่าจะตรวจเองได้ถูกต้อง ร้อยละ 25.95 และสตรีเหล่านี้ได้กลับไปตรวจเต้านมด้วยตนเองประจำเดือนถึงร้อยละ 49.07 และตรวจเป็นครั้งคราวร้อยละ 44.44 สำหรับผลการตรวจเต้านมของสตรีกลุ่มนี้พบปกติร้อยละ 47.22 ผิดปกติร้อยละ 36.11 และอีกร้อยละ 14.81 ไม่แน่ใจว่าเป็นอะไรหรือไม่ สตรีเหล่านี้ได้เผยแพร่ความรู้และประสบการณ์แก่บุคคลอื่นถึงร้อยละ 85.19

พิสิษฐ์ พันธุมจินดา และศิณีนาฏ สนธิพงษ์ (2532 : 34) โรคมะเร็งเต้านมเป็นโรคเรื้อรังที่ร้ายแรง และเป็นปัญหาสาธารณสุขทั่วโลก เนื่องจากเป็นโรคที่ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยและตายเป็นจำนวนมาก ต้องใช้เวลาในการรักษาในโรงพยาบาล นานกว่าโรคอื่นๆ ทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและศักยภาพของชีวิตสูง (Year of potential life lost)

ประดิษฐ์ สินธวณรงค์ (2556) โรคมะเร็งเต้านมเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทยและเป็นโรคที่พบบ่อยเป็นอันดับสองของสตรีไทย รองจากมะเร็งปากมดลูก มีอุบัติการณ์การเกิดโรค 40.8 ต่อแสนประชากร มีอัตราการตายสูงถึง 8.4 ต่อแสนประชากร สถิติสาธารณสุขล่าสุดของสำนักนโยบายยุทธศาสตร์พบว่า ในปี พ.ศ.2554 มีสตรีป่วยเป็นมะเร็งเต้านมจำนวน 34,539 ราย เสียชีวิต 2,724 ราย เฉลี่ยวันละ 7 คน เพิ่มจากปี 2549 จำนวน 711 ราย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ผู้หญิงไทยที่มีอายุ 30 ปีขึ้นไปมีความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งเต้านมทั้งประเทศรวม 19 ล้านคน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมของประชากรในประเทศไทยที่ปรึกษาที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ในแต่ละปีตามแต่ละภาคของประเทศไทย ตามวิธีวินิจฉัย ตามอายุ ตามระยะของโรคมะเร็งเต้านม และตามวิธีการรักษาของโรคมะเร็งเต้านม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - พ.ศ. 2558 โดยนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบร้อยละของประชากรที่เป็นโรคมะเร็งเต้านม

3.1.1 แบ่งตามแต่ละภาคของประเทศไทย 4 ภาคและกรุงเทพมหานคร ดังนี้

1) ภาคเหนือ ซึ่งมีทั้งหมด 15 จังหวัด คือ 1.จังหวัดเชียงราย 2.จังหวัดเชียงใหม่ 3.จังหวัดน่าน 4.จังหวัดพะเยา 5.จังหวัดแพร่ 6.จังหวัดแม่ฮ่องสอน 7.จังหวัดลำปาง 8.จังหวัดลำพูน 9.จังหวัดอุตรดิตถ์ 10.จังหวัดพิษณุโลก 11.จังหวัดสุโขทัย 12.จังหวัดตาก 13.จังหวัดกำแพงเพชร 14.จังหวัดนครสวรรค์ และ 15.จังหวัดพิจิตร

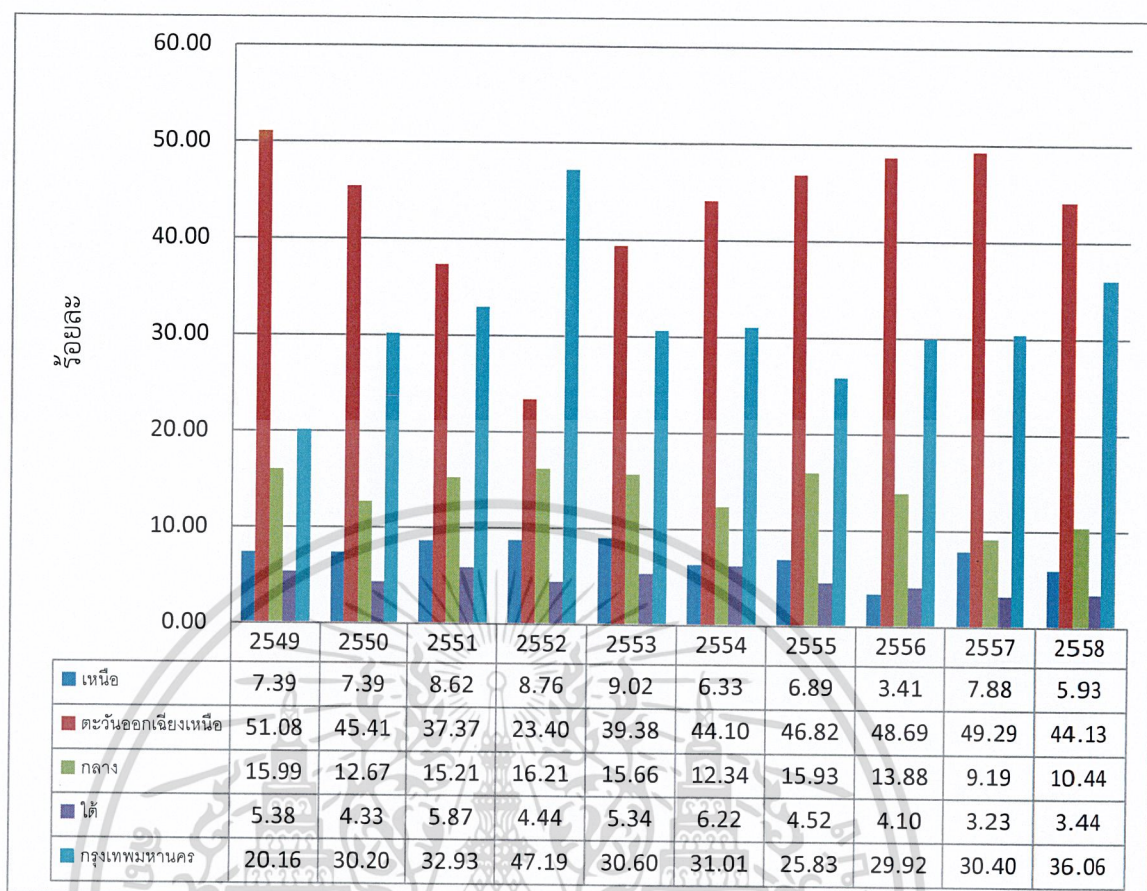
2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีทั้งหมด 21 จังหวัด คือ 1.จังหวัดกาฬสินธุ์ 2.จังหวัดขอนแก่น 3.จังหวัดชัยภูมิ 4.จังหวัดนครพนม 5.จังหวัดนครราชสีมา 6.จังหวัดบุรีรัมย์ 7.จังหวัดมหาสารคาม 8.จังหวัดมุกดาหาร 9.จังหวัดยโสธร 10.จังหวัดร้อยเอ็ด 11.จังหวัดเลย 12.จังหวัดสกลนคร 13.จังหวัดสุรินทร์ 14.จังหวัดศรีสะเกษ 15.จังหวัดหนองคาย 16.จังหวัดหนองบัวลำภู 17.จังหวัดอุดรธานี 18.จังหวัดอุบลราชธานี 19.จังหวัดอำนาจเจริญ 20.จังหวัดเพชรบูรณ์ และ 21.จังหวัดบึงกาฬ

3) ภาคกลาง ซึ่งมีทั้งหมด 26 จังหวัด คือ 1.จังหวัดอุทัยธานี 2.จังหวัดชัยนาท 3.จังหวัดสิงห์บุรี 4.จังหวัดอ่างทอง 5.จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 6.จังหวัดลพบุรี 7.จังหวัดสระบุรี 8.จังหวัดนครนายก 9.จังหวัดปราจีนบุรี 10.จังหวัดสระแก้ว 11.จังหวัดฉะเชิงเทรา 12.จังหวัดชลบุรี 13.จังหวัดระยอง 14.จังหวัดจันทบุรี 15.จังหวัดตราด 16.จังหวัดนนทบุรี 17.จังหวัดปทุมธานี 18.จังหวัดสมุทรปราการ 19.จังหวัดสมุทรสาคร 20.จังหวัดสมุทรสงคราม 21.จังหวัดนครปฐม 22.จังหวัดสุพรรณบุรี 23.จังหวัดกาญจนบุรี 24.จังหวัดราชบุรี 25.จังหวัดเพชรบุรี และ 26.จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

4) ภาคใต้ ซึ่งมีทั้งหมด 14 จังหวัด คือ 1.จังหวัดกระบี่ 2.จังหวัดชุมพร 3.จังหวัดตรัง 4.จังหวัดนครศรีธรรมราช 5.จังหวัดนราธิวาส 6.จังหวัดปัตตานี 7.จังหวัดพังงา 8.จังหวัดพัทลุง 9.จังหวัดภูเก็ต 10.จังหวัดระนอง 11.จังหวัดสตูล 12.จังหวัดสงขลา 13.จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ 14.จังหวัดยะลา

5) กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมตามแต่ละภาค
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

ปี 2549 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 744 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 55 คนหรือร้อยละ 7.39 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 380 คนหรือร้อยละ 51.07 ภาคกลาง 119 คนหรือร้อยละ 15.99 ภาคใต้ 40 คนหรือร้อยละ 5.37 และกรุงเทพมหานคร 150 คนหรือร้อยละ 20.16

ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 947 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 70 คนหรือร้อยละ 7.39 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 430 คนหรือร้อยละ 45.41 ภาคกลาง 120 คนหรือร้อยละ 12.67 ภาคใต้ 41 คนหรือร้อยละ 4.33 และกรุงเทพมหานคร 286 คนหรือร้อยละ 30.2

ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 835 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 72 คนหรือร้อยละ 8.62 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 312 คนหรือร้อยละ 37.37 ภาคกลาง 127 คนหรือร้อยละ 15.21 ภาคใต้ 49 คนหรือร้อยละ 5.87 และกรุงเทพมหานคร 275 คนหรือร้อยละ 32.93

ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 765 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 67 คนหรือร้อยละ8.76 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 179 คนหรือร้อยละ 23.4 ภาคกลาง 124 คนหรือร้อยละ16.21 ภาคใต้ 34 คน หรือร้อยละ4.44 และกรุงเทพมหานคร 361 คนหรือร้อยละ47.19

ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 843 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 76 คนหรือร้อยละ9.01 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 332 คนหรือร้อยละ39.38 ภาคกลาง 132 คนหรือร้อยละ15.66 ภาคใต้ 45 คน หรือร้อยละ5.33 และกรุงเทพมหานคร 258 คนหรือร้อยละ30.6

ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 932 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 59 คนหรือร้อยละ6.33 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 411 คนหรือร้อยละ44.09 ภาคกลาง115 คนหรือร้อยละ12.34 ภาคใต้ 58 คน หรือร้อยละ6.22 และกรุงเทพมหานคร 289 คนหรือร้อยละ31.01

ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 929 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 64 คนหรือร้อยละ6.89 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 435 คนหรือร้อยละ46.82 ภาคกลาง 148 คนหรือร้อยละ15.93 ภาคใต้ 42 คน หรือร้อยละ4.52 และกรุงเทพมหานคร 240 คนหรือร้อยละ25.83

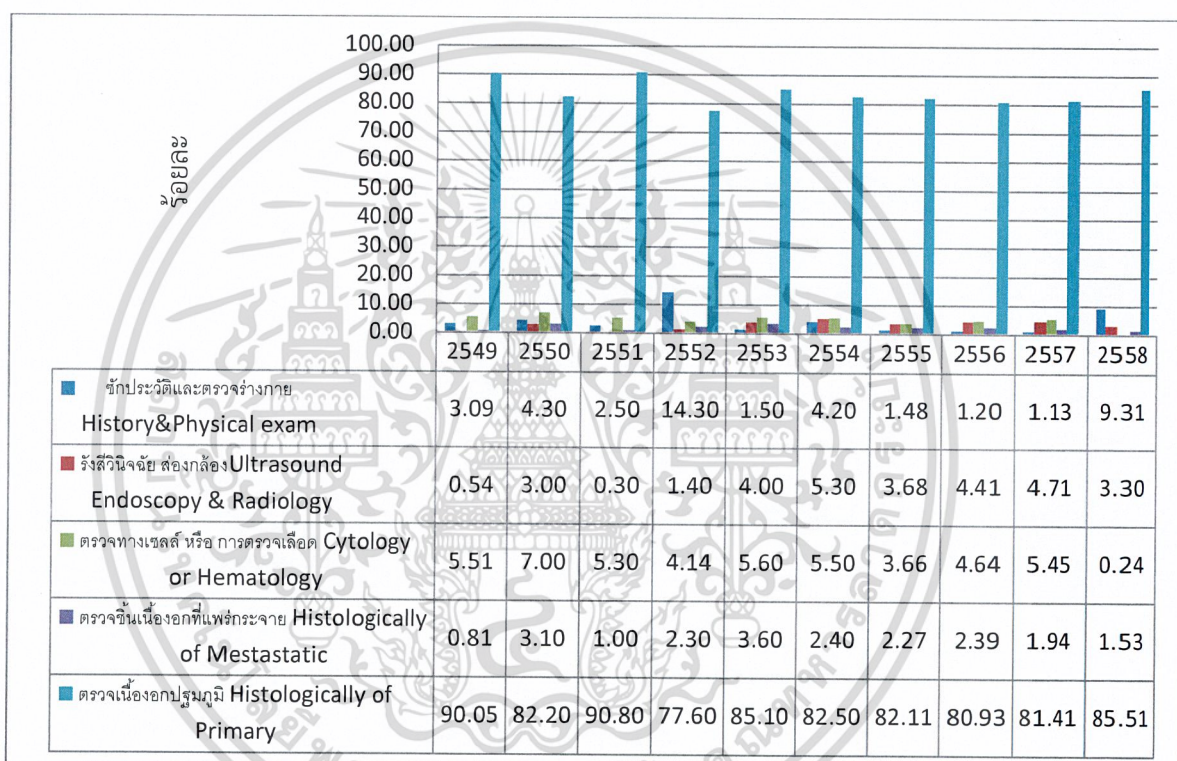
ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 879 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 30 คนหรือร้อยละ3.41 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 428 คนหรือร้อยละ48.69 ภาคกลาง 122 คนหรือร้อยละ13.88 ภาคใต้ 36 คน หรือร้อยละ4.09 และกรุงเทพมหานคร 263 คนหรือร้อยละ29.92

ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 990 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 78 คนหรือร้อยละ7.87 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 488 คนหรือร้อยละ49.29 ภาคกลาง 91 คนหรือร้อยละ9.19 ภาคใต้ 32 คน หรือร้อยละ3.23 และกรุงเทพมหานคร 301 คนหรือร้อยละ30.4

ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 843 คน แบ่งเป็นภาคเหนือ 50 คนหรือร้อยละ5.93 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 372 คนหรือร้อยละ44.13 ภาคกลาง 88 คนหรือร้อยละ10.44 ภาคใต้ 29 คน หรือร้อยละ3.44 และกรุงเทพมหานคร 304 คนหรือร้อยละ36.06

3.1.2 แบ่งตามวิธีวินิจฉัย

- 1) ซักประวัติและตรวจร่างกาย History&Physical exam
- 2) รังสีวินิจฉัย ส่องกล้องUltrasound Endoscopy & Radiology
- 3) ตรวจทางเซลล์ หรือ การตรวจเลือด Cytology or Hematology
- 4) ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย Histologically of Mestastatic
- 5) ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ Histologically of Primary



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามวิธีวินิจฉัย
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี2549 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 744 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย 23 คน หรือร้อยละ3.09 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 4 คน หรือร้อยละ0.54 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 41 คน หรือร้อยละ5.51 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 6 คน หรือร้อยละ0.81 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 670 คน หรือร้อยละ90.05

ปี2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 947 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย 41 คน หรือร้อยละ4.3 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 28 คน หรือร้อยละ3 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 66 คน หรือร้อยละ7 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 29 คน หรือร้อยละ3.1 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 778 คน หรือร้อยละ82.2

ปี2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 835 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย 21 คน หรือร้อยละ2.5 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 3 คน หรือร้อยละ0.3 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 44 คน หรือร้อยละ5.3 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 8 คน หรือร้อยละ1 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 758 คน หรือร้อยละ90.8

ปี2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 765 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย 109 คน หรือร้อยละ14.3 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 11 คน หรือร้อยละ1.4 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 32 คน หรือร้อยละ4 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 18 คน หรือร้อยละ2.3 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 594 คน หรือร้อยละ77.6

ปี2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 843 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย 13 คน หรือร้อยละ1.5 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 34 คน หรือร้อยละ4 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 47 คน หรือร้อยละ5.6 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 30 คน หรือร้อยละ3.6 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 717 คน หรือร้อยละ85.1

ปี2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 932 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย39 คน หรือร้อยละ4.2 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 49 คน หรือร้อยละ5.3 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 51คน หรือร้อยละ5.5 ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 22 คน หรือร้อยละ2.4 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 769 คน หรือร้อยละ82.5

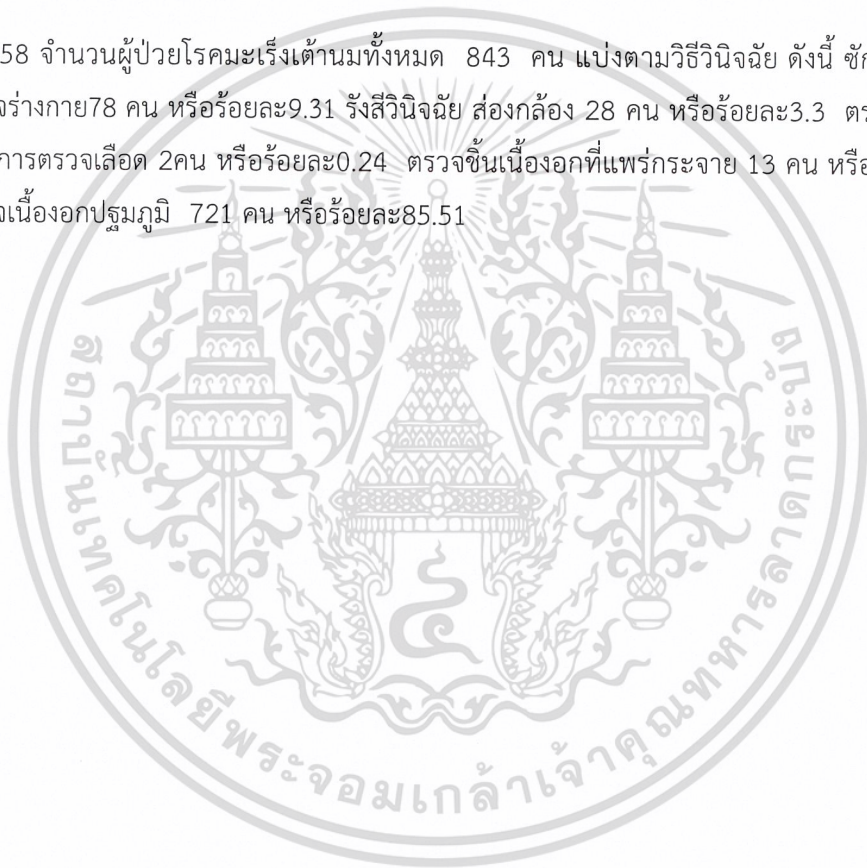
ปี2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 929 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ชักประวัติและตรวจร่างกาย14 คน หรือร้อยละ1.48 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 34 คน หรือร้อยละ3.68 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 34 คน หรือร้อยละ 3.66ตรวจชิ้นเนื้ออกที่แพร่กระจาย 21 คน หรือร้อยละ2.27 ตรวจเนื้ออกปฐมภูมิ 763คน หรือร้อยละ82.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 879 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ซักประวัติและตรวจร่างกาย11 คน หรือร้อยละ1.13 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 47 คน หรือร้อยละ4.71 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 54 คน หรือร้อยละ5.45 ตรวจชิ้นเนื้องอกที่แพร่กระจาย 19 คน หรือร้อยละ1.94 ตรวจเนื้องอกปฐมภูมิ 806คน หรือร้อยละ81.41

ปี2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 990 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ซักประวัติและตรวจร่างกาย 11 คน หรือร้อยละ1.13 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 47 คน หรือร้อยละ4.71 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 54 คน หรือร้อยละ5.45 ตรวจชิ้นเนื้องอกที่แพร่กระจาย 19 คน หรือร้อยละ1.94 ตรวจเนื้องอกปฐมภูมิ 806 คน หรือร้อยละ81.41

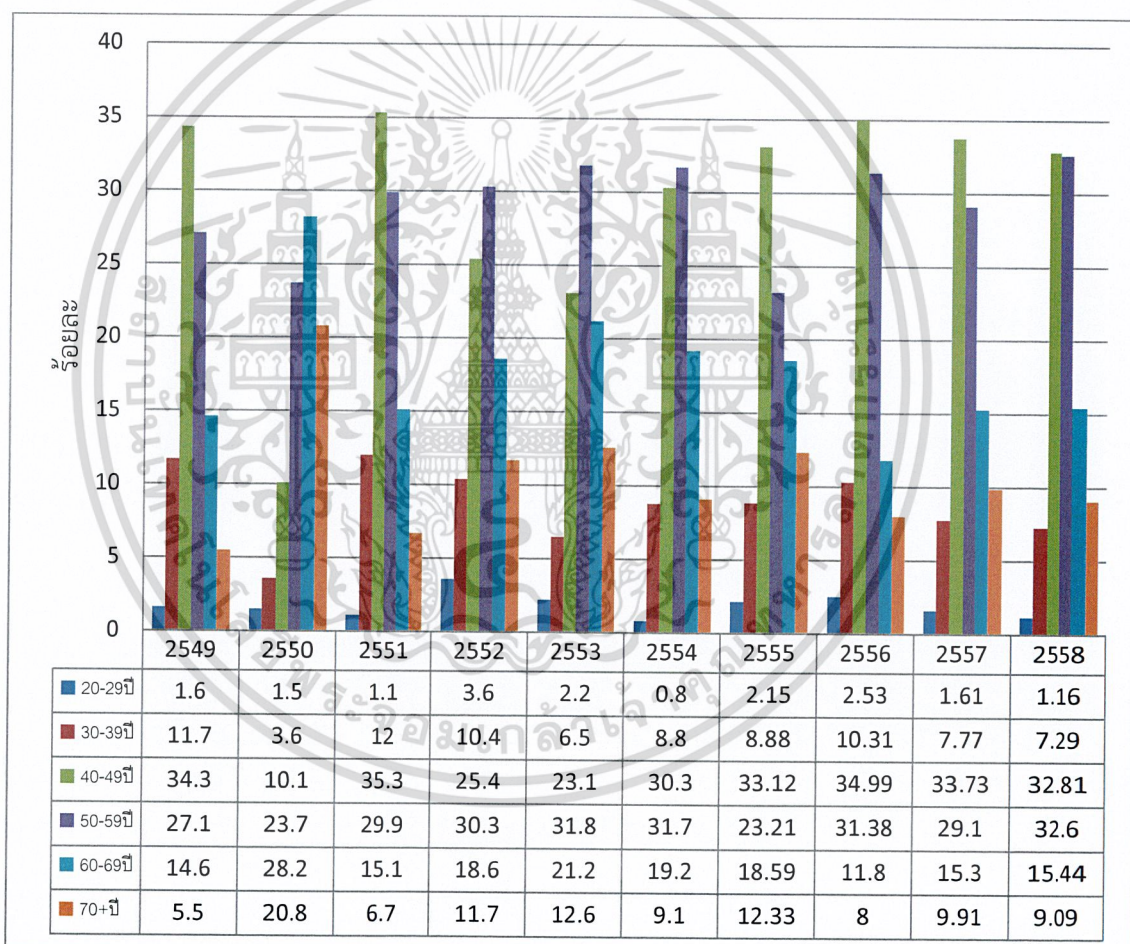
ปี2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด 843 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ซักประวัติและตรวจร่างกาย78 คน หรือร้อยละ9.31 รังสีวินิจฉัย ส่องกล้อง 28 คน หรือร้อยละ3.3 ตรวจทางเซลล์หรือการตรวจเลือด 2คน หรือร้อยละ0.24 ตรวจชิ้นเนื้องอกที่แพร่กระจาย 13 คน หรือร้อยละ1.53 ตรวจเนื้องอกปฐมภูมิ 721 คน หรือร้อยละ85.51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 แบ่งตามอายุ ดังนี้

- 1) อายุ 20-29 ปี
- 2) อายุ 30-39 ปี
- 3) อายุ 40-49 ปี
- 4) อายุ 50-59 ปี
- 5) อายุ 60-69 ปี
- 6) อายุ 70 + ปี



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามอายุ
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

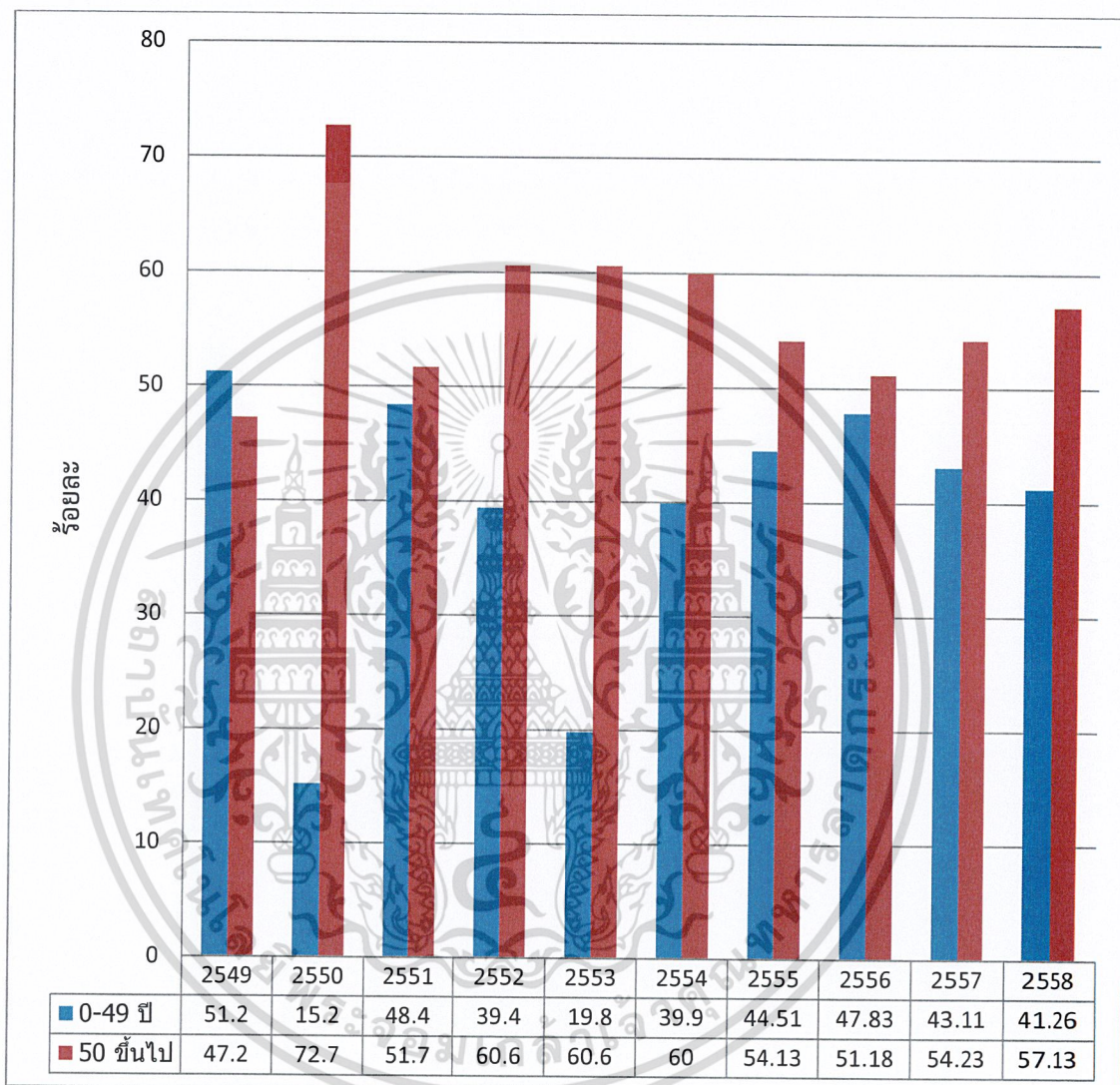
(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำรูปที่ 3.3 มาย่อแยกตามอายุในสองช่วงอายุ ดังนี้

1) อายุ 0-49 ปี

2) อายุ 50 ปีขึ้นไป



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแยกตามอายุ 0-49 และ 50 ปีขึ้นไป
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2549 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 744 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 12 คน หรือร้อยละ1.6 30-39ปี 114 คน หรือร้อยละ11.7 40-49ปี 255 คน หรือร้อยละ34.3 50-59ปี 202 คน หรือร้อยละ 27.1 60-69ปี 109 คน หรือร้อยละ14.6 70+ปี 41 คน หรือร้อยละ5.5

ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 947 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 14 คน หรือร้อยละ1.5 30-39ปี 34คน หรือร้อยละ3.6 40-49ปี 95 คน หรือร้อยละ10.1 50-59ปี 225 คน หรือร้อยละ 23.7 60-69ปี 267คน หรือร้อยละ28.2 70+ปี 197 คน หรือร้อยละ20.8

ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 835 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 10 คน หรือร้อยละ1.1 30-39ปี 100 คน หรือ ร้อยละ12 40-49ปี 295 คน หรือร้อยละ35.3 50-59ปี 250 คน หรือร้อยละ 29.9 60-69ปี 126 คน หรือร้อยละ15.1 70+ปี 56 คน หรือร้อยละ6.7

ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 765 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 28 คน หรือร้อยละ3.6 30-39ปี 79คน หรือร้อยละ10.4 40-49ปี 194 คน หรือร้อยละ25.4 50-59ปี 232 คน หรือร้อยละ 30.3 60-69ปี 142 คน หรือร้อยละ18.6 70+ปี 90 คน หรือร้อยละ11.7

ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 18 คน หรือร้อยละ2.2 30-39ปี 55 คน หรือร้อยละ6.5 40-49ปี 195 คน หรือร้อยละ23.1 50-59ปี 268 คน หรือร้อยละ 31.8 60-69ปี 178คน หรือร้อยละ21.2 70+ปี 106 คน หรือร้อยละ12.6

ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 932 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 7 คน หรือร้อยละ0.8 30-39ปี 82 คน หรือร้อยละ8.8 40-49ปี 283 คน หรือร้อยละ30.3 50-59ปี 295คน หรือร้อยละ 31.7 60-69ปี 179คน หรือร้อยละ19.2 70+ปี 85 คน หรือร้อยละ9.1

ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 929 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 20 คน หรือร้อยละ2.15 30-39ปี 86 คน หรือร้อยละ8.88 40-49ปี 307 คน หรือร้อยละ33.12 50-59ปี 216 คน หรือร้อย ละ23.21 60-69ปี 172 คน หรือร้อยละ18.59 70+ปี 115 คน หรือร้อยละ12.33

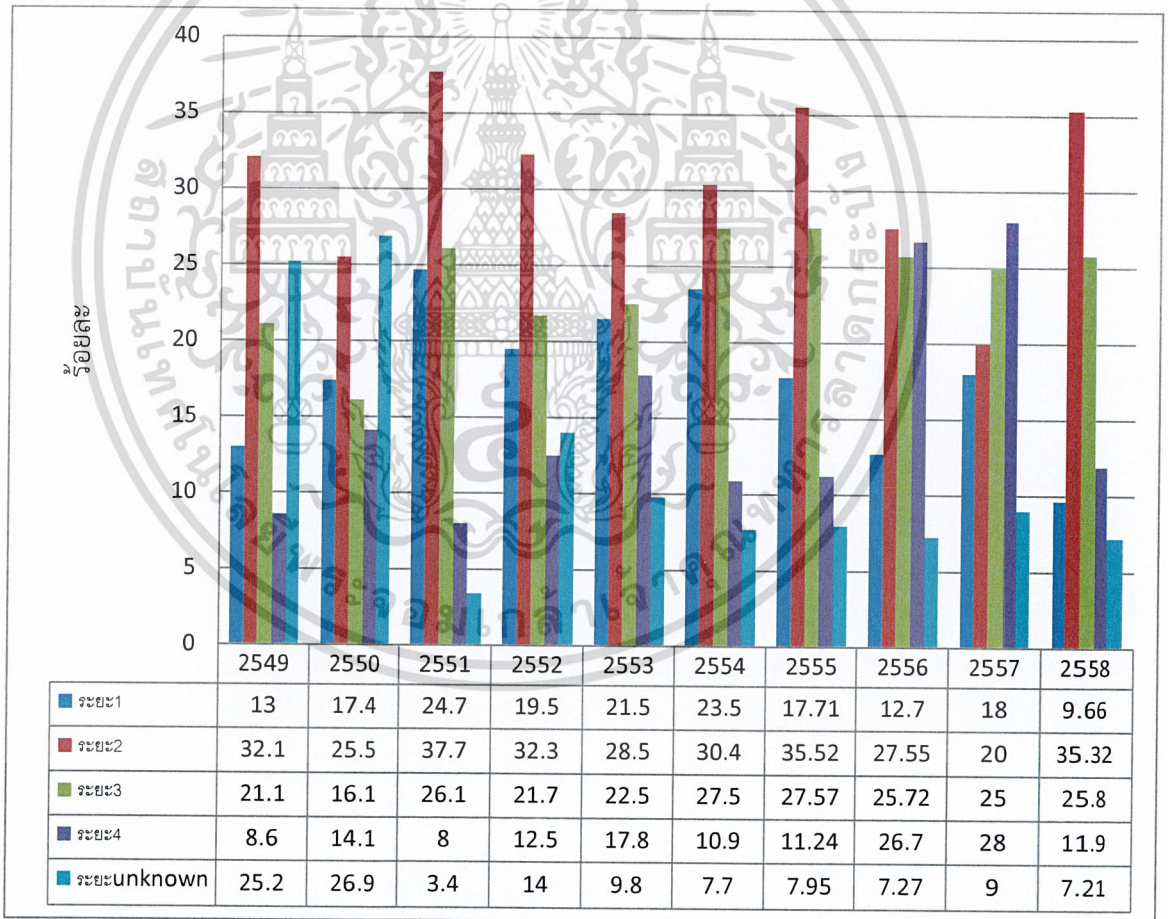
ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 879 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 23คน หรือร้อยละ2.53 30-39ปี 90 คน หรือร้อยละ10.31 40-49ปี 307 คน หรือร้อยละ34.99 50-59ปี 276 คน หรือร้อย ละ31.38 60-69ปี 104 คน หรือร้อยละ11.8 70+ปี 70 คน หรือร้อยละ8

ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 990 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 16 คนหรือร้อยละ1.61 30-39ปี 77 คน หรือร้อยละ7.77 40-49ปี 334 คน หรือร้อยละ33.73 50-59ปี 287 คน หรือร้อย ละ29.1 60-69ปี 151 คน หรือร้อยละ15.3 70+ปี 98 คน หรือร้อยละ9.91

ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามอายุดังนี้ 20-29ปี 10คน หรือร้อยละ1.16 30-39ปี 61 คน หรือร้อยละ7.29 40-49ปี 277 คน หรือร้อยละ32.81 50-59ปี 275 คน หรือร้อยละ32.6 60-69ปี 130 คน หรือร้อยละ15.44 70+ปี 77คน หรือร้อยละ9.09

3.1.4 แบ่งตามระยะของโรค

- 1) ระยะที่ 1
- 2) ระยะที่ 2
- 3) ระยะที่ 3
- 4) ระยะที่ 4
- 5) ระยะ unknown



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแบ่งตามระยะโรค
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ

(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2549 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 744 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 97 คนหรือร้อยละ13 ระยะที่2 239 คนหรือร้อยละ32.1 ระยะที่3 157 คนหรือร้อยละ21.1 ระยะที่4 64 คนหรือร้อยละ8.6 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 187 คนหรือร้อยละ25.2

ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 947 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 165 คนหรือร้อยละ17.4 ระยะที่2 241 คนหรือร้อยละ25.5 ระยะที่3 152 คนหรือร้อยละ16.1 ระยะที่4 134 คนหรือร้อยละ14.1 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 255 คนหรือร้อยละ26.9

ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 835 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 206 คนหรือร้อยละ24.7 ระยะที่2 315 คนหรือร้อยละ37.7 ระยะที่3 218 คนหรือร้อยละ26.1 ระยะที่4 67 คนหรือร้อยละ8 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 28 คนหรือร้อยละ3.4

ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 765 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 149 คนหรือร้อยละ19.5 ระยะที่2 247 คนหรือร้อยละ32.3 ระยะที่3 166 คนหรือร้อยละ21.7 ระยะที่4 96 คนหรือร้อยละ12.5 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 107 คนหรือร้อยละ14

ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 181 คนหรือร้อยละ21.5 ระยะที่2 240 คนหรือร้อยละ28.5 ระยะที่3 190 คนหรือร้อยละ22.5 ระยะที่4 150 คนหรือร้อยละ17.8 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 83 คนหรือร้อยละ9.8

ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 932 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 219 คนหรือร้อยละ23.5 ระยะที่2 283 คนหรือร้อยละ30.4 ระยะที่3 256 คนหรือร้อยละ27.5 ระยะที่4 102 คนหรือร้อยละ10.9 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 72 คนหรือร้อยละ7.7

ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 929 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 165 คนหรือร้อยละ17.7 ระยะที่2 330 คนหรือร้อยละ35.52 ระยะที่3 256 คนหรือร้อยละ27.57 ระยะที่4 104 คนหรือร้อยละ11.24 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 74 คนหรือร้อยละ7.95

ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 879 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 112 คนหรือร้อยละ12.7 ระยะที่2 242 คนหรือร้อยละ27.55 ระยะที่3 226 คนหรือร้อยละ25.72 ระยะที่4 235 คนหรือร้อยละ26.7 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 64 คนหรือร้อยละ7.27

ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 990 คน แบ่งตามระยะของโรคดีังนี้ ระยะที่1 178 คนหรือร้อยละ18 ระยะที่2 198 คนหรือร้อยละ20 ระยะที่3 248 คนหรือร้อยละ25 ระยะที่4 277 คนหรือร้อยละ28 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 89 คนหรือร้อยละ9

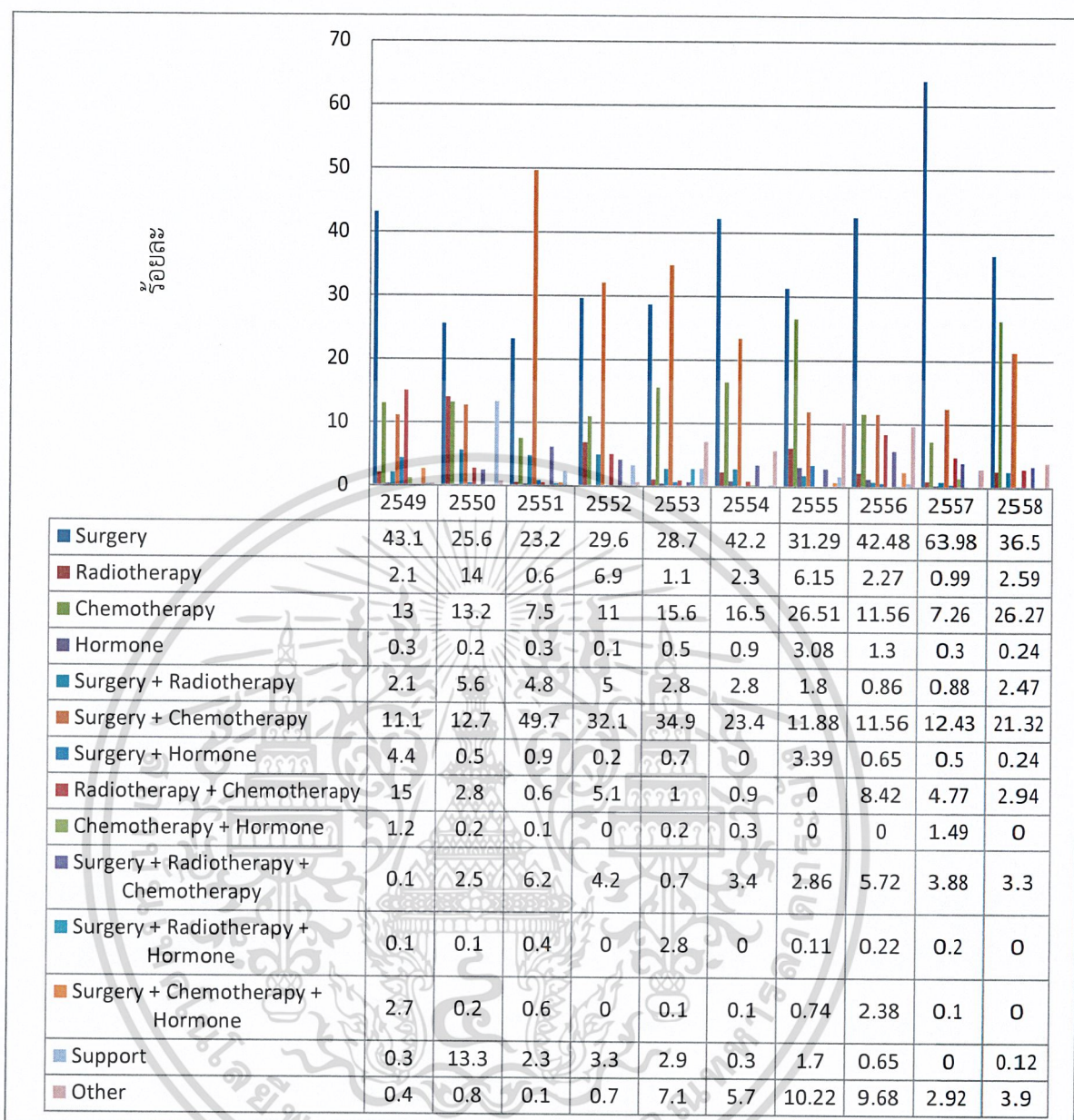
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามระยะของโรคดังนี้ ระยะที่1 81 คนหรือร้อยละ9.66 ระยะที่2 298 คนหรือร้อยละ35.32 ระยะที่3 217 คนหรือร้อยละ25.8 ระยะที่4 100 คนหรือร้อยละ11.9 และไม่สามารถประเมินระยะได้ 61 คนหรือร้อยละ7.21

3.1.5 แบ่งตามวิธีการรักษา

- 1) Surgery คือ การผ่าตัด
- 2) Radiotherapy คือ รังสีรักษา
- 3) Chemotherapy คือ เคมีบำบัด
- 4) Hormone คือ ฮอโมน
- 5) Surgery + Radiotherapy คือ การผ่าตัด + รังสีรักษา
- 6) Surgery + Chemotherapy คือ การผ่าตัด + เคมีบำบัด
- 7) Surgery + Hormone คือ การผ่าตัด + ฮอโมน
- 8) Radiotherapy + Chemotherapy คือ รังสีรักษา + เคมีบำบัด
- 9) Chemotherapy + Hormone คือ เคมีบำบัด + ฮอโมน
- 10) Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy คือ การผ่าตัด + รังสีรักษา + เคมีบำบัด
- 11) Surgery + Radiotherapy + Hormone คือ การผ่าตัด + รังสีรักษา + ฮอโมน
- 12) Surgery + Chemotherapy + Hormone คือ การผ่าตัด + เคมีบำบัด + ฮอโมน
- 13) Support คือ สนับสนุน
- 14) Other คือ อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมแบ่งตามวิธีการรักษา
ที่มา สถาบันมะเร็งแห่งชาติ
(http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2549 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 744 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 321 คนหรือร้อยละ 43.1 Radiotherapy 16 คนหรือร้อยละ 2.1 Chemotherapy 97 คนหรือร้อยละ 13 Hormone 2 คนหรือร้อยละ 0.3 Surgery + Radiotherapy 16 คนหรือร้อยละ 2.1 Surgery + Chemotherapy 83 คนหรือร้อยละ 11.1 Surgery + Hormone 33 คนหรือร้อยละ 4.4 Radiotherapy + Chemotherapy 112 คนหรือร้อยละ 15 Chemotherapy + Hormone 9 คนหรือร้อยละ 1.2 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 1 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Radiotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Chemotherapy + Hormone 20 คนหรือร้อยละ 2.7 Support 2 คนหรือร้อยละ 0.3 Other 3 คนหรือร้อยละ 0.4

ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 947 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 242 คนหรือร้อยละ 25.6 Radiotherapy 133 คนหรือร้อยละ 14 Chemotherapy 125 คนหรือร้อยละ 13.2 Hormone 2 คนหรือร้อยละ 0.2 Surgery + Radiotherapy 53 คนหรือร้อยละ 5.6 Surgery + Chemotherapy 120 คนหรือร้อยละ 12.7 Surgery + Hormone 5 คนหรือร้อยละ 0.5 Radiotherapy + Chemotherapy 27 คนหรือร้อยละ 2.8 Chemotherapy + Hormone 2 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 24 คนหรือร้อยละ 2.5 Surgery + Radiotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Chemotherapy + Hormone 2 คนหรือร้อยละ 0.2 Support 126 คนหรือร้อยละ 13.3 Other 8 คนหรือร้อยละ 0.8

ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 835 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 194 คนหรือร้อยละ 23.2 Radiotherapy 5 คนหรือร้อยละ 0.6 Chemotherapy 63 คนหรือร้อยละ 7.5 Hormone 3 คนหรือร้อยละ 0.3 Surgery + Radiotherapy 40 คนหรือร้อยละ 4.8 Surgery + Chemotherapy 415 คนหรือร้อยละ 49.7 Surgery + Hormone 8 คนหรือร้อยละ 0.9 Radiotherapy + Chemotherapy 5 คนหรือร้อยละ 0.6 Chemotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 52 คนหรือร้อยละ 6.2 Surgery + Radiotherapy + Hormone 3 คนหรือร้อยละ 0.4 Surgery + Chemotherapy + Hormone 5 คนหรือร้อยละ 0.6 Support 19 คนหรือร้อยละ 2.3 Other 1 คนหรือร้อยละ 0.1

ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 765 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 226 คนหรือร้อยละ 29.6 Radiotherapy 53 คนหรือร้อยละ 6.9 Chemotherapy 84 คนหรือร้อยละ 11 Hormone 1 คนหรือร้อยละ 0.1 Surgery + Radiotherapy 38 คนหรือร้อยละ 5 Surgery + Chemotherapy 246 คนหรือร้อยละ 32.1 Surgery + Hormone 2 คนหรือร้อยละ 0.2 Radiotherapy + Chemotherapy 39 คนหรือร้อยละ 3.1 Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ 0 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 32 คนหรือร้อยละ 4.2 Surgery + Radiotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ 0 Surgery + Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ 0 Support 25 คนหรือร้อยละ 3.3 Other 5 คนหรือร้อยละ 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรทางการแพทย์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 242 คนหรือร้อยละ28.7 Radiotherapy 9 คนหรือร้อยละ1.1 Chemotherapy 132 คนหรือร้อยละ15.6 Hormone 4 คนหรือร้อยละ0.5 Surgery + Radiotherapy 24 คนหรือร้อยละ2.8 Surgery + Chemotherapy 294 คนหรือร้อยละ34.9 Surgery + Hormone 6 คนหรือร้อยละ0.7 Radiotherapy + Chemotherapy 8 คนหรือร้อยละ1 Chemotherapy + Hormone 2 คนหรือร้อยละ0.2 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 6 คนหรือร้อยละ0.7 Surgery + Radiotherapy + Hormone 24 คนหรือร้อยละ2.8 Surgery + Chemotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ0.1 Support 24 คนหรือร้อยละ2.9 Other 60 คนหรือร้อยละ7.1

ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 932 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 393 คนหรือร้อยละ22.2 Radiotherapy 21 คนหรือร้อยละ2.3 Chemotherapy 154คนหรือร้อยละ16.5 Hormone 8 คนหรือร้อยละ0.9 Surgery + Radiotherapy 26 คนหรือร้อยละ2.8 Surgery + Chemotherapy 218 คนหรือร้อยละ23.4 Surgery + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Radiotherapy + Chemotherapy 8 คนหรือร้อยละ0.9 Chemotherapy + Hormone 3 คนหรือร้อยละ0.3 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 32 คนหรือร้อยละ3.4 Surgery + Radiotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Surgery + Chemotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ0.1 Support 3 คนหรือร้อยละ0.3 Other 53 คนหรือร้อยละ25.7

ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 929 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 22 คนหรือร้อยละ31.29 Radiotherapy 57 คนหรือร้อยละ6.15 Chemotherapy 246 คนหรือร้อยละ26.51 Hormone 29 คนหรือร้อยละ3.08 Surgery + Radiotherapy 17 คนหรือร้อยละ1.8 Surgery + Chemotherapy 110 คนหรือร้อยละ11.88 Surgery + Hormone 31 คนหรือร้อยละ3.39 Radiotherapy + Chemotherapy 0 คนหรือร้อยละ0 Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 27 คนหรือร้อยละ2.86 Surgery + Radiotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ0.11 Surgery + Chemotherapy + Hormone 7 คนหรือร้อยละ0.74 Support 16 คนหรือร้อยละ1.7 Other 95 คนหรือร้อยละ10.22

ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 879 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 373 คนหรือร้อยละ42.48 Radiotherapy 20คนหรือร้อยละ2.27 Chemotherapy 102คนหรือร้อยละ11.56 Hormone 11คนหรือร้อยละ1.3 Surgery + Radiotherapy 8 คนหรือร้อยละ0.86 Surgery + Chemotherapy 102 คนหรือร้อยละ11.56 Surgery + Hormone 6 คนหรือร้อยละ0.65 Radiotherapy + Chemotherapy 74 คนหรือร้อยละ8.42 Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 50 คนหรือร้อยละ5.72 Surgery + Radiotherapy + Hormone 2 คนหรือร้อยละ0.22 Surgery + Chemotherapy + Hormone 21 คนหรือร้อยละ2.38 Support 6 คนหรือร้อยละ0.65 Other 85 คนหรือร้อยละ9.68

ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 990 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 633 คนหรือร้อยละ63.98 Radiotherapy 10คนหรือร้อยละ0.99 Chemotherapy 72 คนหรือร้อยละ7.26 Hormone 3คนหรือร้อยละ0.3 Surgery + Radiotherapy 9คนหรือร้อยละ0.88 Surgery + Chemotherapy 123คนหรือร้อยละ2.43 Surgery + Hormone 5 คนหรือร้อยละ0.5 Radiotherapy + Chemotherapy 47 คนหรือร้อยละ4.77 Chemotherapy + Hormone 15 คนหรือร้อยละ1.49 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 38 คนหรือร้อยละ3.88 Surgery + Radiotherapy + Hormone 2 คนหรือร้อยละ0.2 Surgery + Chemotherapy + Hormone 1 คนหรือร้อยละ0.1 Support 0 คนหรือร้อยละ0 Other 29คนหรือร้อยละ2.92

ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด 843 คน แบ่งตามวิธีการรักษาดังนี้ Surgery 308คนหรือร้อยละ36.5 Radiotherapy 22 คนหรือร้อยละ2.59 Chemotherapy 221 คนหรือร้อยละ26.27 Hormone 2 คนหรือร้อยละ0.24 Surgery + Radiotherapy 21 คนหรือร้อยละ2.47 Surgery + Chemotherapy 180 คนหรือร้อยละ21.32 Surgery + Hormone 2 คนหรือร้อยละ0.24 Radiotherapy + Chemotherapy 25 คนหรือร้อยละ2.94 Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Surgery + Radiotherapy + Chemotherapy 28 คนหรือร้อยละ3.3 Surgery + Radiotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Surgery + Chemotherapy + Hormone 0 คนหรือร้อยละ0 Support 1 คนหรือร้อยละ0.12 Other 33 คนหรือร้อยละ3.9

3.2 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย

ในปัญหาพิเศษนี้ผู้จัดทำนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งเต้านม ซึ่งจำนวนประชากรมีขนาดคงที่ เนื่องจากมีการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านมของแต่ละกลุ่มประชากรด้วยโดยจะแบ่งประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม

- 1.กลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งเต้านม แทนด้วย S
- 2.กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม แทนด้วย I
- 3.กลุ่มประชากรที่หายป่วย แทนด้วย R

สำหรับแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมนี้ กำหนดให้กลุ่มประชากรที่เมื่อเป็นโรคมะเร็งเต้านมแล้วจะหายป่วยจากโรคนี้นี้ แต่จะกลับมาเป็นอีก มีแบบจำลองดังนี้

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variables) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
S	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม = $S_1 + S_2$	คน
S_1	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี	คน
S_2	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี	คน
I	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม = $I_1 + I_2$	คน
I_1	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี	คน
I_2	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี	คน
I_{1s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้	คน
I_{1u}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา	คน
I_{2s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้	คน
I_{2u}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา	คน
R_{1s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี	คน
R_{2s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี	คน
N_T	จำนวนประชากรเพศหญิงทั้งหมด = $S + I$	คน

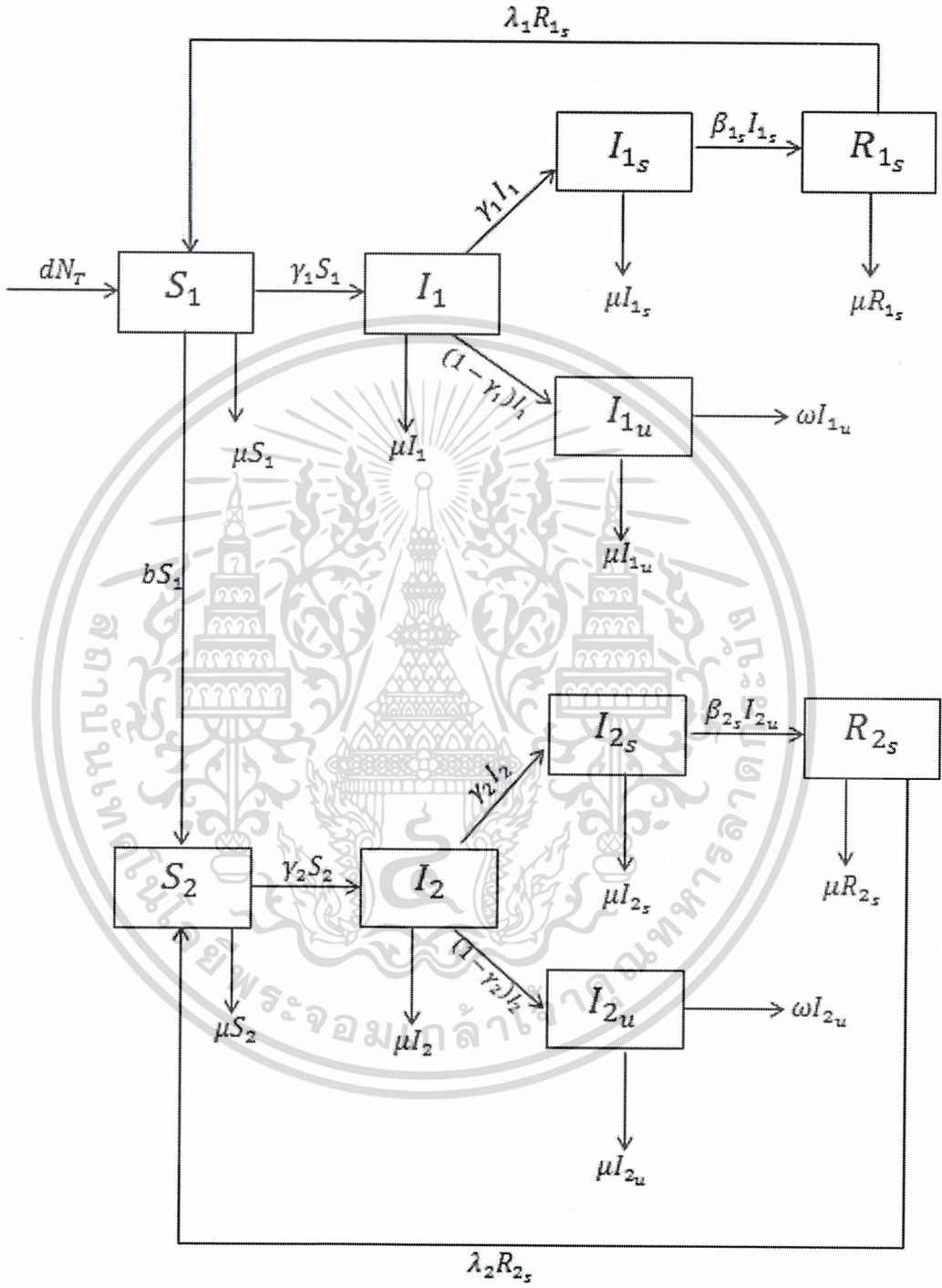
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
d	อัตราการเกิด	ต่อคนต่อวัน
γ_1	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ 0-50 ปี	ต่อคนต่อวัน
β_{1s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุ 0-50 ปี	ต่อคนต่อวัน
λ_1	อัตราเสี่ยงที่จะติดเชื้อของคนอายุ 0-50 ปี	ต่อคนต่อวัน
b	อัตราการเจริญเติบโต	ต่อคนต่อวัน
γ_2	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี	ต่อคนต่อวัน
β_{2s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี	ต่อคนต่อวัน
λ_2	อัตราเสี่ยงที่จะติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี	ต่อคนต่อวัน
μ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	ต่อคนต่อวัน
ω	อัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม	ต่อคนต่อวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

$$\frac{dS_1}{dt} = dN_T + \lambda_1 R_{1S} - bS_1 - \gamma_1 S_1 - \mu S_1 \quad (3.1)$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \gamma_1 S_1 - \gamma_1 I_1 - (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_1 \quad (3.2)$$

$$\frac{dI_{1U}}{dt} = (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_{1U} - \omega I_{1U} \quad (3.3)$$

$$\frac{dI_{1S}}{dt} = \gamma_1 I_1 - \beta_{1S} I_{1S} - \mu I_{1S} \quad (3.4)$$

$$\frac{dR_{1S}}{dt} = \beta_{1S} I_{1S} - \lambda_1 R_{1S} - \mu R_{1S} \quad (3.5)$$

$$\frac{dS_2}{dt} = bS_1 + \lambda_2 R_{2S} - \gamma_2 S_2 - \mu S_2 \quad (3.6)$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_2 S_2 - \gamma_2 I_2 - (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_2 \quad (3.7)$$

$$\frac{dI_{2U}}{dt} = (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_{2U} - \omega I_{2U} \quad (3.8)$$

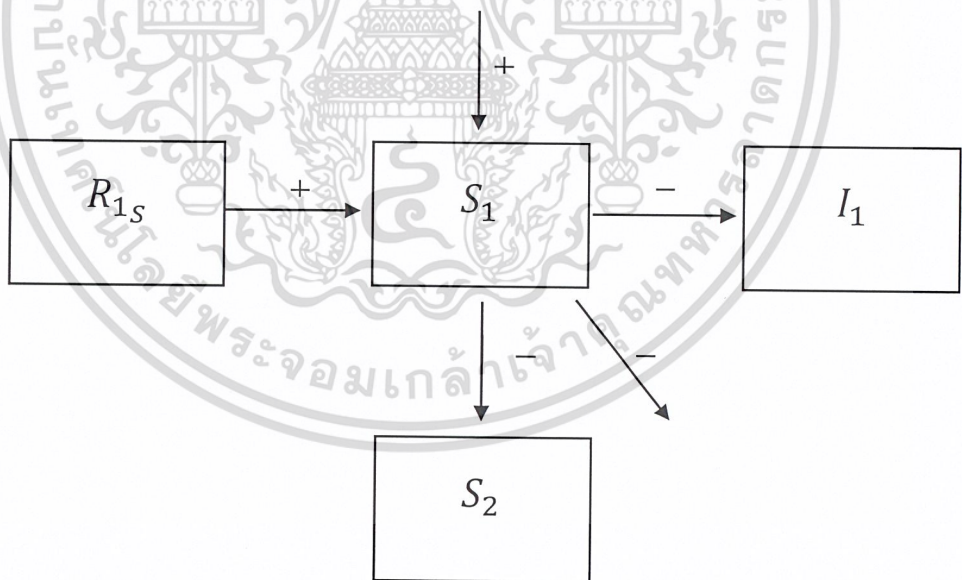
$$\frac{dI_{2S}}{dt} = \gamma_2 I_2 - \beta_{2S} I_{2S} - \mu I_{2S} \quad (3.9)$$

$$\frac{dR_{2S}}{dt} = \beta_{2S} I_{2S} - \lambda_2 R_{2S} - \mu R_{2S} \quad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

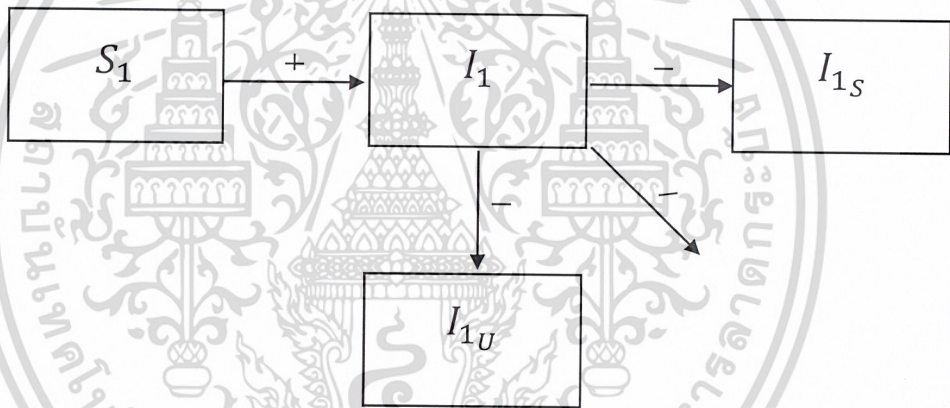
อธิบายความหมายของแต่ละสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โรคมะเร็งเต้านม

- 1) สมการ (3.1) $\frac{dS_1}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี โดยที่ $+dN_T$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 เพราะมีจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเข้ามาด้วยอัตรา d และ $+\lambda_1 R_{1s}$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 เพราะมีจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นจากกลุ่มประชากรหญิงที่หายป่วย(ที่ได้รับการรักษา)อายุ 0-50 ปีเข้ามาด้วยอัตรา λ_1 และ $-bS_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม S_1 และสามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่อายุมากกว่า 50 ปี และ $-\gamma_1 S_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 และสามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีด้วยอัตรา γ_1 และ $-\mu S_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 และ เครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี S_1 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.1)

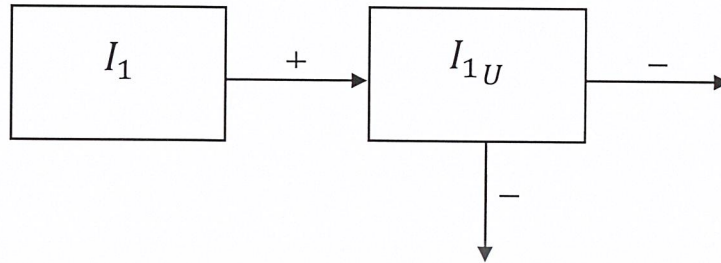
- 2) สมการ (3.2) $\frac{dI_1}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี โดยที่ $+ \gamma_1 S_1$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 เพราะมีจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี เพิ่มขึ้นมาด้วยอัตรา γ_1 และ $- \gamma_1 I_1$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาได้ด้วยอัตรา γ_1 และ $- (1 - \gamma_1) I_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้ด้วยอัตรา $(1 - \gamma_1)$ และ $- \mu I_1$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 และ เครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี I_1 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.9 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.2)

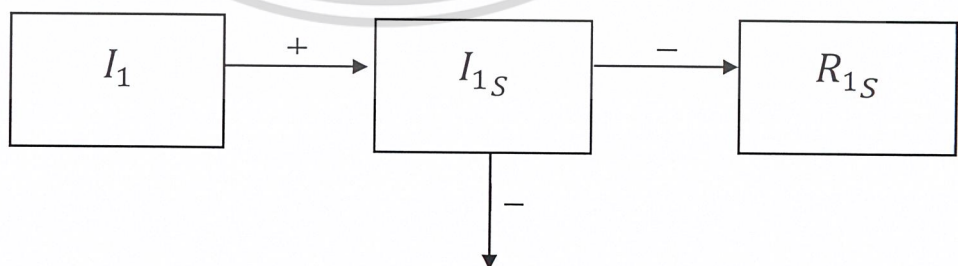
- 3) สมการ (3.3) $\frac{dI_{1U}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา โดยที่ $+ (1 - \gamma_1) I_1$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{1U} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี เพิ่มขึ้นมาด้วยอัตรา $(1 - \gamma_1)$ และ $- \mu I_{1U}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{1U} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ และ $- \omega I_{1U}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านม อายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{1U} เพราะไม่ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น เสียชีวิตโดยโรคมะเร็งเต้านมด้วยอัตรา ω ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้น

ของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{1U} และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{1U} ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.10 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.3)

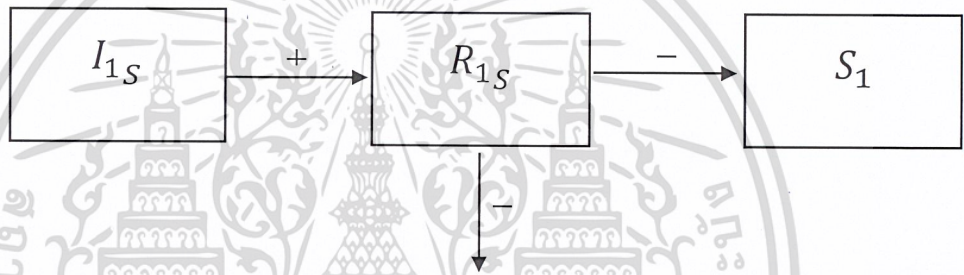
- 4) สมการ (3.4) $\frac{dI_{1S}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ โดยที่ $+ \gamma_1 I_1$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ I_{1S} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี เพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา γ_1 และ $-\beta_{1S} I_{1S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ I_{1S} และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี(ที่ได้รับการรักษา)ด้วยอัตรา β_{1S} และ $-\mu I_{1S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ I_{1S} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ I_{1S} และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ I_{1S} ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.4)

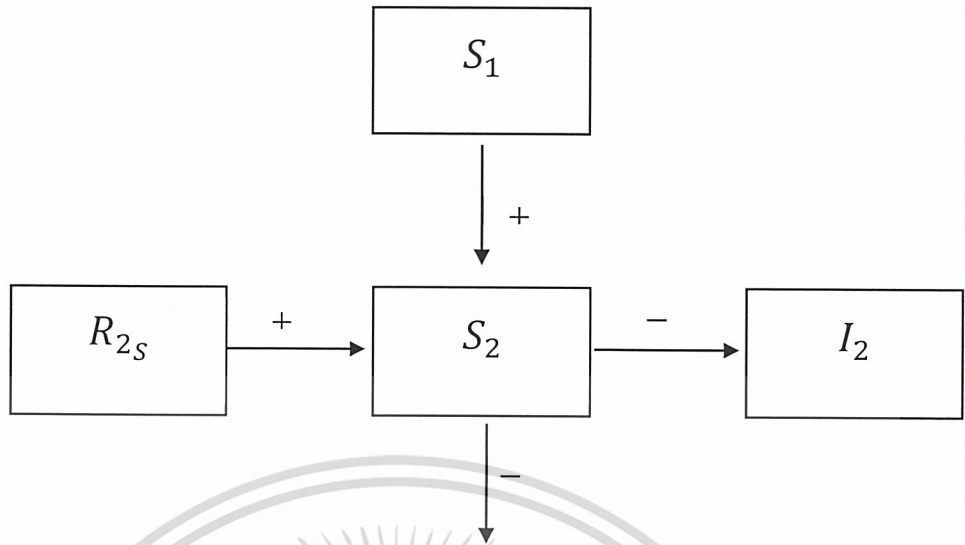
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5) สมการ (3.5) $\frac{dR_{1S}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) โดยที่ $+\beta_{1S}I_{1S}$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{1S} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี ที่รักษาได้ เพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา β_{1S} และ $-\lambda_1 R_{1S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{1S} และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี ด้วยอัตรา λ_1 และ $-\mu R_{1S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{1S} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{1S} และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุ 0-50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{1S} ดังแผนภาพ



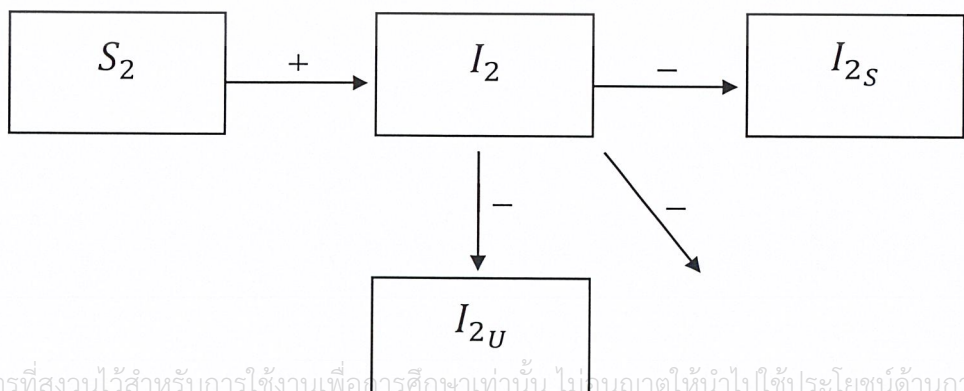
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.5)

- 6) สมการ (3.6) $\frac{dS_2}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี โดยที่ $+bS_1$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี เพราะมีจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี เพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา b และ $+\lambda_2 R_{2S}$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี S_2 เพราะมีจำนวนประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) เข้ามาด้วยอัตรา λ_2 และ $-\gamma_2 S_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี S_2 และสามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี ด้วยอัตรา γ_2 และ $-\mu S_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี S_2 เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี S_2 และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี S_2 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.13 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.6)

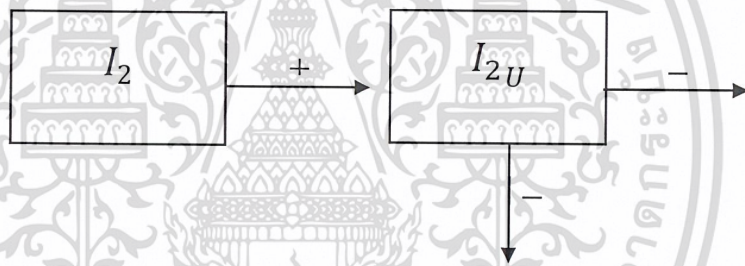
- 7) สมการ (3.7) $\frac{dI_2}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี โดยที่ $+ \gamma_2 S_2$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี I_2 เพราะมีจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม อายุมากกว่า 50 ปี เพิ่มขึ้นมาด้วยอัตรา γ_2 และ $- \gamma_2 I_2$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี I_2 และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ ด้วยอัตรา γ_1 และ $- (1 - \gamma_2) I_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี I_2 และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้ด้วยอัตรา $(1 - \gamma_2)$ และ $- \mu I_2$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี I_2 เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี I_2 และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี I_2 ดังแผนภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.7)

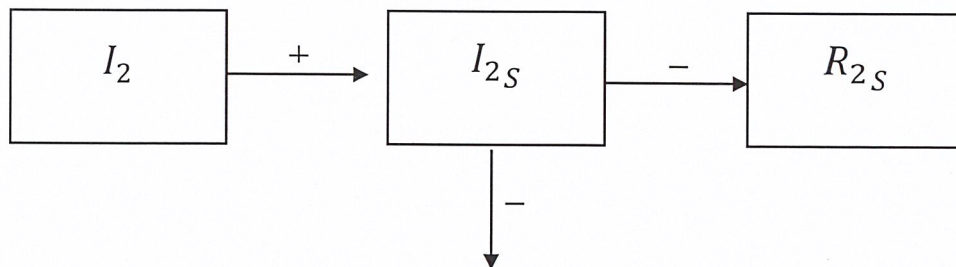
- 8) สมการ (3.8) $\frac{dI_{2U}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา โดยที่ $+(1 - \gamma_2)I_2$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{2U} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีเพิ่มขึ้นมาด้วยอัตรา $(1 - \gamma_1)$ และ $-\mu I_{2U}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{2U} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ และ $-\omega I_{2U}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา I_{2U} เพราะเสียชีวิตโดยโรคมะเร็งเต้านมด้วยอัตรา ω ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีหรือไม่ได้รับการรักษา I_{2U} และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีหรือไม่ได้รับการรักษา I_{2U} ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.8)

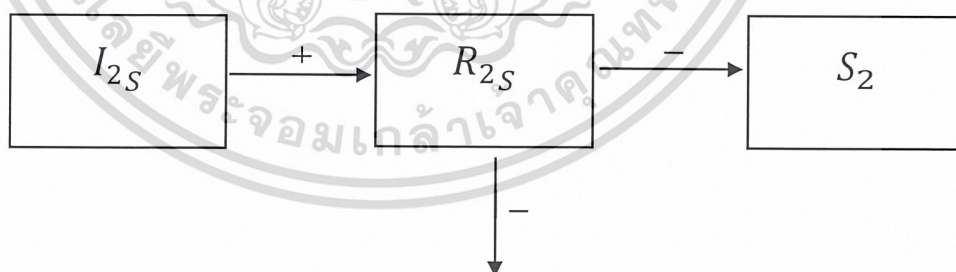
- 9) สมการ (3.9) $\frac{dI_{2S}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ โดยที่ $+\gamma_2 I_2$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ I_{2S} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี เพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา γ_2 และ $-\beta_2 I_{2S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ I_{2S} และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) ด้วยอัตรา β_2 และ $-\mu I_{2S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ I_{2S} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ I_{2S} และเครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ I_{2S} ดังแผนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.9)

- 10) สมการ (3.10) $\frac{dR_{2S}}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) โดยที่ $+\beta_{2S}I_{2S}$ หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{2S} เพราะมีจำนวนประชากรที่ติดเชื้อโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี ที่รักษาได้ เพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา β_{2S} และ $-\lambda_2 R_{2S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{2S} และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี ด้วยอัตรา λ_2 และ $-\mu R_{2S}$ หมายถึงการลดลงของกลุ่มประชากรประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{2S} เพราะเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{2S} และเครื่องหมาย - แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายป่วยอายุมากกว่า 50 ปี (ที่ได้รับการรักษา) R_{2S} ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.17 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.10)

3.4 จุดสมดุล

จากเงื่อนไขระบบสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมาเร็งเต้านม กำหนดให้ $\frac{dS_1}{dt}, \frac{dI_1}{dt}, \frac{dI_{1U}}{dt}, \frac{dI_{1S}}{dt}, \frac{dR_{1S}}{dt}, \frac{dS_2}{dt}, \frac{dI_2}{dt}, \frac{dI_{2U}}{dt}, \frac{dI_{2S}}{dt}, \frac{dR_{2S}}{dt} = 0$

หาจุดสมดุลของระบบสมการ

ให้ $(S_1^*, I_1^*, I_{1U}^*, I_{1S}^*, R_{1S}^*, S_2^*, I_2^*, I_{2U}^*, I_{2S}^*, R_{2S}^*)$ เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ (3.1) – (3.10) จะได้ว่า

$$\frac{dS_1}{dt} = dN_T + \lambda_1 R_{1S} - bS_1 - \gamma_1 S_1 - \mu S_1 = 0 \quad (3.11)$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \gamma_1 S_1 - \gamma_1 I_1 - (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_1 = 0 \quad (3.12)$$

$$\frac{dI_{1U}}{dt} = (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_{1U} - \omega I_{1U} = 0 \quad (3.13)$$

$$\frac{dI_{1S}}{dt} = \gamma_1 I_1 - \beta_{1S} I_{1S} - \mu I_{1S} = 0 \quad (3.14)$$

$$\frac{dR_{1S}}{dt} = \beta_{1S} I_{1S} - \lambda_1 R_{1S} - \mu R_{1S} = 0 \quad (3.15)$$

$$\frac{dS_2}{dt} = bS_1 + \lambda_2 R_{2S} - \gamma_2 S_2 - \mu S_2 = 0 \quad (3.16)$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_2 S_2 - \gamma_2 I_2 - (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_2 = 0 \quad (3.17)$$

$$\frac{dI_{2U}}{dt} = (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_{2U} - \omega I_{2U} = 0 \quad (3.18)$$

$$\frac{dI_{2S}}{dt} = \gamma_2 I_2 - \beta_{2S} I_{2S} - \mu I_{2S} = 0 \quad (3.19)$$

$$\frac{dR_{2S}}{dt} = \beta_{2S} I_{2S} - \lambda_2 R_{2S} - \mu R_{2S} = 0 \quad (3.20)$$

ดังนั้นจะได้จุดสมดุล (Equilibrium point) ของระบบสมการ ดังนี้
เราสามารถใช้โปรแกรม Mathematica แก้สมการออกมาได้ว่า

$$(S_1^*, I_1^*, I_{1U}^*, I_{1S}^*, R_{1S}^*, S_2^*, I_2^*, I_{2U}^*, I_{2S}^*, R_{2S}^*)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_1^* = -\frac{dN(-1-\mu)(-\mu-\beta_{1S})(-\mu-\lambda_1)}{(-1-\mu)(-\mu-\beta_{1S})(-b-\mu-\gamma_1)-\beta_{1S}\gamma_1^2\lambda_1}$$

$$I_1^* = \frac{(bdN(1+\mu^2)(\mu+\beta_{1S})(\mu+\beta_{2S})(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2))}{((\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1)))(\mu(1+\mu)(\mu+\gamma_2)(\mu+\lambda_2)+\beta_{2S}(\mu(1+\mu)(\mu+\gamma_2)+(\mu(1+\mu)+\gamma_2(1+\mu+\lambda_2))\lambda_2))}$$

$$I_{1U}^* = \frac{dN(\mu+\beta_{1S})\gamma_1(\mu+\lambda_1)}{\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1))}$$

$$I_{1S}^* = \frac{dN\gamma_1^2(\mu+\lambda_1)}{\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1))}$$

$$R_{1S}^* = \frac{dN(\mu+\beta_{1S})(-1+\gamma_1)\gamma_1(\mu+\lambda_1)}{(\mu+\omega)(\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1))}$$

$$S_2 = \frac{(bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{1S})(\mu+\beta_{2S})\gamma_2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2))}{((\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1)))(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)(\mu+\lambda_2)+\beta_{2S}(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)+(\mu(1+\mu)+\gamma_2(1+\mu+\lambda_2))\lambda_2))}$$

$$I_2 = \frac{(bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{1S})\gamma_2^2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2))}{((\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1)))(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)(\mu+\lambda_2)+\beta_{2S}(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)+(\mu(1+\mu)+\gamma_2(1+\mu+\lambda_2))\lambda_2))}$$

$$I_U = \frac{-(bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{1S})(\mu+\beta_{2S})(-1+\gamma_2)\gamma_2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2))}{(\mu+\omega)(\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1)))(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)(\mu+\lambda_2)+\beta_{2S}(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)+(\mu(1+\mu)+\gamma_2(1+\mu+\lambda_2))\lambda_2))}$$

$$I_{2S}^* = \frac{dN\beta_{1S}\gamma_1^2}{\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1))}$$

$$R_{2S}^* = \frac{(bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{1S})\beta_{2S}\gamma_2^2(\mu+\lambda_1))}{\mu(1+\mu)(b+\mu+\gamma_1)(\mu+\lambda_1)+\beta_{1S}(-\gamma_1^2\lambda_1+(1+\mu)(b+\mu)(\mu+\lambda_1)+(1+\mu)\gamma_1(\mu+\lambda_1)))(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)(\mu+\lambda_2)+\beta_{2S}(\mu(1+\mu)(1+\gamma_2)+(\mu(1+\mu)+\gamma_2(1+\mu+\lambda_2))\lambda_2))}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ความเสถียรของจุดสมดุล

ความเสถียรของจุดสมดุลสามารถพิจารณาจากค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์จากระบบสมการเชิงอนุพันธ์ (ordinary differential equations) ของสมการ (3.1) - (3.10)

$$\frac{dS_1}{dt} = dN_T + \lambda_1 R_{1S} - bS_1 - \gamma_1 S_1 - \mu S_1 = f_{S_1}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \gamma_1 S_1 - \gamma_1 I_1 - (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_1 = f_{I_1}$$

$$\frac{dI_{1U}}{dt} = (1 - \gamma_1) I_1 - \mu I_{1U} - \omega I_{1U} = f_{I_{1U}}$$

$$\frac{dI_{1S}}{dt} = \gamma_1 I_1 - \beta_{1S} I_{1S} - \mu I_{1S} = f_{I_{1S}}$$

$$\frac{dR_{1S}}{dt} = \beta_{1S} I_{1S} - \lambda_1 R_{1S} - \mu R_{1S} = f_{R_{1S}}$$

$$\frac{dS_2}{dt} = bS_1 + \lambda_2 R_{2S} - \gamma_2 S_2 - \mu S_2 = f_{S_2}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_2 S_2 - \gamma_2 I_2 - (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_2 = f_{I_2}$$

$$\frac{dI_{2U}}{dt} = (1 - \gamma_2) I_2 - \mu I_{2U} - \omega I_{2U} = f_{I_{2U}}$$

$$\frac{dI_{2S}}{dt} = \gamma_2 I_2 - \beta_{2S} I_{2S} - \mu I_{2S} = f_{I_{2S}}$$

$$\frac{dR_{2S}}{dt} = \beta_{2S} I_{2S} - \lambda_2 R_{2S} - \mu R_{2S} = f_{R_{2S}}$$

นำระบบสมการดังกล่าวทั้งหมดมาเขียนในรูปจาโคเบียนเมทริกซ์ โดยกำหนดให้จาโคเบียนเมทริกซ์ขนาด 10×10 คือ

$$J_f = \begin{bmatrix} J_{11} & \cdots & J_{110} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ J_{101} & \cdots & J_{1010} \end{bmatrix}$$

ที่จุดสมดุล $(S_1^*, I_1^*, I_{1U}^*, I_{1S}^*, R_{1S}^*, S_2^*, I_2^*, I_{2U}^*, I_{2S}^*, R_{2S}^*)$ โดยที่

แถวที่ 1 จะได้

$$J_{11} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{S_1} = -b - \mu - \gamma_1$$

$$J_{12} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ $J_{13} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_{1U}} = 0$ ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{14} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{15} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{R_{1S}} = \lambda_1$$

$$J_{16} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{S_2} = 0$$

$$J_{17} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_2} = 0$$

$$J_{18} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{19} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{110} = \frac{\partial}{\partial S_1} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 2 จะได้

$$J_{21} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{S_1} = \gamma_1$$

$$J_{22} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_1} = -1 - \mu$$

$$J_{23} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{24} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{25} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{26} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{S_2} = 0$$

$$J_{27} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_2} = 0$$

$$J_{28} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{29} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{210} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 3 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{32} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_1} = 1 - \gamma_1$$

$$J_{33} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_{1U}} = -\mu - \omega$$

$$J_{34} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{35} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{36} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{S_2} = 0$$

$$J_{37} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_2} = 0$$

$$J_{38} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{39} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{310} = \frac{\partial}{\partial I_{1U}} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 4 จะได้

$$J_{41} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{S_1} = 0$$

$$J_{42} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{I_1} = \gamma_1$$

$$J_{43} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{44} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{I_{1S}} = -\mu - \beta_{1s}$$

$$J_{45} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{46} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{S_2} = 0$$

$$J_{47} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{I_2} = 0$$

$$J_{48} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{I_{2U}} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{410} = \frac{\partial}{\partial I_{1S}} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 5 จะได้

$$J_{51} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{S_1} = 0$$

$$J_{52} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_1} = 0$$

$$J_{53} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{54} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_{1S}} = \beta_{1S}$$

$$J_{55} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{R_{1S}} = -\mu - \lambda_1$$

$$J_{56} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{S_2} = 0$$

$$J_{57} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_2} = 0$$

$$J_{58} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{59} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{510} = \frac{\partial}{\partial R_{1S}} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 6 จะได้

$$J_{61} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{S_1} = b$$

$$J_{62} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{I_1} = 0$$

$$J_{63} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{64} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{65} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{66} = \frac{\partial}{\partial S_2} f_{S_2} = -\mu - \gamma_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{67} = \frac{\partial}{\partial s_2} f_{I_2} = 0$$

$$J_{68} = \frac{\partial}{\partial s_2} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{69} = \frac{\partial}{\partial s_2} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{610} = \frac{\partial}{\partial s_2} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 7 จะได้

$$J_{71} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{S_1} = 0$$

$$J_{72} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_1} = 0$$

$$J_{73} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{74} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{75} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{76} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{S_2} = \gamma_2$$

$$J_{77} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_2} = -1 - \mu$$

$$J_{78} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{79} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{710} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 8 จะได้

$$J_{81} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{S_1} = 0$$

$$J_{82} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_1} = 0$$

$$J_{83} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_{1U}} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{84} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{85} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{86} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{S_2} = 1 - \gamma_2$$

$$J_{87} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_2} = -\mu - \omega$$

$$J_{88} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{89} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{I_{2S}} = 0$$

$$J_{810} = \frac{\partial}{\partial I_{2U}} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 9 จะได้

$$J_{91} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{S_1} = 0$$

$$J_{92} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_1} = 0$$

$$J_{93} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{94} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{95} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{96} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{S_2} = 0$$

$$J_{97} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_2} = \gamma_2$$

$$J_{98} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{99} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{I_{2S}} = -\mu - \beta_{2s}$$

$$J_{910} = \frac{\partial}{\partial I_{2S}} f_{R_{2S}} = 0$$

แถวที่ 10 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{102} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_1} = 0$$

$$J_{103} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_{1U}} = 0$$

$$J_{104} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_{1S}} = 0$$

$$J_{105} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{R_{1S}} = 0$$

$$J_{106} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{S_2} = 0$$

$$J_{107} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_2} = 0$$

$$J_{108} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_{2U}} = 0$$

$$J_{109} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{I_{2S}} = \beta_{2S}$$

$$J_{1010} = \frac{\partial}{\partial R_{2S}} f_{R_{2S}} = -\mu - \lambda_2$$

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$J_f = \begin{bmatrix} -b - \mu - \gamma_1 & 0 & 0 & 0 & \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \gamma_1 & -1 - \mu & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - \gamma_1 & -\mu - \omega & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & 0 & -\mu - \beta_{1S} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_{1S} & -\mu - \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu - \gamma_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma_2 & -1 - \mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 - \gamma_2 & -\mu - \omega & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma_2 & 0 & -\mu - \beta_{2S} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_{2S} & -\mu - \lambda_2 & 0 \end{bmatrix}$$

หมายเหตุ เนื่องจากการหาค่าความเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ

โรคมาเร็งเด้านมในประเทศไทยมีค่าตัวแปรที่มีจำนวนมากจึงต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ในบทที่ 4 เข้ามา
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ช่วยในการหาค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีใช้ค่าตัวแปรเสริมจากรายที่ 4.2

จาก Routh-Hurwitz criteria

$$\begin{aligned} \det(XI_{10} - J_f) &= x^{10} + 2.01831x^9 + 1.03667x^8 + 0.0184934x^7 \\ &+ 0.000128621x^6 + 4.35848 \cdot 10^{-7}x^5 + 7.54842 \cdot 10^{-10}x^4 \\ &+ 6.55931 \cdot 10^{-13}x^3 + 2.87611 \cdot 10^{-16}x^2 + 6.06493 \cdot 10^{-20}x \\ &+ 4.88537 \cdot 10^{-24} \end{aligned}$$

จะได้

$$h1 = [a_1]$$

$$h1 = [2.01831]$$

$$h2 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{bmatrix}$$

$$h2 = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 \\ 0.0184934 & 1.03667 \end{bmatrix}$$

$$h3 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ a_5 & a_4 & a_3 \end{bmatrix}$$

$$h3 = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 & 0 \\ 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 \end{bmatrix}$$

$$h4 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix}$$

$$h4 = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 & 0 & 0 \\ 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h5 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 \end{bmatrix}$$

$$h5 = \begin{bmatrix} 2.01831 & & 1 & & 0 & & 0 & & 0 \\ & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 & & 1 & & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} \end{bmatrix}$$

$$h6 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \end{bmatrix}$$

$$h6 = \begin{bmatrix} 2.01831 & & 1 & & 0 & & 0 & & 0 & & 0 \\ & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 & & 1 & & 0 & & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 & & 1 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 & & 1.03667 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 \\ & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & & 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} \end{bmatrix}$$

$$h7 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 \end{bmatrix}$$

$$h7 = \begin{bmatrix} 2.01831 & & 1 & & 0 & & 0 & & 0 & & 0 \\ & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 & & 1 & & 0 & & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 & & 1.03667 & & 2.01831 & & 1 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 & & 0.0184934 & & 1.03667 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} & & 4.35848 \times 10^{-7} & & 0.000128621 \\ & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & & 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} & & 7.54842 \times 10^{-10} \\ & 0 & 0 & & 4.88537 \times 10^{-24} & & 6.06493 \times 10^{-20} & & 2.87611 \times 10^{-16} & & 6.55931 \times 10^{-13} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่เห็นชอบด้วยเอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h8 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 \end{bmatrix}$$

$$h8 = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 \\ 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 \\ 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} \end{bmatrix}$$

$$h9 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 \end{bmatrix}$$

$$h9 = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 \\ 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 \\ 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_{10} = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} \end{bmatrix}$$

$$h_{10} = \begin{bmatrix} 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 & 1 & 0 \\ 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 & 1.03667 & 2.01831 \\ 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} & 4.35848 \times 10^{-7} & 0.000128621 & 0.0184934 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} & 7.54842 \times 10^{-10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} & 6.55931 \times 10^{-13} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} & 2.87611 \times 10^{-16} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.88537 \times 10^{-24} & 6.06493 \times 10^{-20} \end{bmatrix}$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\det(h_1) = 2.01831$$

$$\det(h_2) = 2.07384$$

$$\det(h_3) = 0.0378292$$

$$\det(h_4) = 3.93187 \times 10^{-6}$$

$$\det(h_5) = 1.21269 \times 10^{-12}$$

$$\det(h_6) = 6.22781 \times 10^{-22}$$

$$\det(h_7) = 2.78341 \times 10^{-34}$$

$$\det(h_8) = 5.53054 \times 10^{-50}$$

$$\det(h_9) = 2.53628 \times 10^{-69}$$

$$\det(h_{10}) = 1.23897 \times 10^{-92}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมดุลมีความเสถียรเนื่องจาก

$$\det(h_1), \det(h_2), \det(h_3), \det(h_4), \det(h_5), \det(h_6), \det(h_7), \det(h_8), \det(h_9), \det(h_{10})$$

มีค่ามากกว่า 0 ตามทฤษฎีของ Routh-Hurwitz criteria แสดงว่าจุดสมดุลมีความเสถียร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีเปลี่ยนตัวแปรพารามิเตอร์

จาก Routh-Hurwitz criteria

$$\begin{aligned} \det(XI_{10} - J_f) &= x^{10} + 8.68286x^9 + 31.5352x^8 + 62.4448x^7 + 73.6486x^6 \\ &+ 53.0247x^5 + 22.9929x^4 + 5.76583x^3 + 0.795652x^2 \\ &+ 0.055699x + 0.0015212 \end{aligned}$$

จะได้

$$h1 = [a_1]$$

$$h1 = [8.68286]$$

$$h2 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{bmatrix}$$

$$h2 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 \\ 62.4448 & 31.5352 \end{bmatrix}$$

$$h3 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ a_5 & a_4 & a_3 \end{bmatrix}$$

$$h3 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \end{bmatrix}$$

$$h4 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix}$$

$$h4 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h5 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 \end{bmatrix}$$

$$h5 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \end{bmatrix}$$

$$h6 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \end{bmatrix}$$

$$h6 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 \end{bmatrix}$$

$$h7 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h7 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 \end{bmatrix}$$

$$h8 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 \end{bmatrix}$$

$$h8 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 \end{bmatrix}$$

$$h9 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_9 = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 \end{bmatrix}$$

$$h_{10} = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 & a_5 & a_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 & a_7 & a_6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} & a_9 & a_8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{10} \end{bmatrix}$$

$$h_{10} = \begin{bmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\det(h_1) = 8.68286$$

$$\det(h_2) = 211.371$$

$$\det(h_3) = 8106.88$$

$$\det(h_4) = 315695$$

$$\det(h_5) = 8.36496 \times 10^6$$

$$\det(h_6) = 9.93722 \times 10^7$$

$$\det(h_7) = 3.21478 \times 10^8$$

$$\det(h_8) = 1.57778 \times 10^8$$

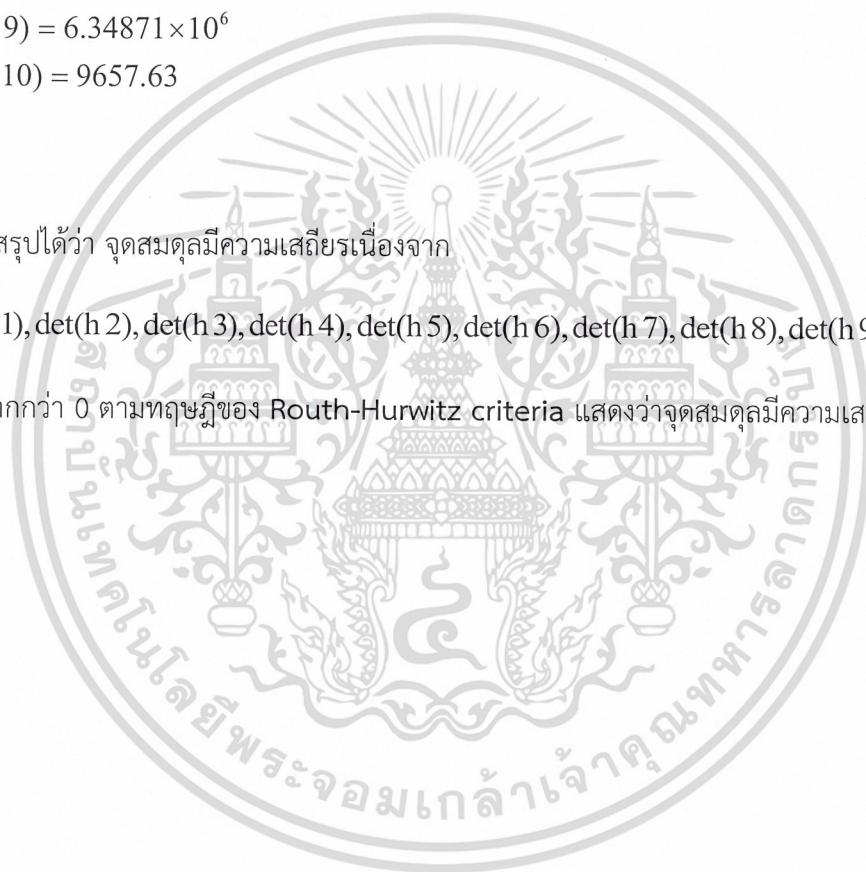
$$\det(h_9) = 6.34871 \times 10^6$$

$$\det(h_{10}) = 9657.63$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมดุลมีความเสถียรเนื่องจาก

$$\det(h_1), \det(h_2), \det(h_3), \det(h_4), \det(h_5), \det(h_6), \det(h_7), \det(h_8), \det(h_9), \det(h_{10})$$

มีค่ามากกว่า 0 ตามทฤษฎีของ Routh-Hurwitz criteria แสดงว่าจุดสมดุลมีความเสถียร



บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

หัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลข โดยการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลเชิงสถิติในชีวิตจริงเกี่ยวกับโรคมะเร็งเต้านม ซึ่งมีค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 4.1 ค่าตัวแปร (variables) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าตัวแปรเริ่มต้น	หน่วย
S	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม = $S_1 + S_2$	3200	คน
S_1	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี	1000	คน
S_2	จำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี	2200	คน
I	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม = $I_1 + I_2$	1800	คน
I_1	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี	600	คน
I_2	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี	1200	คน
I_{1s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้	500	คน
I_{1u}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา	100	คน
I_{2s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้	900	คน
I_{2u}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา	300	คน
R_{1s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี	400	คน
R_{2s}	จำนวนประชากรเพศหญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี	650	คน
N_T	จำนวนประชากรเพศหญิงทั้งหมด = $S + I$	5000	คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์	หน่วย
d	อัตราการเกิด	$d = \frac{1}{365 \times 75}$	ต่อคนต่อวัน
γ_1	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ 0-50 ปี	$\gamma_1 = \frac{1}{365 \times 5}$	ต่อคนต่อวัน
β_{1s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุ 0-50 ปี	$\beta_{1s} = \frac{1}{365}$	ต่อคนต่อวัน
λ_1	อัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุ 0-50 ปี	$\lambda_1 = \frac{1}{365 \times 12}$	ต่อคนต่อวัน
b	อัตราการเจริญเติบโต	$b = \frac{1}{365 \times 50}$	ต่อคนต่อวัน
γ_2	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\gamma_2 = \frac{1}{365 \times 7}$	ต่อคนต่อวัน
β_{2s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\beta_{2s} = \frac{1}{365}$	ต่อคนต่อวัน
λ_2	อัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\lambda_2 = \frac{1}{365 \times 12}$	ต่อคนต่อวัน
μ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	$\mu = \frac{1}{365 \times 75}$	ต่อคนต่อวัน
ω	อัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม	$\omega = \frac{1}{365 \times 0.5}$	ต่อคนต่อวัน

คำอธิบายค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองในตาราง 4.2

d คือ อัตราการเกิดของประชากรเพศหญิง คิดจาก อายุเฉลี่ยของประชากรเพศหญิงต่อคนในปีนั้น

ดังนั้น จะได้ $d = \frac{1}{365 \times 75}$ /วัน

ที่มา : http://bkps.ac.th/a06_Education/23Education.htm

γ_1 คือ อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม ต่อ 1 คน คิดจาก ระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งเต้านม ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 5 ปี

ดังนั้น จะได้ $\gamma_1 = \frac{1}{365 \times 5}$ /วัน

β_{1s} คือ อัตราการหายป่วย ต่อ 1 คน

ดังนั้น จะได้ $\beta_{1s} = \frac{1}{365}$ /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

λ_1 คือ อัตราเสี่ยงที่จะติดเชื้อ ต่อ 1 คน คัดจาก ระยะเวลาที่รักษาโรคมะเร็งเต้านมไปแล้วๆกลับมา เป็นใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 12 ปี

ดังนั้น จะได้ $\lambda_1 = \frac{1}{365 \times 12}$ /วัน

b คือ อัตราการเจริญเติบโต

ดังนั้น จะได้ $b = \frac{1}{365 \times 50}$ /วัน

γ_2 คือ อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี ต่อ 1 คน คัดจาก ระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งเต้านม ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 7 ปี

ดังนั้น จะได้ $\gamma_2 = \frac{1}{365 \times 7}$ /วัน

β_{2s} คือ อัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี ต่อ 1 คน

ดังนั้น จะได้ $\beta_{2s} = \frac{1}{365}$ /วัน

λ_2 คือ อัตราเสี่ยงที่จะติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี ต่อ 1 คน คัดจาก ระยะเวลาที่รักษาโรคมะเร็งเต้านมไปแล้วๆกลับมาเป็นใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 12 ปี

ดังนั้น จะได้ $\lambda_2 = \frac{1}{365 \times 12}$ /วัน

μ คือ อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ คัดจาก อายุเฉลี่ยของประชากรต่อคนในปีนั้น

ดังนั้น จะได้ $\mu = \frac{1}{365 \times 75}$ /วัน

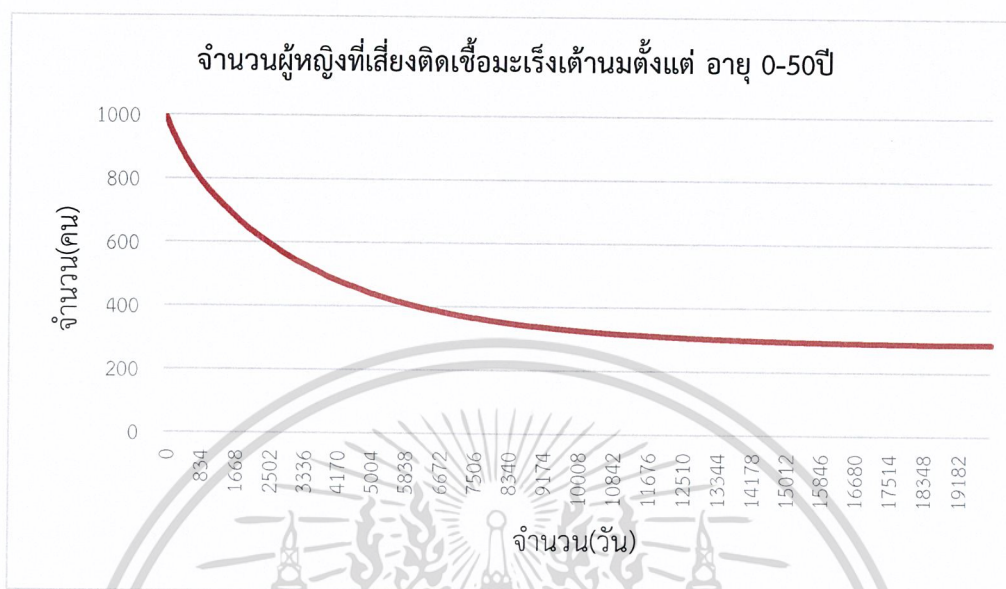
ω คือ อัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม คัดจาก การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 10 %

ดังนั้น จะได้ $\omega = \frac{1}{365 \times 0.5}$ /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

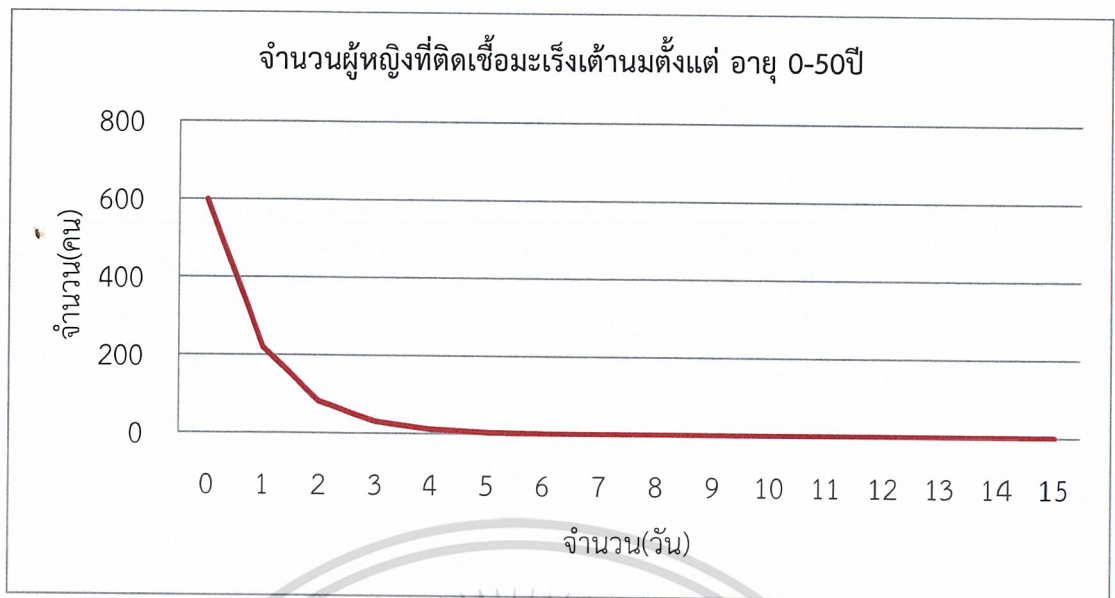
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Mathematica

จากการศึกษาเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมาคำนวณแล้ว ทำให้ได้กราฟ ดังต่อไปนี้

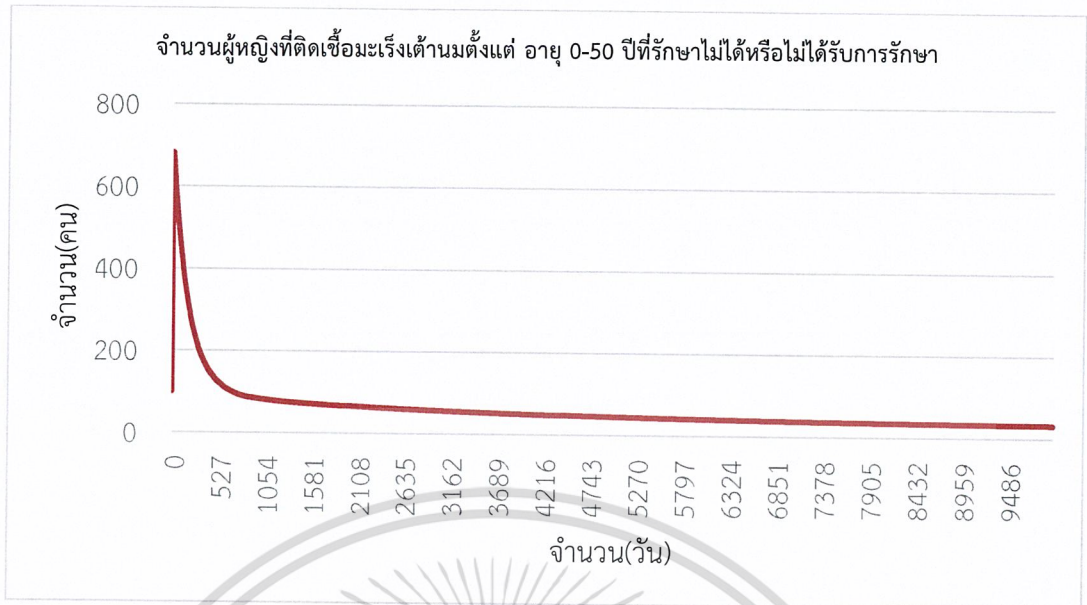


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 260 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 17,000 วัน นั้นแสดงว่าจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 17,000 วัน และสามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 17,000 วัน หรือประมาณ 47 ปี จะเหลือจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) อยู่ประมาณ 260 คน จากประชากรเริ่มต้น 1000 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีการเจริญเติบโตไปเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) หรือผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) หรือ เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 8 วัน นั่นแสดงว่าผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 8 วัน สามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 8 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 600 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) มีการเจริญเติบโตไปเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) หรือ จำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปี ที่รักษาได้ (I_{1s}) หรือ เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

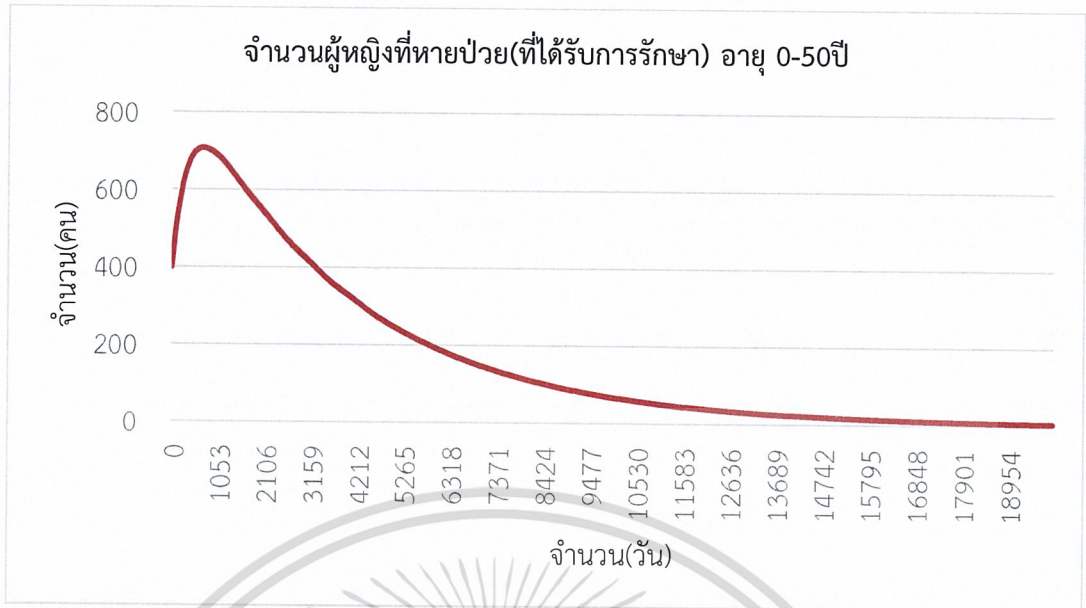


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) จะลู่เข้าสู่ค่า 25 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 8,000 วัน นั้นแสดงว่า ไม่สามารถรักษาผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้ (I_{1u}) กล่าวคือ เมื่อเวลา 8,000 วัน จะเหลือจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) อยู่ประมาณ 25 คน จากประชากรเริ่มต้น 100 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) ไม่เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านมก็จะเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



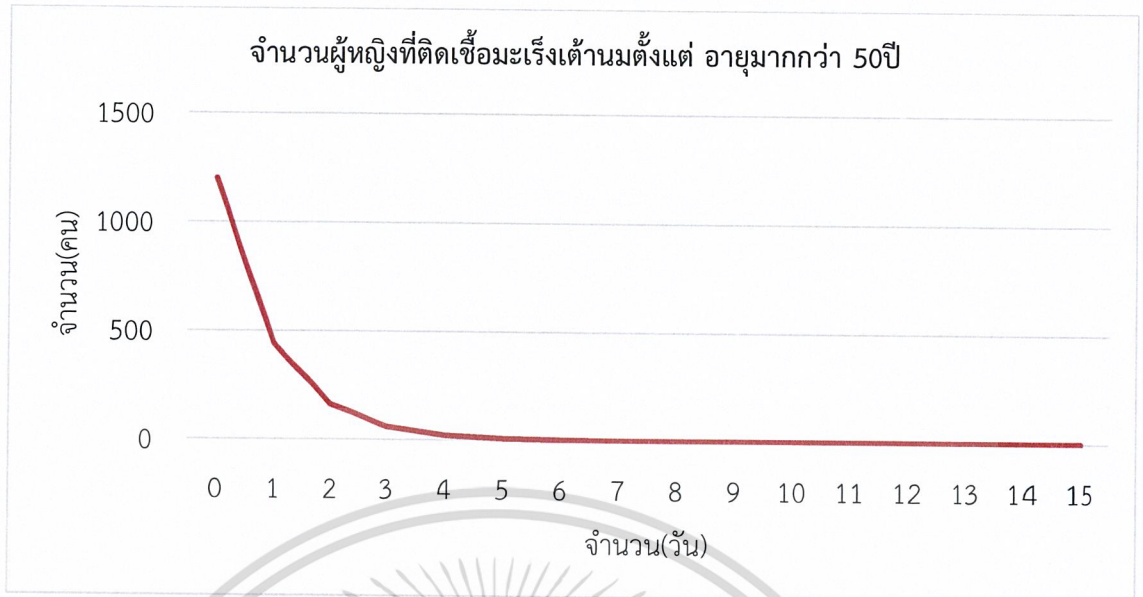
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 2,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) ดังนั้น ณ เวลา 2,000 วัน สามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 2,000 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 500 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) มีการเจริญเติบโตเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) หรือเสียชีวิตโดยธรรมชาติ



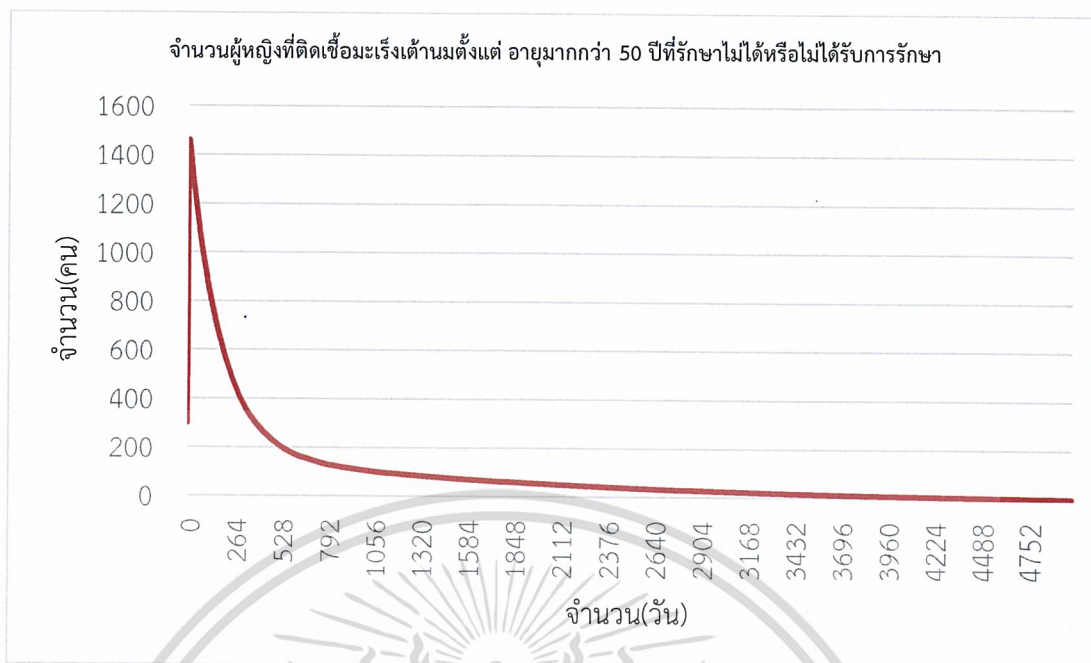
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 17,000 วัน นั้นแสดงว่ามีผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) ดังนั้น ณ เวลา 17,000 วัน และสามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 17,000 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 400 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) จะสามารถกลับมาเป็นโรคมะเร็งเต้านมใหม่หรือไม่ก็เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านมหรือไม่ก็เสียชีวิตโดยธรรมชาติ



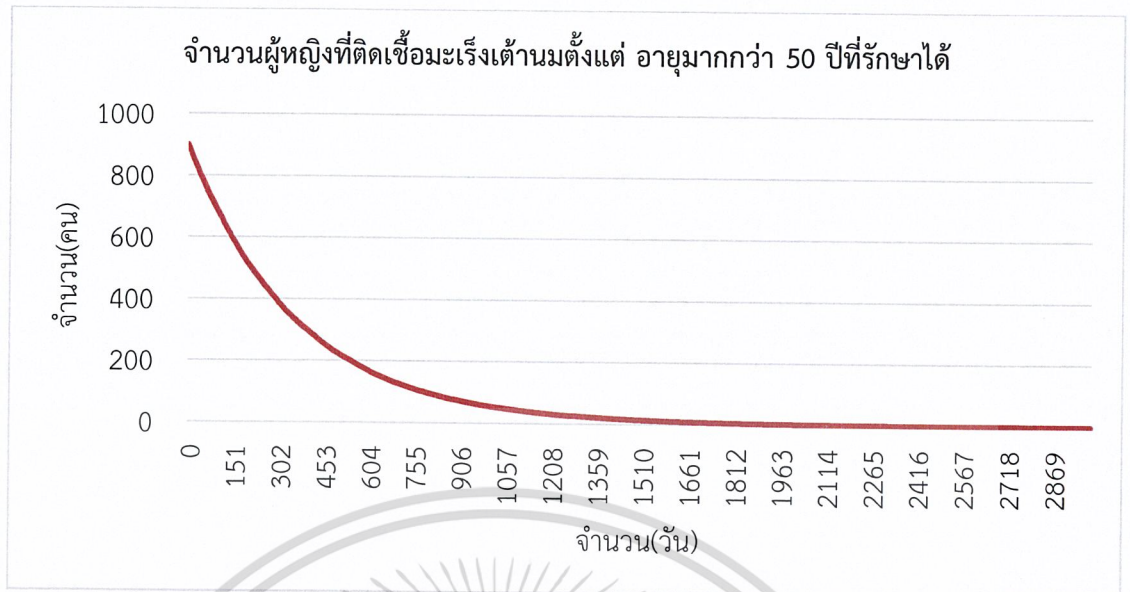
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 170 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 25,000 วัน นั้นแสดงว่าจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 25,000 วัน และสามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 25,000 วัน หรือประมาณ 68 ปี จะเหลือจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) อยู่ประมาณ 170 คน จากประชากรเริ่มต้น 2,200 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) มีการเจริญเติบโตไปเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) หรือเสียชีวิตโดยธรรมชาติ



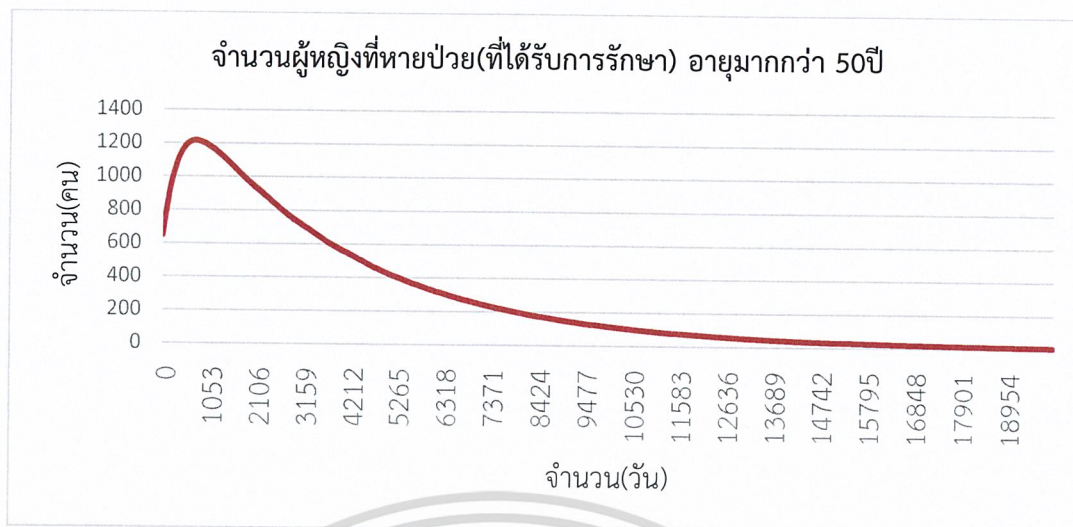
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 8 วัน นั่นแสดงว่าผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 8 วัน สามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 8 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 1,200 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) มีการเจริญเติบโตไปเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) หรือจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่ได้รับการรักษาได้ (I_{2s}) หรือเสียชีวิตโดยธรรมชาติ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 4,000 วัน นั้นแสดงว่า ไม่สามารถรักษาผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้ (I_{2u}) กล่าวคือ เมื่อเวลา 4,000 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 300 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) จะเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านมหรือไม่ก็เสียชีวิตโดยธรรมชาติ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 2,000 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) ดังนั้น ณ เวลา 2,000 วัน สามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 2,000 วัน กลุ่มประชากรนี้จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 900 คน เนื่องจากจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) มีการเจริญเติบโตไปเป็นกลุ่มจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) หรือเสียชีวิตโดยธรรมชาติ



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงจำนวนผู้สูงอายุที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 17,000 วัน นั่นแสดงว่ามีผู้สูงอายุที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) ดังนั้น ณ เวลา 17,000 วัน และสามารถควบคุมการระบาดของโรคได้ กล่าวคือ เมื่อเวลา 17,000 วัน กลุ่มประชากรนี้ก็จะหมดไป จากประชากรเริ่มต้น 650 คน เนื่องจากจำนวนผู้สูงอายุที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) จะสามารถกลับมาเป็นโรคมะเร็งเต้านมใหม่ได้หรือไม่ก็เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเต้านมหรือไม่ก็เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

พิจารณาค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวพบว่า γ_1 และ γ_2 เป็นค่าไม่คงที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ แล้วนำค่ามาคำนวณในโปรแกรม Mathematica เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของกราฟที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ดังต่อไปนี้

กรณี ค่าพารามิเตอร์ γ_1 และ γ_2 เปลี่ยน โดยที่ตัวอื่นๆคงที่ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 เมื่อค่า γ_1 และ γ_2 ลดลง เนื่องจากใช้เวลที่จะติดเชื้อมานานขึ้น

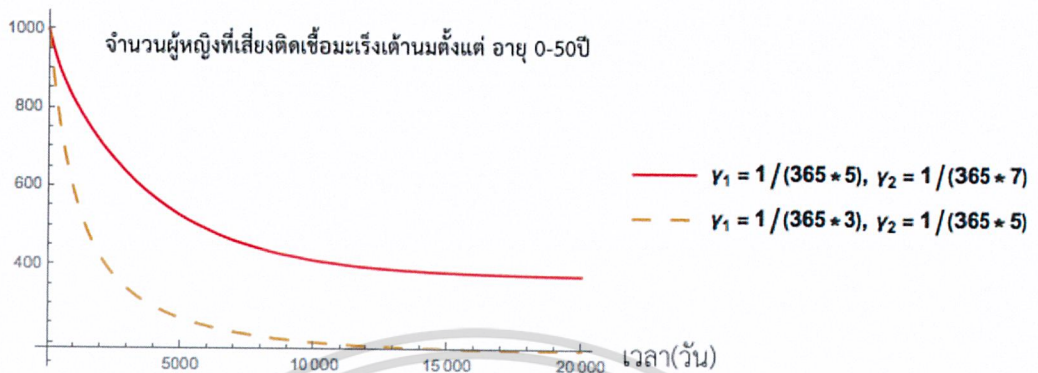
1.2 เมื่อค่า γ_1 และ γ_2 เพิ่มขึ้น เนื่องจากใช้เวลาที่ติดเชื้อมานานน้อยลง

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรเสริม (parameters) ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 1(ลดลง)	ชุดที่ 2(เพิ่มขึ้น)	
d	อัตราการเกิด	$d = \frac{1}{365 \times 75}$	$d = \frac{1}{365 \times 75}$	ต่อคนต่อวัน
γ_1	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ 0-50 ปี	$\gamma_1 = \frac{1}{365 \times 3}$	$\gamma_1 = \frac{1}{365 \times 7}$	ต่อคนต่อวัน
β_{1s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุ 0-50 ปี	$\beta_{1s} = \frac{1}{365}$	$\beta_{1s} = \frac{1}{365}$	ต่อคนต่อวัน
λ_1	อัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุ 0-50 ปี	$\lambda_1 = \frac{1}{365 \times 12}$	$\lambda_1 = \frac{1}{365 \times 12}$	ต่อคนต่อวัน
b	อัตราการเจริญเติบโต	$b = \frac{1}{365 \times 50}$	$b = \frac{1}{365 \times 50}$	ต่อคนต่อวัน
γ_2	อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\gamma_2 = \frac{1}{365 \times 5}$	$\gamma_2 = \frac{1}{365 \times 9}$	ต่อคนต่อวัน
β_{2s}	อัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\beta_{2s} = \frac{1}{365}$	$\beta_{2s} = \frac{1}{365}$	ต่อคนต่อวัน
λ_2	อัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี	$\lambda_2 = \frac{1}{365 \times 12}$	$\lambda_2 = \frac{1}{365 \times 12}$	ต่อคนต่อวัน
μ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	$\mu = \frac{1}{365 \times 75}$	$\mu = \frac{1}{365 \times 75}$	ต่อคนต่อวัน
ω	อัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม	$\omega = \frac{1}{365 \times 0.5}$	$\omega = \frac{1}{365 \times 0.5}$	ต่อคนต่อวัน

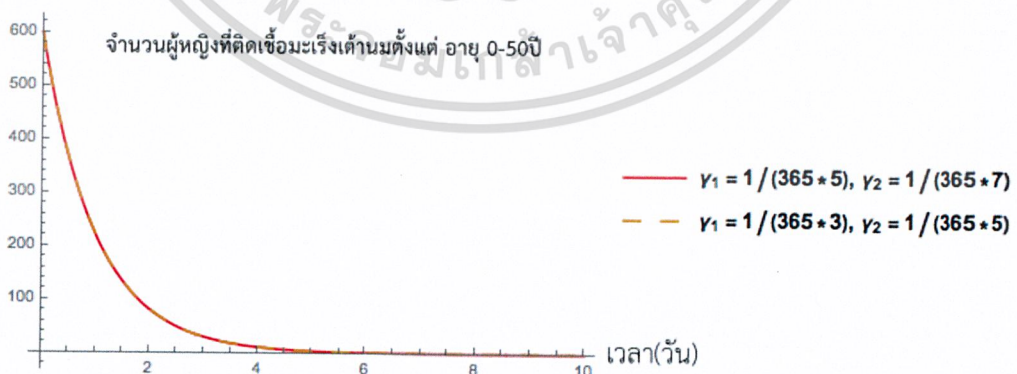
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่า γ_1 และ γ_2 ลดลง เนื่องจากใช้เวลาที่จะติดเชื้อมานานขึ้น ดังนี้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรลดลงเร็วกว่าปกติเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1)

เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี

(γ_2) ลดลง

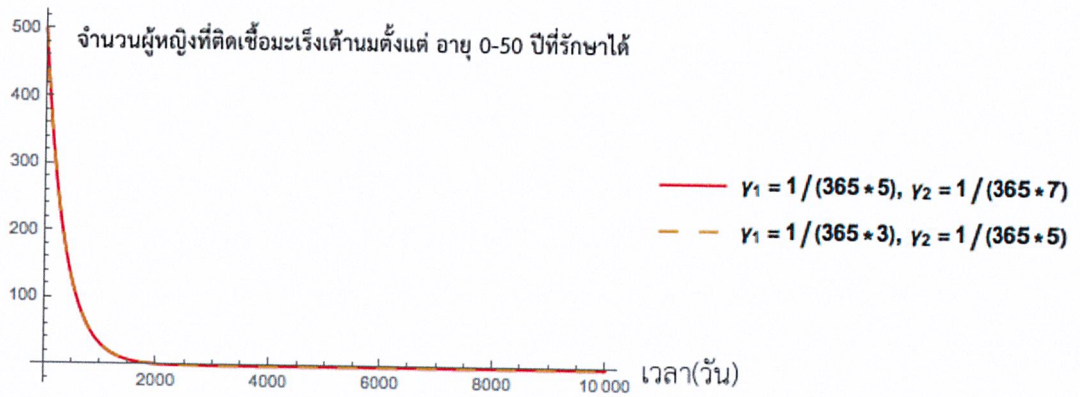
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



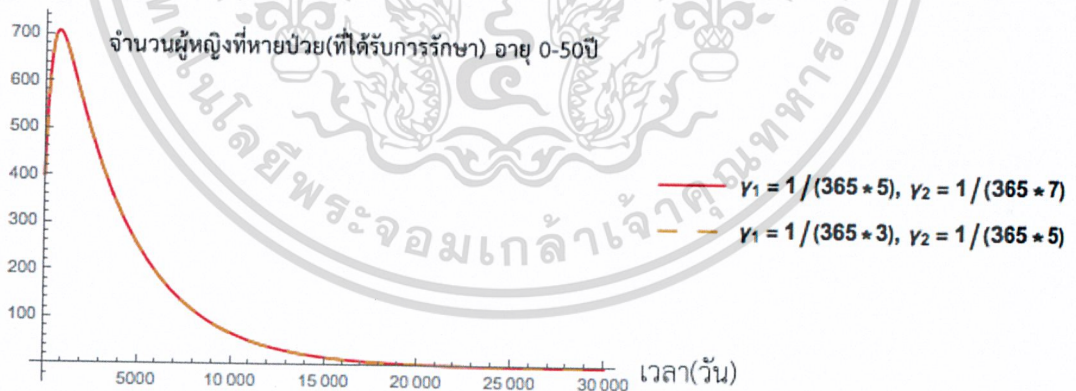
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติแต่ก็กลับมาเข้าจุดสมดุลเท่าเดิมเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

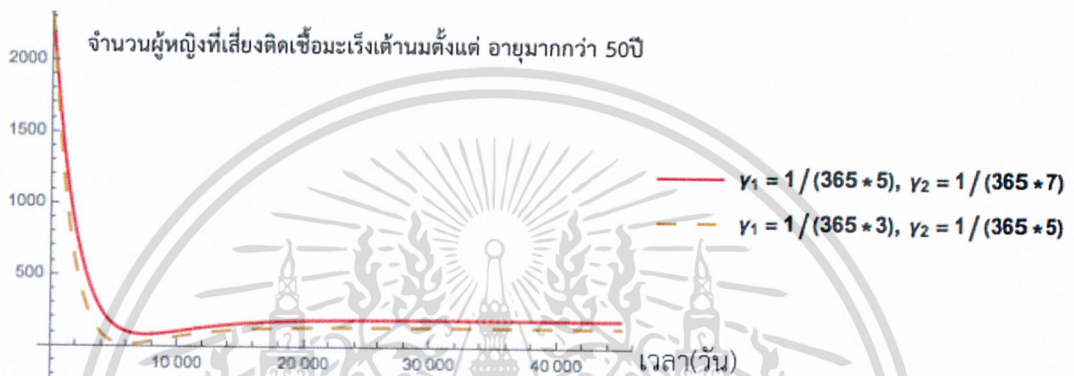
จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

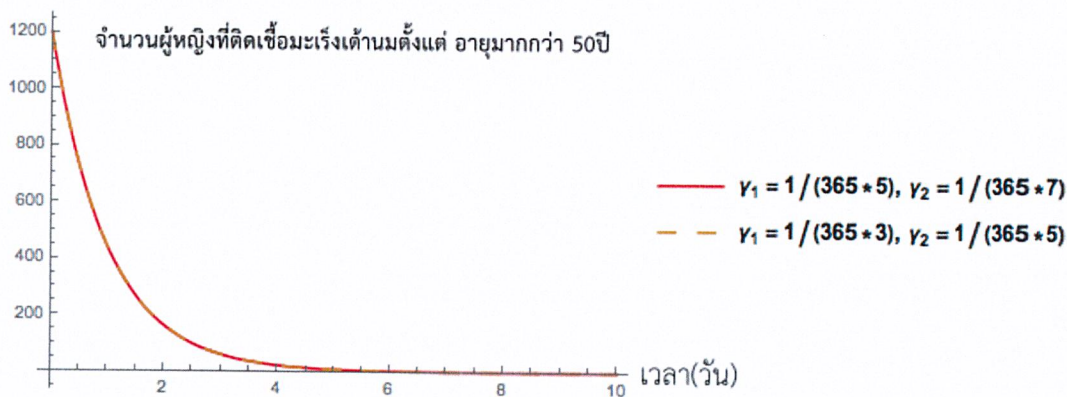
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรลดลงเร็วกว่าปกติเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลง

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2)



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี ที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลง

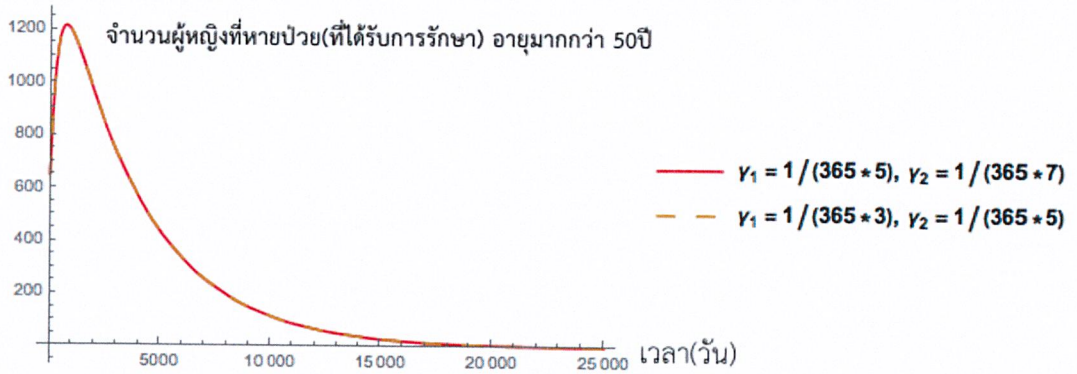
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่ากราฟแสดงกราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงกราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติแต่ก็กลับมาเข้าสู่จุดสมดุลเท่าเดิมเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

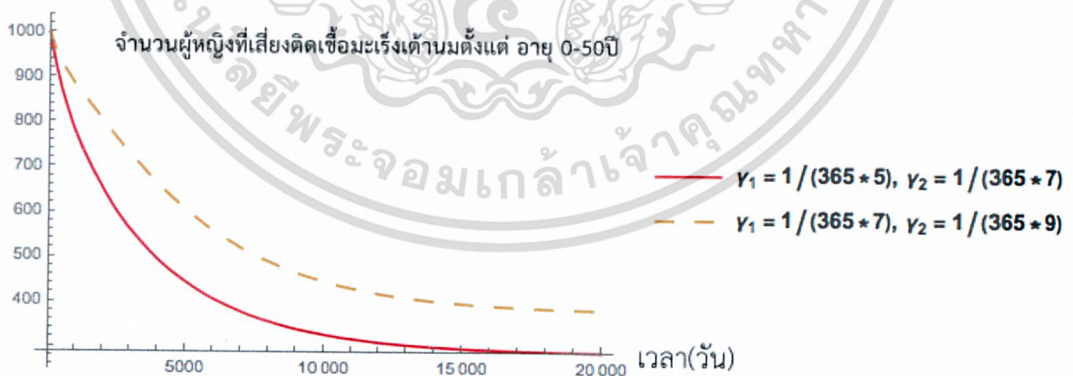
จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2_s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านมของคนอายุ มากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2_s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2_s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านมของคนอายุ มากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2_s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อลดอัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)

เมื่อค่า γ_1 และ γ_2 เพิ่มขึ้น เนื่องจากใช้เวลาที่ติดเชื้อน้อยลง ดังนี้



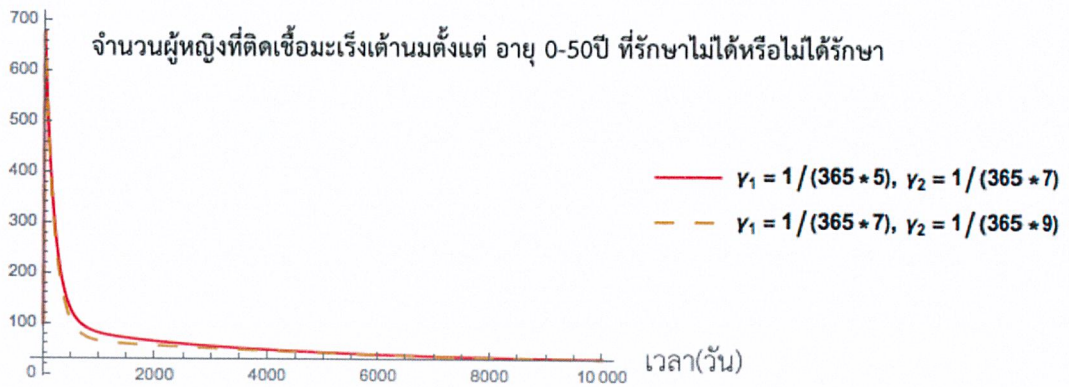
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (s_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.21 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติ เมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.22 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (I_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{1u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

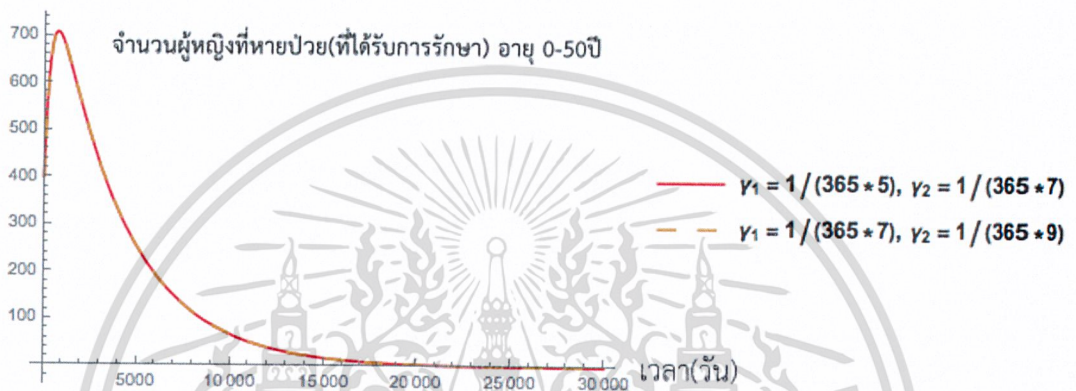
จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{1u}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่อายุ 0-50 ปี (S_1) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรลดลงเร็วกว่าปกติแต่ก็กลับมาเข้าจุดสมดุลเท่าเดิมเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

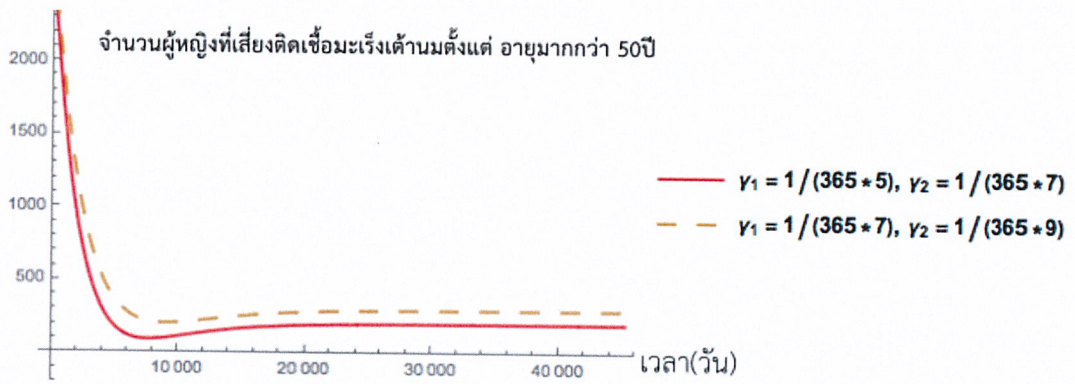
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.24 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่ได้รับการรักษาได้ (I_{1s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่ได้รับการรักษาได้ (I_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่ได้รับการรักษาได้ (I_{1s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



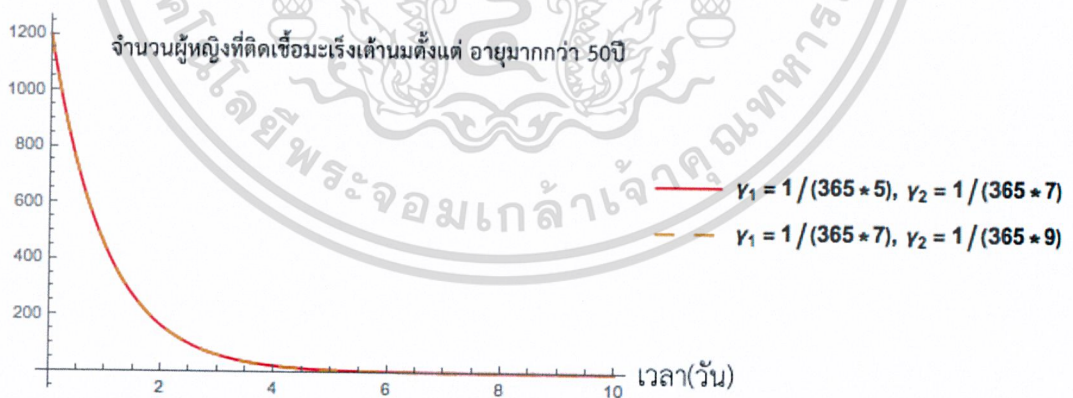
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติ เมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (I_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

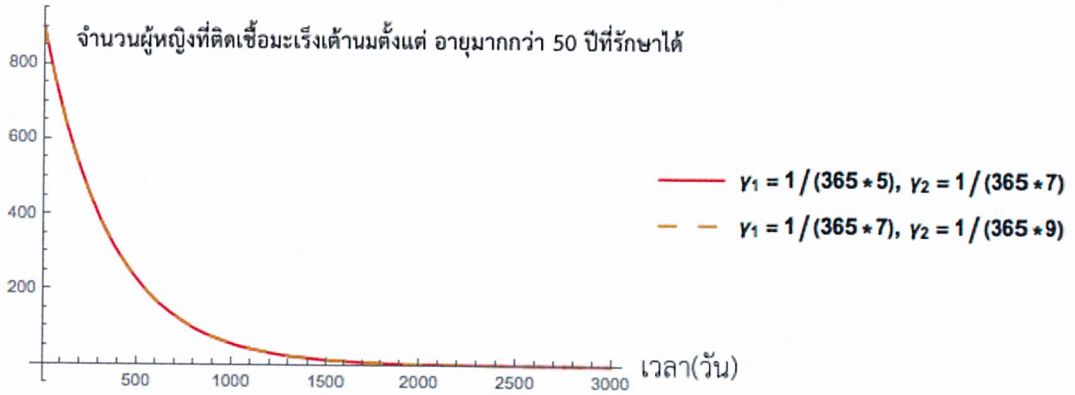
จากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{2u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

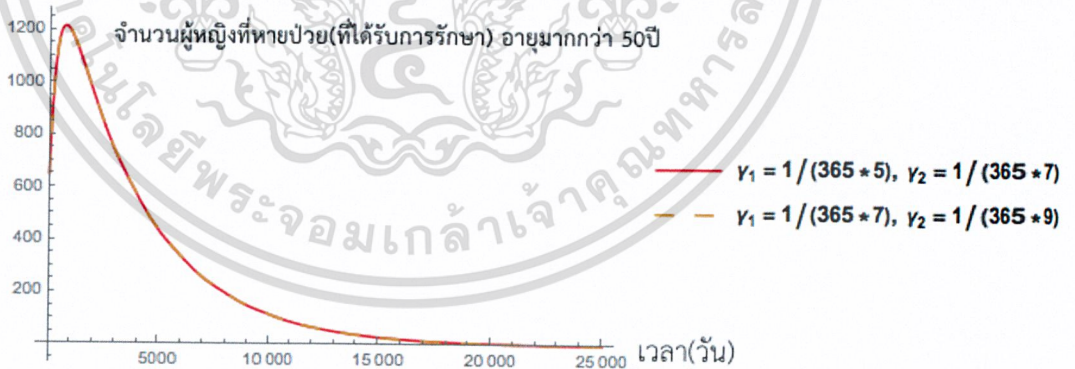
จากรูปที่ 4.28 จะเห็นว่ากราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{2u}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) ไม่เหมือนกับกราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{2u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รักษา (I_{2u}) มีการเปลี่ยนแปลงโดยที่จำนวนประชากรลดลงเร็วกว่าปกติแต่ก็กลับมาเข้าจุดสมดุลเท่าเดิมเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ มากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่ได้รับการรักษาได้ (I_{2s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ มากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)

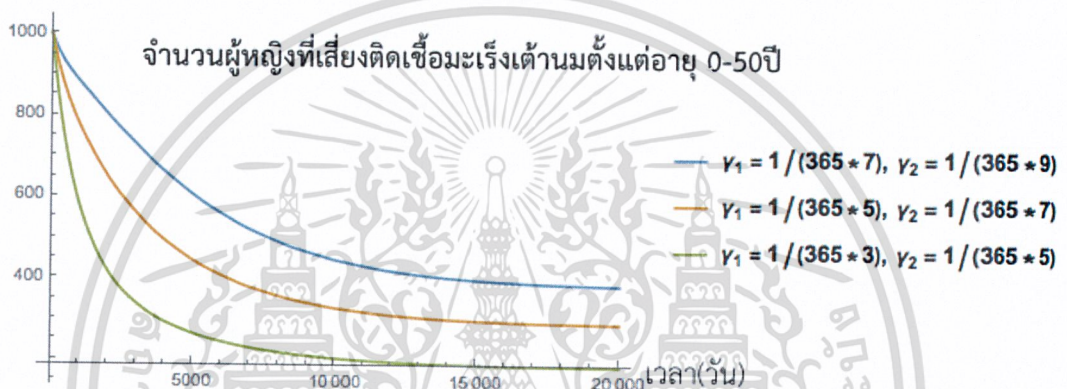


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ มากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น

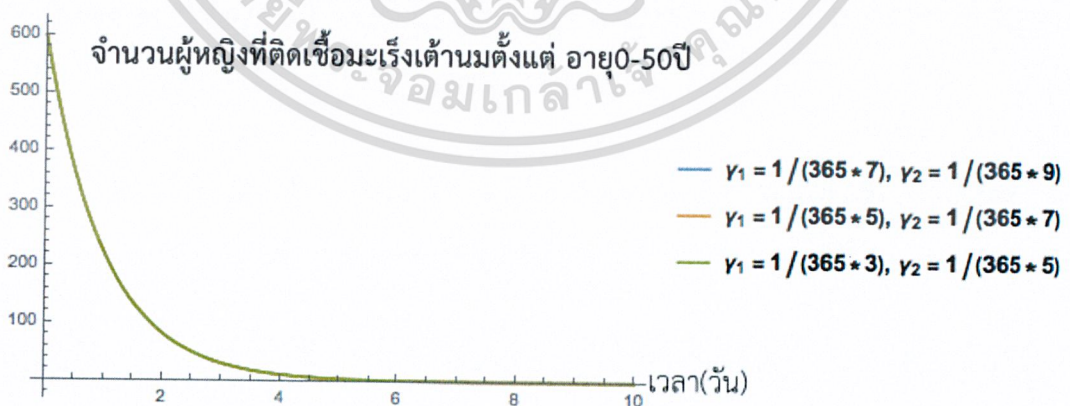
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.30 จะเห็นว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) (แทนด้วยเส้นสีแดง) เหมือนกับจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) เพิ่มขึ้น (แทนด้วยเส้นประสีส้ม) จะได้ว่ากราฟแสดงจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2)

กรณีเปรียบเทียบกราฟทั้ง 3 กรณี

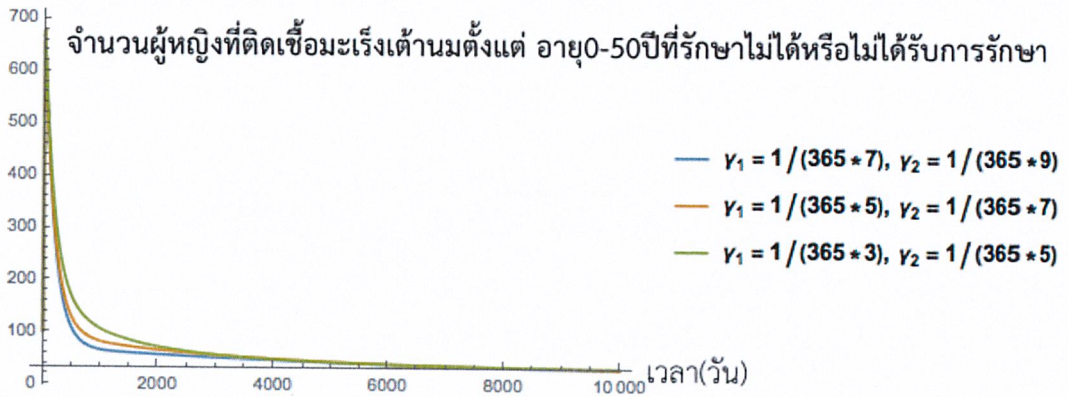


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่ อายุ 0-50 ปี (S_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมตั้งแต่ อายุ 0-50 ปี (I_1) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี

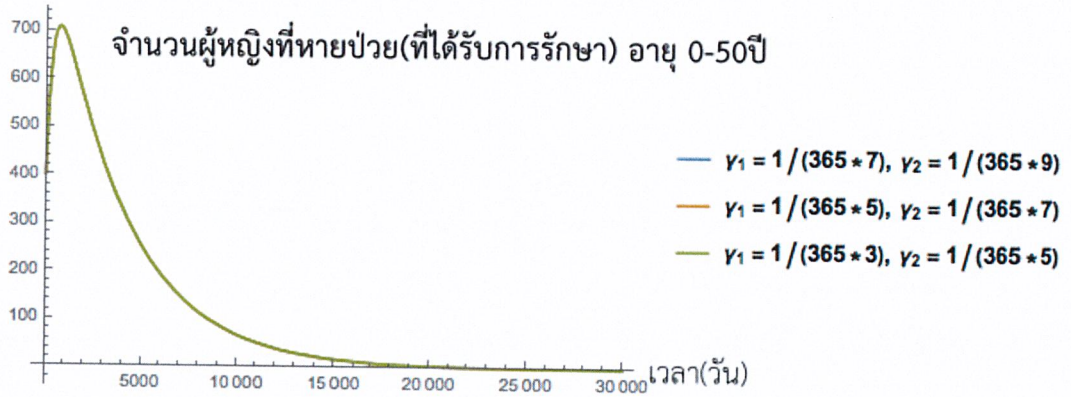
เอกสารนี้ (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น ทรัพยากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



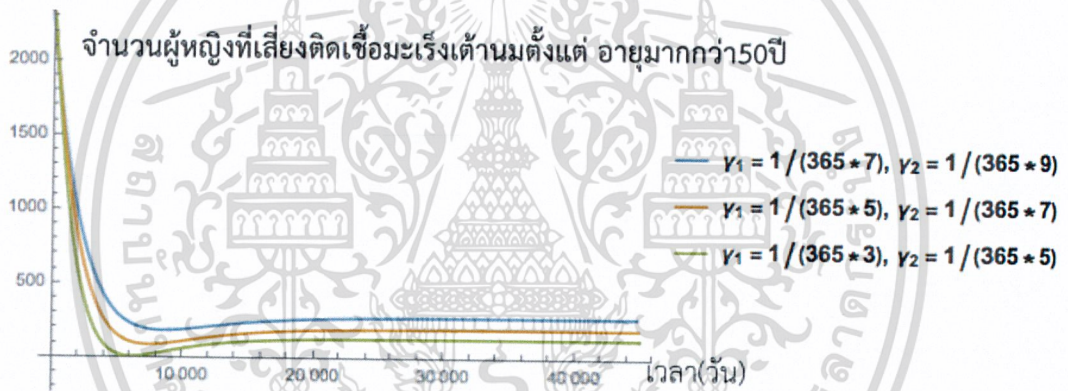
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{1u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



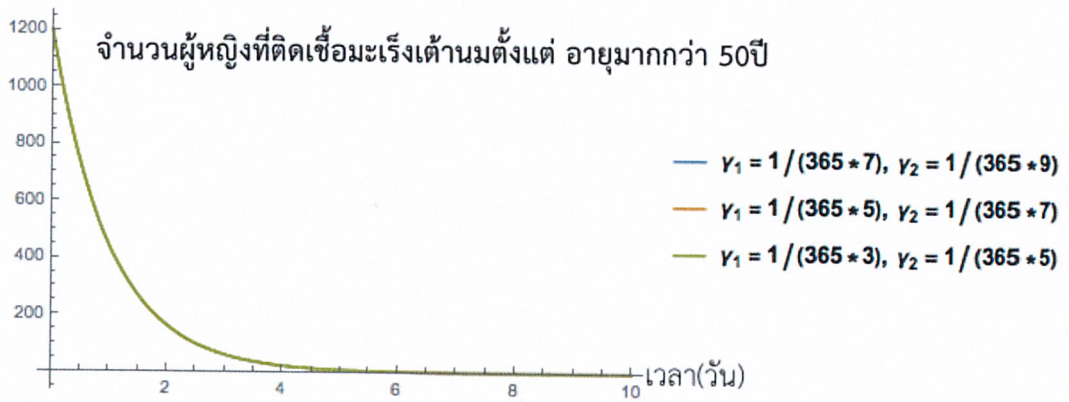
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ 0-50 ปีที่รักษาได้ (I_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



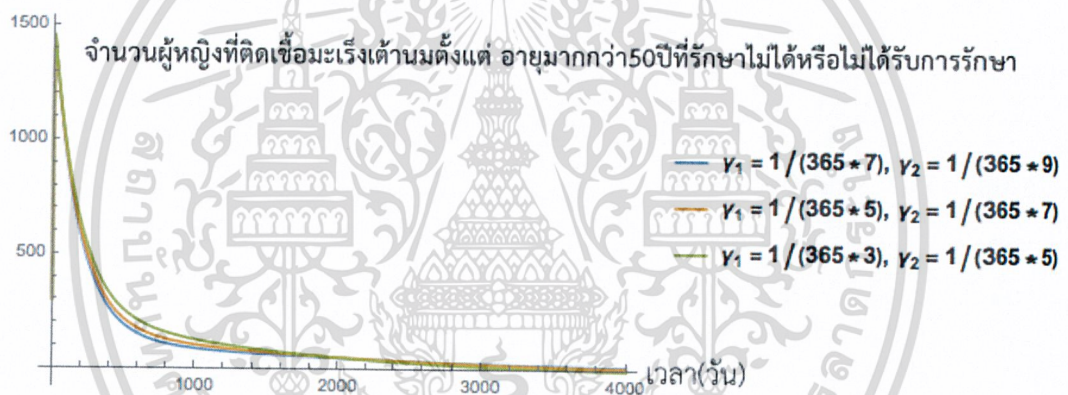
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ 0-50 ปี (R_{1s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



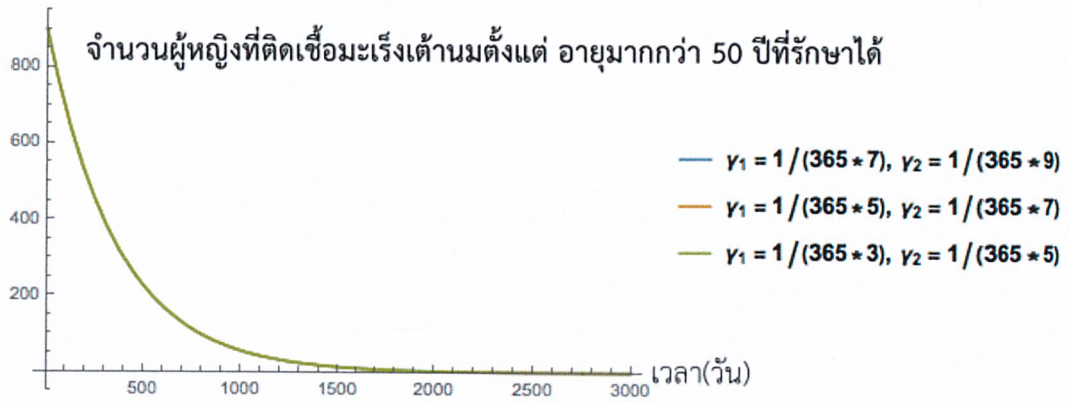
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุมากกว่า 50 ปี (S_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปี (I_2) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาไม่ได้หรือไม่ได้รับการรักษา (I_{2u}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านมอายุ มากกว่า 50 ปีที่รักษาได้ (I_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้หญิงที่หายป่วย (ที่ได้รับการรักษา) อายุ มากกว่า 50 ปี (R_{2s}) เมื่ออัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม (y_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (y_2) ลดลงและเพิ่มขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ปัญหาพิเศษนี้ได้เสนอรายละเอียดของโรคมะเร็งเต้านม (Breast cancer) ที่เกิดจากเพศหญิงมีฮอร์โมนเอสโตรเจนและฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของเต้านม และนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับโรคมะเร็งเต้านมนี้ จากนั้นก็พิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยนำเสนอและอธิบายแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม เพื่อเป็นแนวทางลดการระบาดของโรคมะเร็งเต้านม

แบบจำลองนี้เราได้สมมติประชากรเพศหญิง อัตราเกิดและเสียชีวิตของประชากรเพศหญิง อัตราเสี่ยงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านม และอัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม เป็นค่าที่ได้จากการสมมติ ซึ่งได้นำข้อมูลจากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-2558 ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

จากนั้นได้สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยสี่สมการเชิงอนุพันธ์ในรูปแบบของจำนวนประชากรเพศหญิงที่เสี่ยงติดเชื้อมะเร็งเต้านม (S) จำนวนประชากรเพศหญิงที่ติดเชื้อมะเร็งเต้านม (I) และจำนวนประชากรเพศหญิงที่หายป่วย (R) จากนั้นหาจุดสมดุลและความเสถียรของจุดสมดุล

จากการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมมีดังนี้

1. อัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ 0-50 ปี (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ถ้าอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุ 0-50 ปี (γ_1) และอัตราการติดเชื้อมะเร็งเต้านมของคนอายุมากกว่า 50 ปี (γ_2) ลดลง จะทำให้กราฟเข้าสู่จุดสมดุลได้ช้าลง เนื่องจากใช้เวลานานในการติดเชื้อ ยิ่งทำให้ลดการระบาดของโรคได้ช้า
2. อัตราการหายป่วยของคนอายุ 0-50 ปี (β_{1s}) และอัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี (β_{2s}) ถ้าอัตราการหายป่วยของคนอายุ 0-50 ปี (β_{1s}) และอัตราการหายป่วยของคนอายุมากกว่า 50 ปี (β_{2s}) ลดลง จะทำให้กราฟเข้าสู่จุดสมดุลได้ช้าลง เนื่องจากผู้ป่วยมีอาการแย่ง ยิ่งทำให้ลดการระบาดของโรคได้ช้า
3. อัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุ 0-50 ปี (λ_1) และอัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี (λ_2) ถ้าอัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุ 0-50 ปี (λ_1) และอัตราเสี่ยงที่จะกลับมาติดเชื้อของคนอายุมากกว่า 50 ปี (λ_2) ลดลง จะทำให้กราฟเข้าสู่จุดสมดุลได้ช้าลง เนื่องจากใช้เวลานานกว่าจะกลับมาติดเชื้อ ยิ่งทำให้ลดการระบาดของโรคได้ช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม (ω) ถ้าอัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านม (ω) ลดลง จะทำให้กราฟลู่อเข้าสู่จุดสมดุลได้ช้าลง เนื่องจากจำนวนวันของผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านมยิ่งเพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้ลดการระบาดของโรคได้ช้า

5.2 ข้อเสนอแนะ

พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการเป็นโรคมะเร็งเต้านมอย่างละเอียด ในแต่ละระยะของการเป็นโรคมะเร็งเต้านม และทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบวิธีการรักษาของโรคมะเร็งเต้านมในการรักษาแบบต่างๆ ว่าการรักษาแบบไหนจะได้ผลดีที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. (2560) หนังสือ Cancer in Thailand Vol.VIII,2010-2012

สืบค้นจาก

http://www.nci.go.th/th/File_download/Nci%20Cancer%20Registry/Cancer%20in%20Thailand8.pdf

[2] หนังสือ MATLAB for Engineers (2550) by Holly Moore

[3] An introduction to mathematical modeling by Edward A. Bender

[4] Wikipedia. (2560) เกี่ยวกับโรคมะเร็งเต้านม

สืบค้นจาก

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

[5] MATLAB: An Introduction with Applications by Amos Gilat

[6] ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์. มะเร็งเต้านม (Breast cancer).

[ออนไลน์].

สืบค้นจาก <http://haamor.com>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

[7] นพ. หะสัน มุหาหมัด. ระยะของมะเร็งเต้านม. [ออนไลน์].

สืบค้นจาก <http://www.thai breast cancer.com/ca-131/>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

[8] PobPad. มะเร็งเต้านม. [ออนไลน์].

สืบค้นจาก <https://www.pobpad.com>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

[9] รศ. ยืน ภู่วรวรรณ. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. [ออนไลน์].

สืบค้นจาก

https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet2/knowledge_math/cr_model_math.htm. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

[10] MedThai. มะเร็งเต้านม (Breast cancer) อาการ & การรักษาโรคมะเร็งเต้านม 6 วิธี !.

[ออนไลน์].

สืบค้นจาก <https://medthai.com>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2560.

ภาคผนวก

การหาจุดสมดุลของระบบสมการ

Solve[{d*N+Subscript[λ, 1]*J-b*A-Subscript[γ, 1]*A-μ*A==0,
 Subscript[γ, 1]*A-Subscript[γ, 1]*C-(1-Subscript[γ, 1])*C-μ*C==0,
 (1-Subscript[γ, 1])*C-μ*Z-ω*Z==0,
 Subscript[γ, 1]*C-Subscript[β, 11]*D-μ*D==0,
 Subscript[β, 11]*D-Subscript[λ, 1]*J-μ*J==0,
 b*A-Subscript[λ, 2]*K-Subscript[γ, 2]*B-μ*B==0,
 Subscript[γ, 2]*B-Subscript[γ, 2]*F-(1-Subscript[γ, 2])*F-μ*F==0,
 (1-Subscript[γ, 2])*F-μ*H-ω*H==0,
 Subscript[γ, 2]*F-Subscript[β, 21]*G-μ*G==0,
 Subscript[β, 21]*G-Subscript[λ, 2]*K-μ*K==0}],{A,B,C,D,Z,F,G,H,J,K}]

$$\left\{ \left\{ A \rightarrow \frac{dN(-1-\mu)(-\mu-\beta_{11})(-\mu-\lambda_1)}{(-1-\mu)(-\mu-\beta_{11})(-\mu-\beta_{11})-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1}, B \rightarrow \frac{bdN(1+\mu)^2(\mu+\beta_{11})(\mu+\beta_{21})(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2)}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)(\mu^3+\mu^4+\mu^2\beta_{21}+\mu^3\beta_{21}+\mu^2\gamma_2+\mu^3\gamma_2+\mu\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\lambda_2+\mu^3\lambda_2+\mu\beta_{21}\lambda_2+\mu^2\beta_{21}\lambda_2+\mu\gamma_2\lambda_2+\mu^2\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\mu\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2^2\lambda_2)} \right\}, \right.$$

$$C \rightarrow \frac{dN(\mu+\beta_{11})\gamma_1(\mu+\lambda_1)}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)},$$

$$D \rightarrow \frac{dN\gamma_1^2(\mu+\lambda_1)}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)},$$

$$Z \rightarrow -\left(\frac{dN(\mu+\beta_{11})(-1-\gamma_1)\gamma_1(\mu+\lambda_1)}{(\mu+\omega)(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)} \right),$$

$$E \rightarrow \frac{bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{11})(\mu+\beta_{21})\gamma_2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2)}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)}$$

$$\left(\mu^3+\mu^4+\mu^2\beta_{21}+\mu^3\beta_{21}+\mu^2\gamma_2+\mu^3\gamma_2+\mu\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\lambda_2+\mu^3\lambda_2+\mu\beta_{21}\lambda_2+\mu^2\beta_{21}\lambda_2+\mu\gamma_2\lambda_2+\mu^2\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\mu\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2^2\lambda_2 \right),$$

$$G \rightarrow \frac{bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{11})\gamma_2^2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2)}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)}$$

$$\left(\mu^3+\mu^4+\mu^2\beta_{21}+\mu^3\beta_{21}+\mu^2\gamma_2+\mu^3\gamma_2+\mu\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\lambda_2+\mu^3\lambda_2+\mu\beta_{21}\lambda_2+\mu^2\beta_{21}\lambda_2+\mu\gamma_2\lambda_2+\mu^2\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\mu\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2^2\lambda_2 \right),$$

$$H \rightarrow -\left(\frac{bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{11})(\mu+\beta_{21})(-1+\gamma_2)\gamma_2(\mu+\lambda_1)(\mu+\lambda_2)}{(\mu+\omega)(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)}$$

$$\left(\mu^3+\mu^4+\mu^2\beta_{21}+\mu^3\beta_{21}+\mu^2\gamma_2+\mu^3\gamma_2+\mu\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\lambda_2+\mu^3\lambda_2+\mu\beta_{21}\lambda_2+\mu^2\beta_{21}\lambda_2+\mu\gamma_2\lambda_2+\mu^2\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\mu\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2^2\lambda_2 \right),$$

$$J \rightarrow \frac{dN\beta_{11}\gamma_1^2}{(b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)},$$

$$K \rightarrow \frac{bdN(1+\mu)(\mu+\beta_{11})\beta_{21}\gamma_2^2(\mu+\lambda_1)}{((b\mu^2+\mu^3+b\mu^3+\mu^4+b\mu\beta_{11}+\mu^2\beta_{11}+b\mu^2\beta_{11}+\mu^3\beta_{11}+\mu^2\gamma_1+\mu^3\gamma_1+\mu\beta_{11}\gamma_1+\mu^2\beta_{11}\gamma_1+b\mu\lambda_1+\mu^2\lambda_1+b\mu^2\lambda_1+\mu^3\lambda_1+b\beta_{11}\lambda_1+\mu\beta_{11}\lambda_1+b\mu\beta_{11}\lambda_1+\mu^2\beta_{11}\lambda_1+\mu\gamma_1\lambda_1+\mu^2\gamma_1\lambda_1+\beta_{11}\gamma_1\lambda_1+\mu\beta_{11}\gamma_1\lambda_1-\beta_{11}\gamma_1^2\lambda_1)}$$

$$\left(\mu^3+\mu^4+\mu^2\beta_{21}+\mu^3\beta_{21}+\mu^2\gamma_2+\mu^3\gamma_2+\mu\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\beta_{21}\gamma_2+\mu^2\lambda_2+\mu^3\lambda_2+\mu\beta_{21}\lambda_2+\mu^2\beta_{21}\lambda_2+\mu\gamma_2\lambda_2+\mu^2\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\mu\beta_{21}\gamma_2\lambda_2+\beta_{21}\gamma_2^2\lambda_2 \right) \} \}$$

รูปที่ 1 ขั้นตอนการหาจุดสมดุลของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
m={d*N+Subscript[λ, 1]*J-b*A-Subscript[γ, 1]*A-μ*A,
Subscript[γ, 1]*A-Subscript[γ, 1]*C-(1-Subscript[γ, 1])*C-μ*C,
(1-Subscript[γ, 1])*C-μ*Z-ω*Z,
Subscript[γ, 1]*C-Subscript[β, 11]*D-μ*D,
Subscript[β, 11]*D-Subscript[λ, 1]*J-μ*J,
b*A-Subscript[λ, 2]*K-Subscript[γ, 2]*B-μ*B,
Subscript[γ, 2]*B-Subscript[γ, 2]*F-(1-Subscript[γ, 2])*F-μ*F,
(1-Subscript[γ, 2])*F-μ*H-ω*H,
Subscript[γ, 2]*F-Subscript[β, 21]*G-μ*G,
Subscript[β, 21]*G-Subscript[λ, 2]*K-μ*K}
```

```
{-A b + d N - A μ - A γ1 + J λ1, -C μ - C (1 - γ1) + A γ1 - C γ1,
-Z μ - Z ω + C (1 - γ1), -D μ - D β11 + C γ1, -J μ + D β11 - J λ1, A b - B μ - B γ2 - K λ2,
-F μ - F (1 - γ2) + B γ2 - F γ2, -H μ - H ω + F (1 - γ2), -G μ - G β21 + F γ2, -K μ + G β21 - K λ2}
```

```
ans=D[m,{{A,C,Z,D,J,B,F,H,G,K}}]
```

```
{{-b - μ - γ1, 0, 0, 0, λ1, 0, 0, 0, 0, 0}, {γ1, -1 - μ, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{0, 1 - γ1, -μ - ω, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}, {0, γ1, 0, -μ - β11, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{0, 0, 0, β11, -μ - λ1, 0, 0, 0, 0, 0}, {b, 0, 0, 0, 0, -μ - γ2, 0, 0, 0, -λ2},
{0, 0, 0, 0, 0, γ2, -1 - μ, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0, 0, 1 - γ2, -μ - ω, 0, 0},
{0, 0, 0, 0, 0, 0, γ2, 0, -μ - β21, 0}, {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, β21, -μ - λ2}
```

```
MatrixForm[x*IdentityMatrix[10]-ans]
```

$$\begin{pmatrix} b + x + \mu + \gamma_1 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\gamma_1 & 1 + x + \mu & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 + \gamma_1 & x + \mu + \omega & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_1 & 0 & x + \mu + \beta_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{11} & -x + \mu + \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x + \mu + \gamma_2 & 0 & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\gamma_2 & 1 + x + \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 + \gamma_2 & x + \mu + \omega & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\gamma_2 & 0 & x + \mu + \beta_{21} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{21} & x + \mu + \lambda_2 \end{pmatrix}$$

รูปที่ 2 ขั้นตอนการหาจาคอเบียนเมทริกซ์ของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาผลเฉลยทางตัวเลขของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมโดยแทนพารามิเตอร์

```

d=1/(75*365);
Subscript[γ, 11]=1/(5*365);
Subscript[β, 11]=1/(365);
Subscript[λ, 1]=1/(12*365);
b=1/(50*365);
Subscript[λ, 2]=1/(12*365);
Subscript[γ, 21]=1/(7*365);
Subscript[β, 21]=1/(365);
μ=1/(75*365);
ω=1/(0.5*365);

ans1=NDSolve[{A1'[t]==d*5000+Subscript[λ, 1]*J1[t]-b*A1[t]-Subscript[γ, 11]*A1[t]-μ*A1[t],
M1'[t]==Subscript[γ, 11]*A1[t]-Subscript[γ, 11]*M1[t]-(1-Subscript[γ, 11])*M1[t]-μ*M1[t],
Z1'[t]==(1-Subscript[γ, 11])*M1[t]-μ*Z1[t]-ω*Z1[t],
L1'[t]==Subscript[γ, 11]*M1[t]-Subscript[β, 11]*L1[t]-μ*L1[t],
J1'[t]==Subscript[β, 11]*L1[t]-Subscript[λ, 1]*J1[t]-μ*J1[t],
B1'[t]==b*A1[t]-Subscript[λ, 2]*Q1[t]-Subscript[γ, 21]*B1[t]-μ*B1[t],
F1'[t]==Subscript[γ, 21]*B1[t]-Subscript[γ, 21]*F1[t]-(1-Subscript[γ, 21])*F1[t]-μ*F1[t],
H1'[t]==(1-Subscript[γ, 21])*F1[t]-μ*H1[t]-ω*H1[t],
G1'[t]==Subscript[γ, 21]*F1[t]-Subscript[β, 21]*G1[t]-μ*G1[t],
Q1'[t]==Subscript[β, 21]*G1[t]-Subscript[λ, 2]*Q1[t]-μ*Q1[t],
A1[0]==1000,M1[0]==600,Z1[0]==100,L1[0]==500,J1[0]==400,B1[0]==2200,F1[0]==1200,
H1[0]==300,G1[0]==900,Q1[0]==650},
{A1,M1,Z1,L1,J1,B1,F1,H1,G1,Q1},{t,0,100000000}]

```

{A1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar], M1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar],
 Z1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar], L1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar],
 J1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar], B1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar],
 F1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar], H1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar],
 G1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar], Q1 → InterpolatingFunction[Domain: {{0, 1. x 10⁸}}, Output: scalar]}

รูปที่ 3 ขั้นตอนการหาผลเฉลยทางตัวเลขของแบบจำลองโรคมะเร็งเต้านมโดยแทนพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า Routh-Hurwitz criteria

```
ExpandAll[(x+μ+ω)^2 (-Subscript[β, 1]) γ12 Subscript[λ, 1] + (1+x+μ) (x+μ+Subscript[β, 1]) ×
(b+x+μ+Subscript[γ, 1]) (x+μ+Subscript[λ, 1]) (Subscript[β, 2]) γ22 Subscript[λ, 2] + (1+x+μ) ×
(x+μ+Subscript[β, 2]) (x+μ+Subscript[γ, 2]) (x+μ+Subscript[λ, 2])]]
0.0015212 + 0.055699 x + 0.795652 x2 + 5.76583 x3 + 22.9929 x4 + 53.0247 x5 + 73.6486 x6 + 62.4448 x7 + 31.5352 x8 + 8.68286 x9 + x10
```

รูปที่ 4 ผลเฉลยที่ได้จากการแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการที่หาได้จากจาโคเบียน

$$h_1 = a_1$$

$$8.68286$$

รูปที่ 5 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_1

$$h_2 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1\}, \{a_3, a_2\}\}]$$

$$\text{atrixForm} = \begin{pmatrix} 8.68286 & 1 \\ 62.4448 & 31.5352 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1\}, \{a_3, a_2\}\}]$$

รูปที่ 6 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_2

$$h_3 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1, 0\}, \{a_3, a_2, a_1\}, \{a_5, a_4, a_3\}\}]$$

$$\text{atrixForm} = \begin{pmatrix} 8.68286 & 1 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1, 0\}, \{a_3, a_2, a_1\}, \{a_5, a_4, a_3\}\}]$$

$$8106.88$$

รูปที่ 7 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_4 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4\}\}]$$

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4\}\}]$$

315 695.

รูปที่ 8 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_4

$$h_5 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5\}\}]$$

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5\}\}]$$
 8.36496×10^6 รูปที่ 9 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_5

$$h_6 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1, 1\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3, a_2\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5, a_4\}, \{0, a_{10}, a_9, a_8, a_7, a_6\}\}]$$

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1, 1\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3, a_2\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5, a_4\}, \{0, a_{10}, a_9, a_8, a_7, a_6\}\}]$$
 9.93722×10^7 รูปที่ 10 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_6

$$h_7 = \text{MatrixForm}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0, 0, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1, 1, 0\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3, a_2, a_1\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5, a_4, a_3\}, \{0, a_{10}, a_9, a_8, a_7, a_6, a_5\}, \{0, 0, 0, a_{10}, a_9, a_8, a_7\}\}]$$

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 & 1 & 0 \\ 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 & 31.5352 & 8.68286 \\ 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 & 73.6486 & 62.4448 \\ 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 & 22.9929 & 53.0247 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0015212 & 0.055699 & 0.795652 & 5.76583 \end{pmatrix}$$

$$\text{Det}[\{\{a_1, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}, \{a_3, a_2, a_1, 1, 0, 0, 0\}, \{a_5, a_4, a_3, a_2, a_1, 1, 0\}, \{a_7, a_6, a_5, a_4, a_3, a_2, a_1\}, \{a_9, a_8, a_7, a_6, a_5, a_4, a_3\}, \{0, a_{10}, a_9, a_8, a_7, a_6, a_5\}, \{0, 0, 0, a_{10}, a_9, a_8, a_7\}\}]$$
 3.21478×10^8 รูปที่ 11 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

h8=MatrixForm[{{a1,1,0,0,0,0,0,0},{a3,a2,a1,1,0,0,0,0},{a5,a4,a3,a2,a1,1,0,0},
{a7,a6,a5,a4,a3,a2,a1,1},{a9,a8,a7,a6,a5,a4,a3,a2},{0,a10,a9,a8,a7,a6,a5,a4},{0,0,0,a10,a9,a8,a7,a6},{0,0,0,0,0,a10,a9,a8}}]
1.57778 × 108

```

รูปที่ 12 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_8

```

h9=MatrixForm[{{a1,1,0,0,0,0,0,0,0},{a3,a2,a1,1,0,0,0,0,0},{a5,a4,a3,a2,a1,1,0,0,0},{a7,a6,a5,a4,a3,a2,a1,1,0},
{a9,a8,a7,a6,a5,a4,a3,a2,a1},{0,a10,a9,a8,a7,a6,a5,a4,a3},{0,0,0,a10,a9,a8,a7,a6,a5},{0,0,0,0,0,a10,a9,a8,a7},{0,0,0,0,0,0,0,a10,a9}}]
6.34871 × 106

```

รูปที่ 13 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_9

```

h10=MatrixForm[{{a1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0},{a3,a2,a1,1,0,0,0,0,0,0},{a5,a4,a3,a2,a1,1,0,0,0,0},{a7,a6,a5,a4,a3,a2,a1,1,0,0},
{a9,a8,a7,a6,a5,a4,a3,a2,a1,1},{0,a10,a9,a8,a7,a6,a5,a4},{0,0,0,a10,a9,a8,a7,a6,a5,a4},{0,0,0,0,0,a10,a9,a8,a7,a6},{0,0,0,0,0,0,0,a10,a9,a8},
{0,0,0,0,0,0,0,0,a10}}]
9657.63

```

รูปที่ 14 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_{10}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้