

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่
ในประเทศไทย

MATHEMATICAL MODEL OF COLON CANCER
IN THAILAND



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **ปีการศึกษา 2560** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATHEMATICAL MODELLING OF COLON 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ACADEMIC YEAR 2017-2018 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



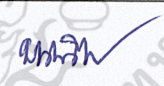
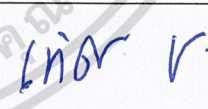
หัวข้อปัญหาพิเศษ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย
 Mathematical Model of Colon Cancer in Thailand

ชื่อนักศึกษา นายกิตติ เกษรบัว รหัสนักศึกษา 57050014
 นายคชาวุฒิ เอี่ยมสอาด รหัสนักศึกษา 57050020
 นางสาวณภาพร ชูดำ รหัสนักศึกษา 57050037

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
 ภาควิชา คณิตศาสตร์
 ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พันธินี พงศ์สัมพันธ์
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.เทิดขวัญ ช่างเผือก

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

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.เตชา สมณะ ประธานและกรรมการ	
ดร.สิริพร แชนนำ วินเทอร์ กรรมการ	
รศ.ดร.พันธินี พงศ์สัมพันธ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.เทิดขวัญ ช่างเผือก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย	
ชื่อนักศึกษา	นายกิตติ เกษรบัว	รหัสนักศึกษา 57050014
	นายคชาวุฒิ เอี่ยมสอาด	รหัสนักศึกษา 57050020
	นางสาวณภาพร ชูดำ	รหัสนักศึกษา 57050037
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)	
ภาควิชา	คณิตศาสตร์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.เทิดขวัญ ช่างเผือก	

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการติดเชื้อของผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย ผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ ผู้จัดทำได้ศึกษาสาเหตุการเกิดโรคและระยะการติดเชื้อมะเร็งลำไส้ใหญ่ หลังจากนั้นได้ใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางลดจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์คือ จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ของประเทศไทย ในแต่ละปีตามช่วงอายุ ตามเพศและตามระยะของโรคตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2558

คำสำคัญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โรคมะเร็งลำไส้

Title	Mathematical Model of Colon Cancer in Thailand	
Student	Mr.Kitti Kaesonbua	Student ID 57050014
	Mr.Kathawuth amsaard	Student ID 57050020
	Miss.Yapaporn chudam	Student ID 57050037
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)	
Department	Mathematics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL)	
Academic Year	2017	
Advisor	Assoc.Prof.Dr.Puntani Pongsumpun	
Co-advisor	Dr.Thurdkwun Changpuek	

Abstract

The purpose of this special problem is to use as a guide to study about infection of colon cancer patients in Thailand. We have applied mathematical knowledge to create a mathematical model to examine the colon cancer cases. In this modeling process, we find out the cause of disease and phase of infection. After that, we used theory of mathematical for analyze the way to reduce the number of colon cancer patients. The considered data are the number of colon cancer patients in Thailand each year, according to the age, gender and phase of the disease between 2003 and 2015

Keywords: mathematical model , colon cancer

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษหัวข้อ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ผู้ซึ่งอยู่เบื้องหลัง คอยอบรมสั่งสอน ให้ความอบอุ่นและเป็นกำลังใจในการจัดทำปัญหาพิเศษมาตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พันธณี พงศ์สัมพันธ์ และ ดร.เทิดขวัญ ช้างเผือก อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำหัวข้อปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมถึงการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เดชา สมณะ และ ดร.สิริพร แชนนำ วินเทอร์ อาจารย์สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประธานกรรมการ และกรรมการ ปัญหาพิเศษ ที่ได้คำแนะนำและชี้แจงจุดบกพร่องที่ควรแก้ไข ช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับปัญหาพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ในภาควิชา คณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ซึ่งให้ความรู้ทางวิชาการและความรู้อันเป็นพื้นฐาน ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ จนกระทั่งคณะผู้จัดทำมีความสามารถที่จะดำเนินปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กิตติ เกษรบัว

คชาวุฒิ เอี่ยมสอาด

ญภาพร ชูดำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ.....	4
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	4
1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	6
2.2 ประวัติและความเป็นมา.....	6
2.3 สาเหตุของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	7
2.4 อาการของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	7
2.5 การแพร่กระจายของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	8
2.5.1 ระยะของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	8
2.5.2 การวินิจฉัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	13
2.6 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	16
2.7 วิธีป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	22
2.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	23
2.8.1 แบบจำลอง.....	24
2.8.2 การสร้างแบบจำลอง.....	24
2.9 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคติดเชื้อ.....	28
2.9.1 แบบจำลอง SIR.....	28
2.10 นิยามที่เกี่ยวข้อง.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน 2.10.1 คำลักษณะเฉพาะ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ได้ 31 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.10.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ.....	32
2.10.3 การหาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ขนาด $n \times n$	32
2.10.4 จาคอบีเยนเมทริกซ์.....	33
2.10.5 การหาจุดสมดุล.....	33
2.10.6 การหาผลเฉลยจุดสมดุลของระบบ.....	34
2.10.7 วิธีการทดสอบแบบ Routh-Hurwitz criteria.....	35
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
2.11.1 มะเร็งลำไส้ใหญ่ในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พ.ศ.2542-2548 และอัตราการรอดชีวิตใน 5 ปี.....	36
2.11.2 งานวิจัยเรื่องปัจจัยทำนายระยะเวลาก่อนการรักษาของ ผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ ทวารหนัก.....	36
2.11.3 งานวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความปวด อาการอ่อนล้า ภาวะซึมเศร้า กับคุณภาพการฟื้นตัวของผู้ป่วย ภายหลังจากผ่าตัดมะเร็ง ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก.....	36
บทที่ 3 แบบจำลองของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	37
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	37
3.1.1 แบ่งตามช่วงอายุ.....	37
3.1.2 แบ่งตามเพศ.....	40
3.1.3 แบ่งตามระยะของโรค.....	41
3.2 การสร้างแบบจำลองของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	43
3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	48
3.4 จุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	58
3.5 ความเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	60
3.6 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อน กลับไปเป็นผู้เสี่ยง.....	68
3.7 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง.....	70
3.8 จุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงเท่านั้น ไม่ได้นำมาตีพิมพ์ในหนังสือใช้ประโยชน์ได้ 76 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.9 ความเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง.....	80
บทที่ 4 ผลการวิจัย และ และอธิปราชผล.....	93
4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข.....	93
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรเสริมในแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย และ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไป เป็นผู้เสี่ยง.....	104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ.....	136
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	136
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	137
เอกสารอ้างอิง.....	138
ภาคผนวก.....	139

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	5
2.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรของแบบจำลอง <i>SIR</i>	28
2.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริมของแบบจำลอง <i>SIR</i>	29
3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	45
3.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริมต่างๆของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	46
3.3 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริมต่าง ๆของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับ กรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง.....	69
4.1 ค่าตัวแปรของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย.....	93
4.2 ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย.....	94
4.3 ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง.....	95

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงเซลล์ที่ผิดปกติในลำไส้ใหญ่.....	8
2.2 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 1.....	9
2.3 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2.....	9
2.4 แสดงเซลล์ที่มีการลุกลามจากชั้นเยื่อบุผิวด้านในลำไส้ใหญ่ ไปยังชั้นกล้ามเนื้อ ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3.....	10
2.5 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงไม่เกิน 3 ต่อม ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3.....	11
2.6 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงตั้งแต่ 4 ต่อมขึ้นไป ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3.....	11
2.7 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ไกลจากลำไส้ใหญ่ ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 4.....	12
2.8 ภาพการตรวจเอกซเรย์ลำไส้ใหญ่โดยการสวนแป้งแบเรียม (Barium enema).....	13
2.9 ภาพการส่องกล้องตรวจมะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย (Sigmoidoscopy).....	14
2.10 ภาพการส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ทั้งหมด (Colonoscopy).....	14
2.11 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยการตัดต่อลำไส้ (Resection).....	17
2.12 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยการตัดลำไส้ และเปิดช่องขับถ่ายทาง หน้าท้อง (Resection and Colostomy).....	17
2.13 แสดงการอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง.....	23
2.14 แสดงขั้นตอนการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้.....	27
2.15 แบบจำลอง <i>SIR</i>	28
2.16 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง <i>SIR</i> ของสมการ (2.1).....	30
2.17 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง <i>SIR</i> ของสมการ (2.2).....	30
2.18 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง <i>SIR</i> ของสมการ (2.3).....	30
3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละช่วงอายุ.....	38
3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละเพศ.....	40
3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละช่วงอายุ.....	41
3.4 แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่.....	44
3.5 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.1).....	49
3.6 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.2).....	50
3.7 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.3).....	51

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.4).....	52
3.9 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.5).....	53
3.10 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.6).....	54
3.11 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.7).....	54
3.12 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.8).....	55
3.13 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.9).....	55
3.14 แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนไปเป็นผู้เสี่ยง.....	68
3.15 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.19).....	71
3.16 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.24).....	72
3.17 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.25).....	73
3.18 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.26).....	73
3.19 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.27).....	74
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1	
4.1 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	104
4.2 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	104
4.3 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	105
4.4 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	105
4.5 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	106
4.6 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	106
4.7 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	107
4.9 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	108
4.10 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	108
4.11 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	109
4.12 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	109
4.13 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	110
4.14 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	110
4.15 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	111
4.16 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	111
4.17 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	112
4.18 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	112
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงโดยใช้ ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1	
4.19 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	113

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	113
4.21 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	114
4.22 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	114
4.23 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	115
4.24 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	115
4.25 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	116
4.26 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	116
4.27 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	117
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงโดยใช้ ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2	
4.28 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	117
4.29 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	118
4.30 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	118
4.31 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	119
4.32 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	120
4.34 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	120
4.35 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	121
4.36 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	121
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงโดยใช้ ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 3	
4.37 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	122
4.38 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	122
4.39 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	123
4.40 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	123
4.41 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	124
4.42 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	124
4.43 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	125
4.44 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	125
4.45 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงโดยใช้ ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 4	
4.46 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (วัน).....	126
4.47 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	127
4.48 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	127
4.49 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	128
4.50 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในระยะเวลาที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	128
4.51 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน).....	129
4.52 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (วัน).....	129
4.53 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (วัน).....	130
4.54 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (วัน).....	130
4.55 กราฟเปรียบเทียบของจำนวนประชากรผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S).....	131
4.56 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 1 (R_1).....	132
4.57 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 2 (R_2).....	133
4.58 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 3 (R_3).....	134
4.59 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 4 (R_4).....	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Colon cancer) คือ โรคร้ายที่เซลล์ปกติในลำไส้ใหญ่มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนควบคุมไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจใช้เวลานานเป็นปี ๆ ในระยะแรก ๆ เซลล์อาจเป็นเพียงแค่นีโพลหรือเนื้องอกธรรมดา แต่หากปล่อยทิ้งไว้ไม่รักษาหรือตัดทิ้ง เนื้องอกอาจลุกลามกลายเป็นมะเร็งได้ อย่างไรก็ตาม มะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนใหญ่แพทย์สามารถรักษาให้หายขาดได้ ถ้าสามารถตรวจวินิจฉัยและรักษาได้เร็ว

มะเร็งลำไส้ใหญ่จัดเป็นโรคของผู้ใหญ่ เพราะมักพบในช่วงอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป และเป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยมากเป็นอันดับ 3 ของมะเร็งทั้งหมดทั้งในผู้ชายและผู้หญิงทั่วโลก พบได้มากในประเทศแถบอเมริกาเหนือ ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ ยุโรปเหนือ และยุโรปตะวันตก สำหรับในประเทศไทยนั้นพบได้มากเป็นอันดับ 3 ของมะเร็งในผู้ชาย และเป็นอันดับ 5 ของมะเร็งในผู้หญิง โดยมากกว่า 90% มักพบในคนที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป (แต่ก็อาจพบในเด็กโตได้) ผู้ชายและผู้หญิงมีโอกาสเกิดโรคนี้อันได้ใกล้เคียงกัน หรือพบเกิดได้ในผู้ชายมากกว่าผู้หญิงเล็กน้อย (ทั่วโลกพบผู้ป่วยใหม่เป็นโรคนี้นี้ประมาณ 1 ล้านคนต่อปี และเสียชีวิตจากโรคประมาณ 5 แสนคนต่อปี)

ลำไส้ใหญ่แบ่งออกเป็นสองส่วนที่อยู่ในช่องท้อง (Colon) และส่วนที่อยู่ในท้องน้อยหรืออุ้งเชิงกรานที่เรียกว่าลำไส้ตรง (Rectum) หลายคนจึงเรียกว่า “โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง” (Colorectal Cancer) โดยจะพบมะเร็งเกิดกับลำไส้ใหญ่ส่วนที่อยู่ในช่องท้องมากกว่าที่ลำไส้ตรง (จากสถิติในประเทศไทย เมื่อช่วงปี พ.ศ.2544-2546 ในผู้ชายพบมะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนที่อยู่ในช่องท้อง 7.4 ราย และส่วนที่อยู่ในลำไส้ตรง 3.7 ราย ต่อประชากรชาย 100,000 คน และในผู้หญิงพบมะเร็งลำไส้ใหญ่ ส่วนที่อยู่ในช่องท้องใน 5.2 ราย และส่วนที่อยู่ในลำไส้ตรง 2.6 ราย ต่อประชากรหญิง 100,000 คน)

ปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่แต่พบว่ามีปัจจัยเสี่ยงหลายอย่างที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรค ได้แก่

- การมีประวัติคนในครอบครัวสายตรงเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มาก่อน (โดยเฉพาะในครอบครัวที่มีสมาชิกเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มาก่อนอายุ 60 ปี จะมีความเสี่ยงมากขึ้น) อาจเป็นผลมาจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม หรือการสัมผัสสารก่อมะเร็งร่วมกันในครอบครัวก็ได้

- พ่อ, แม่, พี่, น้อง, ลูก เป็นโรคนี้อัน 1 คน จะมีความเสี่ยง 2-3 เท่า

- พ่อ, แม่, พี่, น้อง, ลูก เป็นโรคนี้อัน 2 คน จะมีความเสี่ยง 3-4 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พ่อ, แม่, พี่, น้อง, ลูก เป็นโรคนี้อย่างน้อยโดยที่มีอายุน้อยกว่า 50 ปีจะมีความเสี่ยง 3-4 เท่า
- ปู่, ย่า, ตา, ยาย, ลุง, ป้า, น้า, อา เป็นโรคนี้อันหนึ่ง 1 คน จะมีความเสี่ยง 1.5 เท่า
- ปู่, ย่า, ตา, ยาย, ลุง, ป้า, น้า, อา เป็นโรคนี้อันหนึ่ง 2 คน จะมีความเสี่ยง 2-3 เท่า
- พ่อ, แม่, พี่, น้อง, ลูก มีเนื้องอกตั้งเนื้อ (Polyps) ที่ลำไส้ 1 คน จะมีความเสี่ยง 2 เท่า
- การมีตั้งเนื้อในลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะชนิดที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ (Familial adenomatous polyposis) เมื่ออายุมากขึ้น ตั้งเนื้อนี้จะมีโอกาสกลายเป็นมะเร็งได้เมื่อเวลาผ่านไป (ส่วนการมีประวัติมีตั้งเนื้อ (Polyps) โดยเฉพาะการมีตั้งเนื้อหลายก้อนและก้อนมีขนาดใหญ่ก็เสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้เช่นกัน)
- การมีประวัติเป็นโรคลำไส้ใหญ่อักเสบหรือเป็นแผลเรื้อรัง ได้แก่ โรคลำไส้ใหญ่อักเสบเป็นแผล (Ulcerative colitis) โรคโครห์น (Crohn's disease) ซึ่งเป็นโรคที่เกิดขึ้นโดยไม่ทราบสาเหตุ
- มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป เพราะโดยส่วนใหญ่มากกว่า 90% โรคนี้อันหนึ่งมักเกิดกับคนที่อายุ 50 ปีขึ้นไป แต่ก็อาจพบได้ในคนวัยหนุ่มสาวและวัยรุ่นได้
- เพศและเชื้อชาติ เพราะพบว่าผู้หญิงชาวอเมริกันจะมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้มากกว่าผู้ชาย ส่วนคนผิวดำจะมีความเสี่ยงมากกว่าคนผิวขาว แต่คนผิวดำในทวีปแอฟริกากลับมีความเสี่ยงต่ำมาก
- เคยมีประวัติเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ มะเร็งมดลูก หรือมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูกมาก่อน
- เคยมีประวัติได้รับการฉายรังสีรักษา มะเร็งชนิดอื่นที่บริเวณท้องมาก่อน
- ผู้ที่รักษามะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งอัมพาต จะเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่
- เคยมีประวัติผ่าตัดถุงน้ำดี น้ำดีไม่มีถุงพัก จึงไหลลงลำไส้ตลอดเวลาและเกิดการระคายเคืองจนกลายเป็นมะเร็ง
- การกินอาหารเนื้อแดง (เช่น เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อแกะ เนื้อแพะ และตับ) เนื้อที่ผ่านกระบวนการ เนื้อสัตว์ที่ผ่านการทอด ปิ้ง หรือย่างไหมเกรียม อาหารเค็มหรืออาหารหมักดอง อาหารจำพวกแป้ง และอาหารที่มีไขมันสูง ร่วมกับอาหารที่มีเส้นใยน้อย (ขาดผักและผลไม้) จึงทำให้เกิดอาการท้องผูก อุจจาระแข็งค้างอยู่ในลำไส้ใหญ่ เยื่อบุลำไส้จึงมีโอกาสสัมผัสกับสารก่อมะเร็ง (ซึ่งพบได้มากในกากอาหารจากอาหารจำพวกไขมัน) นานขึ้น
- อาการท้องผูกมีความสัมพันธ์กับมะเร็งลำไส้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสูบบุหรี่เป็นระยะเวลานาน เพราะจากการศึกษาพบว่า ผู้ที่สูบบุหรี่จะมีความเสี่ยงเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มากกว่าผู้ที่ไม่สูบบุหรี่
- การดื่มแอลกอฮอล์จัด พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่
- ขาดการออกกำลังกายหรือเป็นโรคอ้วน พบว่าเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้สูงขึ้น
- การทำงานเป็นกะ จากการศึกษพบว่า ผู้ที่ทำงานเป็นกะมากกว่า 3 คืนต่อเดือนอย่างน้อย 15 ปีจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ในผู้หญิง ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับเมลาโทนิน (Melatonin)
- เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (ภาวะที่มีน้ำตาลในเลือดสูง “Hyperglycemia”) พบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้สูงขึ้น
- เป็นโรคทางพันธุกรรมบางอย่าง เช่น มะเร็งที่เกิดจากการมีติ่งเนื้อมาก ๆ ในลำไส้ (Familial adenomatous polyposis – FAP), ภาวะถ่ายถอดมะเร็งลำไส้ง่ายแบบที่ไม่สัมพันธ์กับติ่งเนื้อ (Hereditary nonpolyposis colorectal cancer – HNPCC)

หมายเหตุ : ปัจจัยเสี่ยง หมายถึง การมีโอกาสเกิดมะเร็งเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่า การมีปัจจัยเสี่ยงหรือมีความเสี่ยงหลายอย่างจะต้องเป็นมะเร็งเสมอไป หรือการที่ไม่มีปัจจัยเสี่ยงใด ๆ เลยก็ไม่ได้หมายความว่า จะไม่มีโอกาสเป็นมะเร็งเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงสูงก็ควรไปพบแพทย์เพื่อตรวจหามะเร็งลำไส้ใหญ่อยู่เสมอ

มะเร็งลำไส้ใหญ่เป็นโรคที่มีความรุนแรงปานกลาง แต่ก็มีโอกาสรักษาให้หายได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะของโรคและสุขภาพโดยรวมของผู้ป่วยเป็นสำคัญ โดยอัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปี ในโรคระยะที่ 1 คือประมาณ 75%, ระยะที่ 2 ประมาณ 40-70%, ระยะที่ 3 ประมาณ 20-60% และระยะที่ 4 ประมาณ 0-10% ถ้าตรวจพบตั้งแต่ระยะแรกเริ่ม การรักษาด้วยการผ่าตัดสามารถทำให้หายขาดได้ ส่วนในรายที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อหุ้มลำไส้ (Serosa) และต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง การผ่าตัดร่วมกับการให้ยาเคมีบำบัด และ/หรือรังสีบำบัดก็สามารถช่วยให้มีชีวิตรอดยืนยาวได้นานหลายปี แต่ถ้ามะเร็งแพร่กระจายไปไกล การรักษา ก็มักจะไม่ได้ผลไม่สู้ดี และผู้ป่วยอาจมีชีวิตรอดอยู่ได้ประมาณ 6-12 เดือน

ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวทั้งหมด จึงต้องมีการควบคุม การป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพื่อเป็นการลดจำนวนประชากรที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตในแต่ละระยะ โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิเคราะห์แนวทางการลดการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

- 1) เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มลดของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามช่วงอายุ ตามเพศ ตามระยะของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่
- 2) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ แล้วยังใช้เป็นตัวบ่งชี้วัดจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปีอีกทั้งเป็นแนวทางในการป้องกันโรคและลดจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี
- 3) เพื่อใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการควบคู่กับสถิติการเกิดโรคของประชากรในประเทศไทยของโรคที่เฝ้าระวังของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ (National Cancer Institute)

1.3 ขอบเขตของปัญหา

วิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ของประชากรในประเทศไทยในแต่ละปีตามช่วงอายุ ตามเพศ และตามระยะของโรค ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2558 เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยโดยคิดกรณีที่เิ่มกลับไปเป็นโรคมะเร็งลำไส้อีก

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

- 1) ค้นคว้าหาข้อมูลการเกิดโรคมะเร็งลำไส้
- 2) รวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดโรคมะเร็งลำไส้
- 3) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการเกิดโรคมะเร็งลำไส้
- 4) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 5) วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ว่าสามารถใช้ได้จริงหรือไม่
- 6) ทดสอบแบบจำลองที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่
- 7) พัฒนาแบบจำลองที่ได้ใหม่ ถ้าแบบจำลองไม่เหมาะสม
- 8) สรุปผลที่ได้จากแบบจำลองและเสนอแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อลดความเสี่ยงของประชากรไทยในการเป็นโรคมะเร็งลำไส้
- 2) เสนอแนวทางใหม่เพื่อลดการเกิดโรคมะเร็งลำไส้
- 3) เป็นแนวทางในการวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงาน 9 เดือน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาในการดำเนินงาน									
	2560					2561				
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	
1. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเลือกหัวข้อปัญหาพิเศษที่สนใจ										
2. ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปัญหาพิเศษที่สนใจ										
3. เก็บรวบรวมและศึกษาข้อมูล										
4. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์										
5. สรุปผลและพัฒนาแบบจำลอง										
6. จัดทำรายงานและรูปเล่ม										
7. นำเสนอ										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Colon cancer) คือ โรคมะเร็งที่เซลล์ปกติในลำไส้ใหญ่มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนควบคุมไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจใช้เวลานานเป็นปี ๆ ในระยะแรก ๆ เซลล์อาจเป็นเพียงแค่นีโื้องอกธรรมดา แต่หากปล่อยทิ้งไว้ไม่รักษาหรือตัดทิ้ง เนื้องอกอาจลุกลามกลายเป็นมะเร็งได้ อย่างไรก็ตาม มะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนใหญ่แพทย์สามารถรักษาให้หายขาดได้ ถ้าสามารถตรวจวินิจฉัยและรักษาได้เร็ว

2.2 ประวัติและความเป็นมา

มะเร็ง (Cancer) คือ ภาวะที่เซลล์ในร่างกายของเรามีการแบ่งตัวและเจริญขึ้นอย่างรวดเร็วอย่างผิดปกติในสารพันธุกรรม (DNA) โดยเริ่มจากเป็นเซลล์เล็กๆ แล้วค่อยๆ ขยายใหญ่ขึ้นตามเวลานานวันเข้าเซลล์นั้นก็ขาดเลือดไปหล่อเลี้ยงทำให้เซลล์ในก้อนเนื้องอกนั้นตาย จนกลายเป็นก้อนเนื้องอกร้ายที่ไปเบียดบังทั้งส่วนที่เกิดและส่วนอื่นๆ ที่อยู่ข้างเคียง จากนั้นก็จะค่อยๆ กระจายไปในส่วนอื่นๆ ของร่างกายโดยผ่านระบบกระแสเลือดหรือน้ำเหลืองของเราเป็นตัวนำเข้าไป

โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนัก (colorectal cancer) เป็นโรคมะเร็งที่พบได้บ่อยมากขึ้นทุกปี โดยจากสถิติของประเทศไทยล่าสุด พบว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เสียชีวิตสูงเป็นอันดับที่สามของผู้ป่วยที่เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง รองจากโรคมะเร็งปอด และโรคมะเร็งตับ สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกาขณะนี้ โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ขึ้นมาเป็นสาเหตุการตายอันดับที่สองของผู้ป่วยโรคมะเร็งทั้งหมด โรคมะเร็งนี้สามารถเกิดขึ้นได้กับลำไส้ใหญ่ทุกๆ ส่วน ไม่ว่าจะเป็นลำไส้ใหญ่ที่อยู่ในช่องท้อง หรือลำไส้ใหญ่ส่วนที่อยู่ในอุ้งเชิงกราน ที่เรียกว่าไส้ตรง อันที่จริงแล้วมะเร็งลำไส้ใหญ่ของทั้งสองส่วน จะมีลักษณะโรคและวิธีการรักษาที่แตกต่างกันบ้าง แต่สาเหตุ การตรวจวินิจฉัยและระยะโรคจะคล้ายคลึงกัน ตำแหน่งที่พบว่าเป็นมะเร็งประมาณครึ่งหนึ่งอยู่ที่บริเวณไส้ตรง อีกหนึ่งในสามอยู่ที่ลำไส้ใหญ่ขดขวาและขดซ้าย ส่วนที่ทวารหนัก พบร้อยละ 1-2 ของทั้งหมด

2.3 สาเหตุของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาวิจัยที่ได้ข้อสรุปชัดเจนว่าอะไรเป็นสาเหตุของมะเร็งลำไส้ใหญ่แต่พบว่ามีหลายๆ ปัจจัยที่อาจมีความสัมพันธ์หรือเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้แก่

1. พันธุกรรม ทั้งชนิดพันธุกรรมที่ถ่ายทอดและพันธุกรรมที่ไม่ถ่ายทอด ซึ่งทำให้เกิดการอักเสบของลำไส้ใหญ่หรือเกิดเป็นก้อนเนื้อโพลิป (Polyp) ของลำไส้ใหญ่
2. อาหาร บางการศึกษาวิจัยพบว่าการรับประทานอาหารไขมันสูงหรืออาหารที่ขาดใยอาหารทำให้มีปัจจัยเสี่ยงต่อมะเร็งลำไส้ใหญ่มากกว่า
3. บางการศึกษาพบว่าการขาดสารอาหารบางชนิด อาจเป็นปัจจัยให้เกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้สูงกว่าผู้ป่วยได้รับสารอาหารครบถ้วน
4. การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และ การสูบบุหรี่ อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้

2.4 อาการของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

ในระยะแรกมักไม่มีอาการแสดง แต่ต่อมาเมื่อมะเร็งลุกลามมากขึ้นก็จะมีอาการผิดปกติต่าง ๆ ขึ้นกับตำแหน่งและขนาดของมะเร็ง เช่น

- มีอาการท้องผูก (อุจจาระแข็ง) สลับท้องเสีย (อุจจาระเหลว) แบบเรื้อรัง โดยไม่เคยเป็นมาก่อน
- ถ่ายเป็นมูกหรือมูกปนเลือดเรื้อรัง หรือถ่ายเป็นเลือดสด (อาจทำให้คิดว่าเป็นเพียงริดสีดวงทวาร)
- มีอาการปวดท้องหรือท้องอืด มีอาการปวดเบ่งที่ทวารหนักคล้ายปวดถ่ายอยู่ตลอดเวลา
- คลื่นไส้อาเจียน
- หากเป็นมากผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนเพลียหรืออ่อนแรง เบื่ออาหาร หรือน้ำหนักตัวลดลงโดยไม่ทราบสาเหตุ
- บางรายมีอาการซีด (โลหิตจาง) จากการมีเลือดออกที่ละน้อยเรื้อรังจากแผลมะเร็งโดยไม่รู้ตัว
- ผู้ป่วยบางรายอาจมีอาการของลำไส้อุดตัน คือ ปวดบิดในท้อง ท้องผูก ไม่ผายลม ซึ่งจะเป็นอย่างนี้เพียงชั่วคราว แล้วทุเลาไปได้เอง และกลับมากำเริบขึ้นใหม่เป็นครั้งคราว
- อาจคลำพบก้อนในท้องที่บริเวณด้านขวาตอนล่าง
- ถ้าก้อนมีขนาดใหญ่ขึ้นอาจไปกดเบียดอวัยวะข้างเคียงและก่อให้เกิดอาการกลั้นปัสสาวะไม่อยู่หรือปวดเนื่องจากมีการกดทับที่ก้นหรือฝีเย็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การแพร่กระจายของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

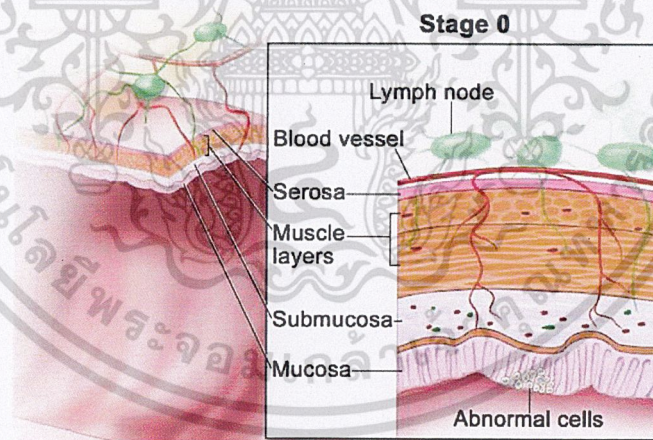
เซลล์มะเร็งนั้นสามารถแพร่กระจายได้ 3 ทาง ได้แก่

1. การแพร่กระจายไปยังอวัยวะข้างเคียงโดยตรง
2. การแพร่กระจายผ่านทางระบบน้ำเหลือง โดยเซลล์มะเร็งสามารถแพร่กระจายผ่านทางท่อน้ำเหลืองเพื่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้
3. การแพร่กระจายผ่านทางกระแสเลือด โดยเซลล์มะเร็งสามารถลุกลามเข้าไปยังหลอดเลือดดำหรือหลอดเลือดฝอย และแพร่กระจายไปยังบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายได้

2.5.1 ระยะเวลาของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

มะเร็งลำไส้ใหญ่สามารถแบ่งเป็นระยะตั้งแต่ระยะที่ 0 ถึง 4 ตามการเจริญเติบโตของมะเร็งจากผนังลำไส้ใหญ่ไปยังต่อมน้ำเหลือง และอวัยวะอื่น ๆ โดยแบ่งเป็น

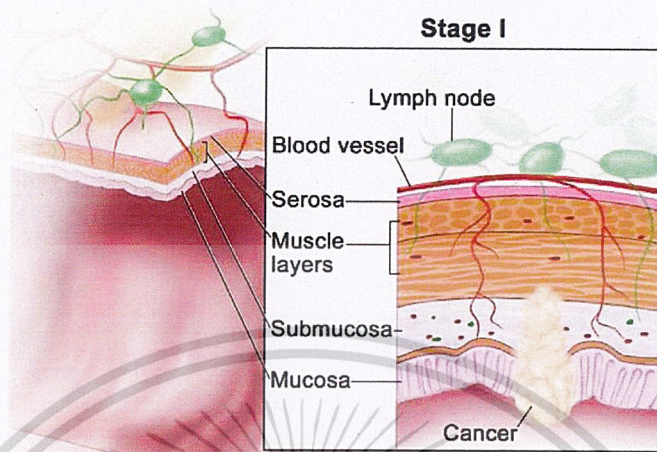
ระยะที่ 0 (Carcinoma in situ) หรือระยะก่อนเป็นมะเร็ง เป็นระยะที่พบเซลล์ผิดปกติ (ไม่ใช่มะเร็ง) เฉพาะที่บริเวณชั้นเยื่อเมือกชั้นใน (Mucosa) ของลำไส้ใหญ่เท่านั้น



ที่มา : ระยะเวลาของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.1 แสดงเซลล์ที่ผิดปกติในลำไส้ใหญ่

ระยะที่ 1 (Dukes A colon cancer) เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามจากชั้นเยื่อบุผิวด้านใน (Mucosa) ไปยังชั้นกล้ามเนื้อ (Muscle layers)

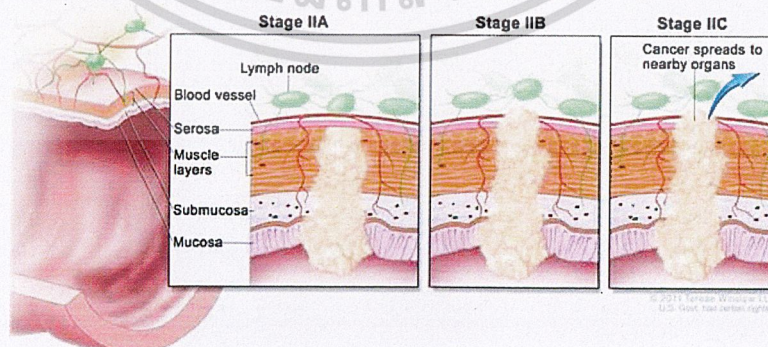


ที่มา : ระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.2 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 1

ระยะที่ 2 (Dukes B colon cancer) ในระยะนี้จะแบ่งออกเป็นระยะ IIA, IIB และระยะ IIC (ยังไม่มีมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ใกล้เคียง)

- **ระยะ IIA** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามไปจนถึงชั้นเยื่อบุผิวด้านนอก (Serosa) ของลำไส้ใหญ่
- **ระยะ IIB** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ แต่ยังไม่มีการลุกลามไปยังอวัยวะใกล้เคียง
- **ระยะ IIC** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอก ร่วมกับมีการลุกลามไปยังอวัยวะใกล้เคียง

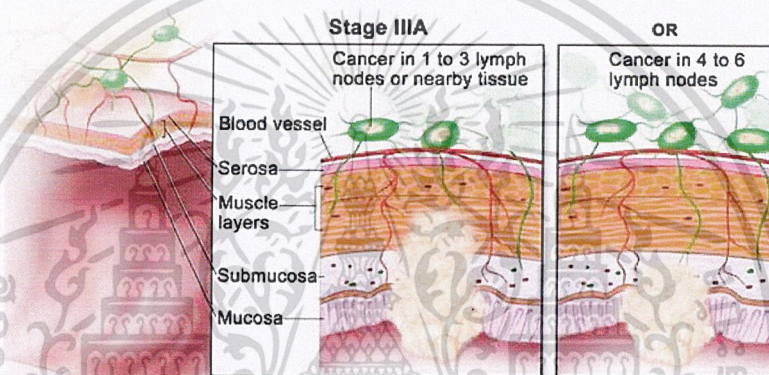


ที่มา : ระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.3 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2

ระยะที่ 3 (Duke C colon cancer) ซึ่งในระยะนี้จะแบ่งออกเป็นระยะ IIIA, IIIB และระยะ IIIC (เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งเริ่มมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ใกล้ลำไส้ใหญ่)

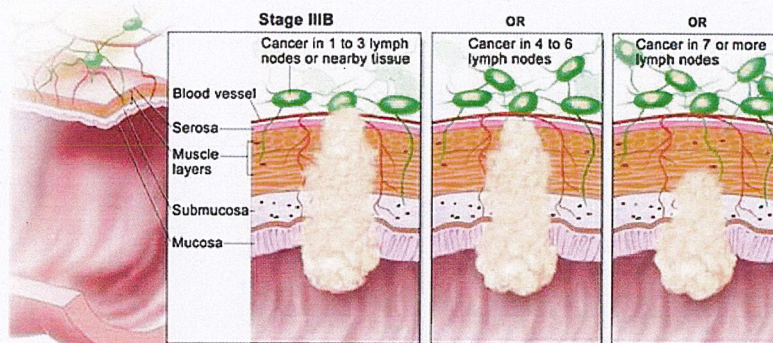
- **ระยะ IIIA** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามจากชั้นเยื่อบุผิวด้านใน (Mucosa) ไปยังชั้นกล้ามเนื้อ (Muscle layers) ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงไม่เกิน 3 ต่อมน้ำเหลือง หรือเป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามจากชั้นเยื่อบุผิวด้านใน (Mucosa) ไปถึงแค่ชั้นใต้เยื่อบุผิวด้านใน (Submucosa) ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง 4-6 ต่อมน้ำเหลือง



ที่มา : ระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

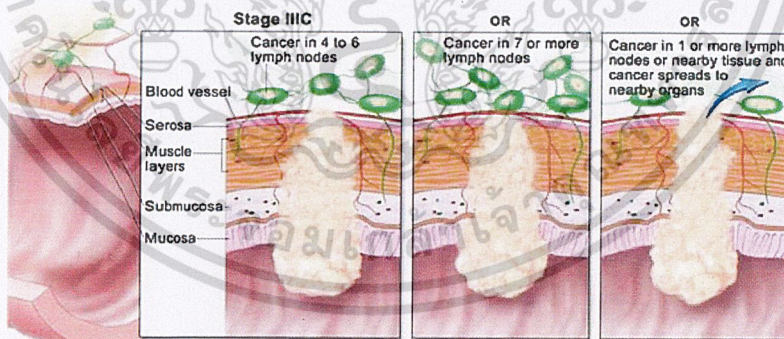
รูปที่ 2.4 แสดงเซลล์ที่มีการลุกลามจากชั้นเยื่อบุผิวด้านในลำไส้ใหญ่ ไปยังชั้นกล้ามเนื้อในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3

- **ระยะ IIIB** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอก (Serosa) ของลำไส้ใหญ่ ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงไม่เกิน 3 ต่อมน้ำเหลือง หรือเป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง 4-6 ต่อมน้ำเหลือง หรือเป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามไปถึงชั้นกล้ามเนื้อ (Muscle layers) ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงตั้งแต่ 7 ต่อมน้ำเหลืองขึ้นไป



ที่มา : ระยะเวลาของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)
 รูปที่ 2.5 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงไม่เกิน 3 ต่อม ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3

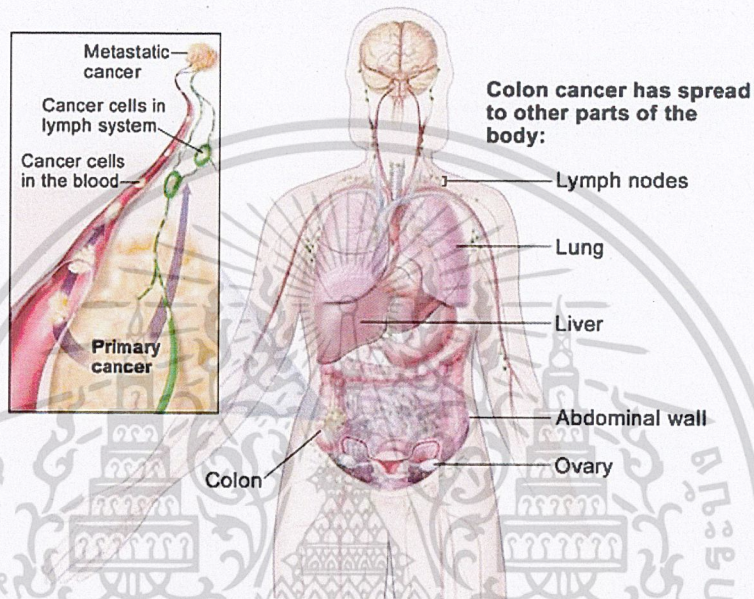
- **ระยะ III C** เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอก (Serosa) ของลำไส้ใหญ่ ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง 4-6 ต่อม หรือเป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามไปจนถึงชั้นเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ร่วมกับมีการลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงตั้งแต่ 7 ต่อมขึ้นไป หรือเป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอก ร่วมกับมีการลุกลามไปยังอวัยวะใกล้เคียงและลุกลามไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงตั้งแต่ 1 ต่อมขึ้นไป



ที่มา : ระยะเวลาของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)
 รูปที่ 2.6 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่อบุผิวด้านนอกของลำไส้ใหญ่ ไปยังต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียงตั้งแต่ 4 ต่อมขึ้นไป ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 3

ระยะที่ 4 (Dukes D colon cancer) เป็นระยะที่เซลล์มะเร็งมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ไกลจากลำไส้ใหญ่ เช่น ในช่องท้องและเหนือไหปลาร้า หรือเซลล์มะเร็งมีการแพร่กระจายทางกระแสเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อหรืออวัยวะอื่น ๆ ที่พบบ่อยคือ ตับ ปอด และกระดูก

Stage IV Colon Cancer



ที่มา : ระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

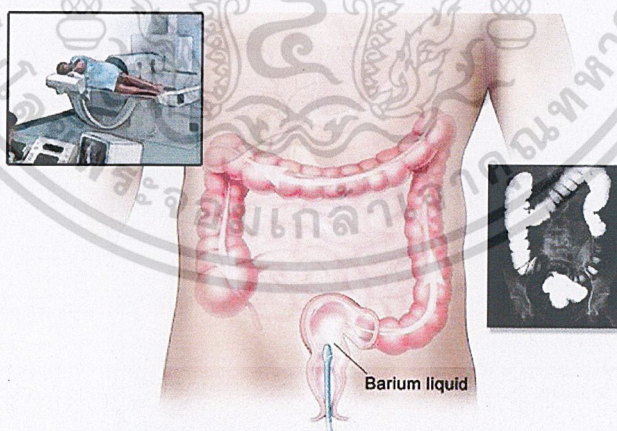
รูปที่ 2.7 แสดงเซลล์มะเร็งที่มีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ไกลจากลำไส้ใหญ่ ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 4

- ระยะการกลับมาเป็นซ้ำของมะเร็ง (Recurrent colon cancer) คือ การกำเริบของโรคมะเร็งภายหลังจากที่ได้ทำการรักษาไปแล้ว ซึ่งการกลับมาเป็นซ้ำนี้อาจพบเซลล์มะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ หรืออาจพบการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น ๆ ในร่างกาย เช่น ตับ ปอด สมอง กระดูก เป็นต้น

2.5.2 การวินิจฉัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

แพทย์สามารถวินิจฉัยมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้จาก

- การตรวจร่างกายและการซักประวัติอาการ (Physical exam and History) เช่น การซักประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคนี้ของคนในครอบครัว ประวัติอาการ โรคประจำตัว และประวัติการรักษาที่เคยได้รับมาก่อนหน้า รวมถึงการตรวจร่างกายเพื่อหาสัญญาณหรืออาการแสดงของโรค เช่น ก้อน หรืออาการผิดปกติอื่น ๆ
- การตรวจทวารหนักด้วยนิ้ว (Digital rectal exam – DRE) เป็นการตรวจภายในรูทวารหนัก และ ลำไส้ใหญ่ส่วนปลายด้วยการใช้นิ้วมือคลำหาก้อน หรือ ลักษณะผิดปกติภายในรูทวารหนัก (แพทย์จะสวมถุงมือและทาครีมหล่อลื่นก่อน)
- การตรวจหาเลือดแฝงในอุจจาระ (Fecal occult blood test – FOBT) การตรวจนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ปริมาณอุจจาระเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ผู้ป่วยต้องงดเนื้อสัตว์และเลือด รวมทั้งวิตามินบำรุงเลือดอย่างน้อย 3 วัน
- การตรวจเอกซเรย์ลำไส้ใหญ่โดยการสวนแป้งแบเรียม (Barium enema) เป็นเทคนิคหนึ่งของการเอกซเรย์บริเวณทางเดินอาหารส่วนล่างโดยการใช้แป้งแบเรียม (สารทึบรังสี) สวนเข้าไปทางบริเวณรูทวารหนัก เพื่อให้ไปเคลือบพื้นผิวของลำไส้ใหญ่ ทำให้สามารถมองเห็นจากภาพเอกซเรย์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยประเมินขนาด ตำแหน่ง และลักษณะของรอยโรคได้



การตรวจเอกซเรย์ลำไส้ใหญ่โดยการสวนแป้งแบเรียม (Barium enema)

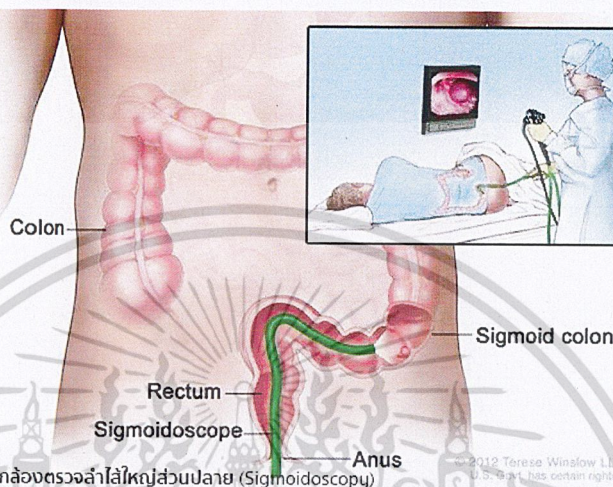
© 2012 Terason Window LLC
U.S. Govt. has certain rights

ที่มา : การวินิจฉัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.8 ภาพการตรวจเอกซเรย์ลำไส้ใหญ่โดยการสวนแป้งแบเรียม (Barium enema)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

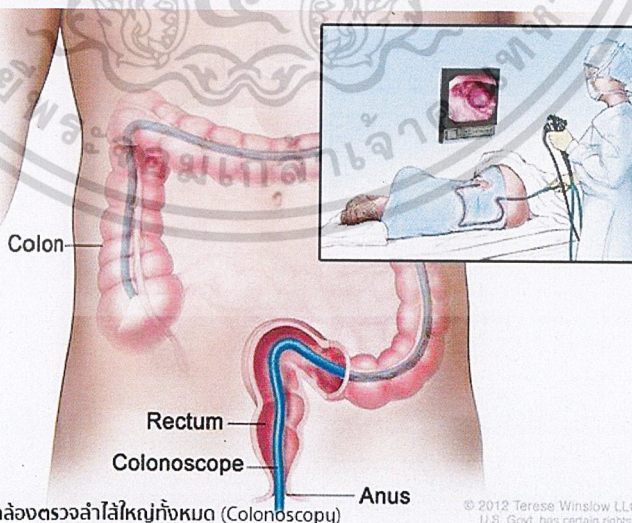
- การส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย (Sigmoidoscopy) เป็นการใช้กล้องที่มีลักษณะเป็นท่อขนาดเล็กสอดเข้าไปทางรูทวารหนักเพื่อดูบริเวณลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย หากตรวจพบติ่งเนื้อบริเวณดังกล่าว แพทย์จะตัดชิ้นเนื้อเพื่อส่งตรวจทางพยาธิวิทยาต่อไป



การส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย (Sigmoidoscopy)

ที่มา : การวินิจฉัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)
รูปที่ 2.9 ภาพการส่องกล้องตรวจมะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย (Sigmoidoscopy)

- การส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ทั้งหมด (Colonoscopy) เป็นการใช้กล้องยาวชนิดอ่อนที่โค้งงอได้ สอดเข้าไปทางทวารหนักเพื่อตรวจหาพยาธิสภาพภายในลำไส้ใหญ่ ตั้งแต่ส่วนปลายจนถึงส่วนต้น และยังสามารถใส่อุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อตัดชิ้นเนื้อส่งตรวจได้เช่นกัน



การส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ทั้งหมด (Colonoscopy)

ที่มา : การวินิจฉัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.10 ภาพการส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ทั้งหมด (Colonoscopy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การถ่ายภาพลำไส้ใหญ่ด้วยการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT colonoscopy หรือ Virtual colonoscopy) เป็นเทคนิคการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในการถ่ายภาพรังสีต่อเนื่องหลายภาพ แล้วนำมาเรียงซ้อนกัน และประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดภาพคล้ายกับการส่องกล้อง ซึ่งสามารถตรวจหาติ่งเนื้อหรือพยาธิสภาพในลำไส้ได้
- การตัดชิ้นเนื้อส่งตรวจทางพยาธิวิทยา (Biopsy) เป็นการตรวจวินิจฉัยมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่แม่นยำที่สุด โดยจะเป็นการนำชิ้นเนื้อจากบริเวณที่ผิดปกติ ก้อนเนื้อ หรือ ติ่งเนื้อที่ตัดได้จากการส่องกล้องดังกล่าวมาตรวจดูเซลล์และเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยพยาธิแพทย์ เพื่อหาเซลล์มะเร็งและลักษณะผิดปกติ

หลังจากผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้ว ต่อไปแพทย์จะทำการตรวจเพื่อประเมินระยะของโรคและการแพร่กระจายของมะเร็ง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางแผนการรักษา ซึ่งการตรวจเพื่อประเมินระยะของโรคนั้นประกอบด้วย

- การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) เป็นการตรวจโดยการเอกซเรย์เพื่อสร้างภาพต่อเนื่องและทำการประมวลผลภาพทั้งหมดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถแสดงผลในมุมมองต่าง ๆ ช่วยให้ทราบตำแหน่งของโรคและการกระจายของมะเร็งไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ นอกจากนี้อาจมีการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำหรือร่วมกับการกลืนสารทึบรังสีเพื่อช่วยให้สามารถมองเห็นอวัยวะภายในได้ชัดเจนมากขึ้น
- การตรวจเอกซเรย์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI) เป็นการอาศัยการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ ประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างภาพต่อเนื่องของลำไส้และอวัยวะภายใน และอาจทำการฉีดสารแกโดลิเนียม (Gadolinium) เข้าทางหลอดเลือดดำร่วมด้วย ซึ่งสารนี้จะไปสะสมอยู่รอบ ๆ เซลล์มะเร็ง จึงทำให้เห็นภาพเอกซเรย์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
- การตรวจด้วยสารเภสัชรังสี (PET scan) เป็นการตรวจโดยการฉีดสารรังสีให้ถูกดูดซึมในอวัยวะและเนื้อเยื่อ แล้วจึงทำการถ่ายภาพ ซึ่งจะช่วยให้สามารถตรวจได้ทั้งร่างกาย
- การตรวจเอกซเรย์ทรวงอก (Chest x-ray) เป็นการตรวจเอกซเรย์ของอวัยวะบริเวณทรวงอกเพื่อดูว่ามะเร็งได้แพร่กระจายไปยังปอดหรือไม่ ซึ่งรังสีเอกซ์จะสามารถผ่านทะลุร่างกายและทำให้เกิดภาพบนฟิล์ม ทำให้เกิดภาพถ่ายของอวัยวะภายในได้
- การผ่าตัด (Surgery) นอกจากจะตัดก้อนเนื้อออกออกไปได้แล้ว ยังสามารถทำให้มองเห็นบริเวณที่มีการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งได้ด้วย
- การตรวจชิ้นเนื้อของต่อมน้ำเหลือง (Lymph node biopsy) เพื่อตรวจหาเซลล์มะเร็งทางกล้องจุลทรรศน์โดยพยาธิแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตรวจความสมบูรณ์ของเลือด (CBC) เพื่อดูจำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด วัดปริมาณของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง และตรวจคุณลักษณะต่าง ๆ ของเม็ดเลือด
- การตรวจเลือดหาสารมะเร็ง (Tumor marker) ชนิดซีอีเอ (Carcinoembryonic antigen – CEA) เนื่องจากเซลล์มะเร็งสามารถสร้างสารมะเร็งได้ ซึ่งจะพบได้จากการตรวจเลือด หากพบระดับซีอีเอในเลือดสูงกว่าปกติ อาจเป็นสัญญาณเตือนของมะเร็งลำไส้ใหญ่ หรือ ความผิดปกติอื่นๆ ได้

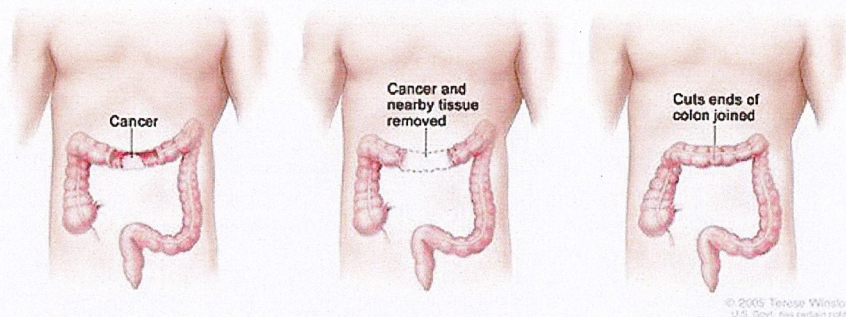
2.6 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

วิธีการรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่ ในการรักษาจำเป็นต้องอาศัยทีมแพทย์ในสาขาต่าง ๆ มาร่วมกันวางแผนการรักษาที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ป่วยแต่ละราย เช่น ศัลยแพทย์ รังสีแพทย์ และอายุรแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคมะเร็ง

โดยจะมีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นตัวกำหนดวิธีการรักษาของแพทย์ ที่สำคัญ คือ ขนาด ตำแหน่ง และลักษณะของเซลล์มะเร็ง ระยะและการแพร่กระจายของโรค การกลับมาเป็นซ้ำของโรคมะเร็ง และสุขภาพโดยรวมของผู้ป่วยซึ่งการรักษาจะมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี บางวิธีนั้นเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่เป็นมาตรฐาน แต่บางวิธีก็ยังอยู่ในขั้นตอนของการศึกษาทดลอง (การรักษาหลักของโรคนี้อาจเป็นการผ่าตัดส่วนยาเคมีบำบัด หรือ รังสีรักษา นิยมใช้เป็นการรักษาเสริม เพื่อเพิ่มผลการรักษาให้ดียิ่งขึ้น) ได้แก่

1. การผ่าตัด (Surgery) เป็นการรักษาที่สามารถทำได้ในทุกระยะของโรคมะเร็ง ซึ่งการผ่าตัดมะเร็งลำไส้ใหญ่นั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น
 - การผ่าตัดเฉพาะที่ (Local excision) สามารถทำการผ่าตัดได้ในมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะแรก ๆ ซึ่งอาจทำได้โดยไม่ต้องผ่าตัดเปิดช่องท้อง โดยแพทย์จะใช้วิธีการส่องกล้องผ่านทางรูทวารหนักและลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย และทำการผ่าตัดเอาก้อนมะเร็งออก (ในก้อนมะเร็งที่มีลักษณะเป็นติ่งเนื้ออาจเรียกการผ่าตัดแบบนี้ว่า “Polypectomy”)
 - การตัดต่อลำไส้ (Resection) มักทำในกรณีที่ก้อนมะเร็งมีขนาดใหญ่ โดยศัลยแพทย์อาจต้องทำการตัดเอาก้อนมะเร็ง และ ลำไส้ใหญ่ส่วนที่ไม่เป็นมะเร็งรอบ ๆ บางส่วนออก รวมทั้งต่อมน้ำเหลือง หลังจากนั้น จึงทำการต่อลำไส้ส่วนที่ดีที่เหลืออยู่เข้าด้วยกัน นอกจากนี้แพทย์จะตัดต่อมน้ำเหลืองใกล้ ๆ เพื่อตรวจหาเซลล์มะเร็งทางกล้องจุลทรรศน์ร่วมด้วย

การตัดต่อลำไส้ (Resection)

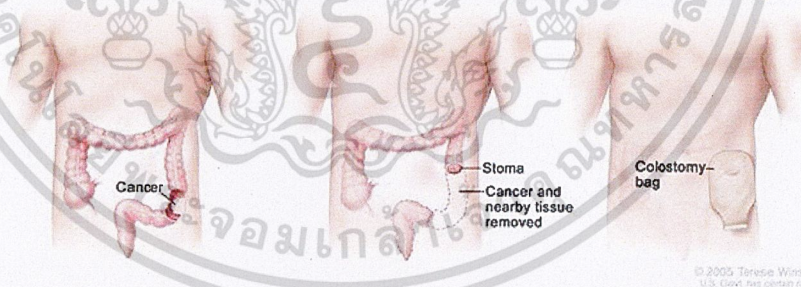


ที่มา : การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.11 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยการตัดต่อลำไส้ (Resection)

- การตัดลำไส้และเปิดช่องขับถ่ายทางหน้าท้อง (Resection and Colostomy) มักทำในกรณีที่เมื่อตัดก้อนมะเร็งออกแล้วไม่สามารถเย็บต่อปลายของลำไส้ทั้ง 2 ด้านเข้าด้วยกันได้ โดยศัลยแพทย์จะทำการเปิดปลายลำไส้ที่นั้นออกทางหน้าท้องเพื่อเป็นช่องทางสำหรับการขับถ่าย ซึ่งอุจจาระที่ถูกขับออกมานั้นจะเก็บใส่ถุงที่หุ้มอยู่รอบ ๆ ช่องเปิดทางหน้าท้อง และในบางครั้งเมื่อบริเวณลำไส้ใหญ่ส่วนล่างนั้นหายดีแล้วแพทย์ก็จะทำการต่อลำไส้กลับลงไปดังเดิมได้ แต่หากมีความจำเป็นที่จะต้องตัดลำไส้ใหญ่ส่วนล่างออกทั้งหมด ก็อาจจะต้องเปิดช่องขับถ่ายทางหน้าท้องไว้ตลอด

การตัดลำไส้และเปิดช่องขับถ่ายทางหน้าท้อง (Resection & Colostomy)



ที่มา : การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (<https://medthai.com/มะเร็งลำไส้ใหญ่>)

รูปที่ 2.12 การรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยการตัดลำไส้ และเปิดช่องขับถ่ายทางหน้าท้อง (Resection and Colostomy)

- การผ่าตัดด้วยคลื่นวิทยุ (Radiofrequency ablation) เป็นวิธีการใช้เข็มเป็นแกนนำ (Probe) ส่งผ่านคลื่นวิทยุเพื่อเข้าไปทำลายเซลล์มะเร็ง ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ Probe แทรงผ่านผิวหนังทางหน้าท้องโดยตรงด้วยการฉีดยาเฉพาะที่ หรืออาจแทง Probe ผ่านแผลเปิดทางหน้าท้อง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการวางยาสลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกริใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การจี้ด้วยความเย็น (Cryosurgery) เป็นการใช้อุปกรณ์จี้ด้วยความเย็นและทำลายเนื้อเยื่อที่ผิดปกติ เช่น ในโรคระยะที่ 0 (Carcinoma in situ)

อนึ่ง การรักษาหลักของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ คือ การผ่าตัด ส่วนในรายที่โรคมะเร็งลุกลามแล้ว การรักษามักจะเป็นการผ่าตัดร่วมกับการให้ยาเคมีบำบัด หรือ ผ่าตัดร่วมกับรังสีรักษา หรือ ยาเคมีบำบัด โดยอาจให้รังสีรักษา หรือ ยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัด หรือ อาจผ่าตัดก่อนแล้วจึงตามด้วยรังสีรักษา หรือ ยาเคมีบำบัด เพื่อทำลายเซลล์มะเร็งที่ยังคงหลงเหลืออยู่หลังการผ่าตัด

2. การให้ยาเคมีบำบัด (Chemotherapy) เป็นการให้ยาในการรักษาโรคมะเร็ง โดยยาที่ให้นี้จะออกฤทธิ์โดยการทำลายเซลล์มะเร็งหรือยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง หลังจากที่ยินยาหรือฉีดยาเคมีบำบัดเข้าทางหลอดเลือดดำหรือกล้ามเนื้อแล้ว ตัวยาจะถูกดูดซึมเข้าทางกระแสเลือดและจับกับเซลล์มะเร็งที่อยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งเรียกว่า “Systemic chemotherapy” แต่ในบางกรณีแพทย์อาจฉีดยาเคมีบำบัดเข้าทางช่องไขสันหลัง ในอวัยวะ หรือในช่องท้องเพื่อหวังผลในการทำลายเซลล์มะเร็งเฉพาะที่ ซึ่งเรียกว่า “Regional chemotherapy” นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคนิคที่เรียกว่า “Chemoembolization” สำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่มีการแพร่กระจายไปยังตับด้วย โดยจะเป็นการฉีดยาเคมีบำบัดเข้าทางหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงตับ เพื่ออุดตันหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงก้อนมะเร็ง และเป็นการให้ยาเข้าไปยังก้อนมะเร็งโดยตรง ซึ่งตัวยาจะแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ผลในการอุดตันของหลอดเลือดนั้นอาจเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวหรือถาวรขึ้นอยู่กับชนิดของยาที่ใช้) สำหรับการจะเลือกวิธีการให้ยาเคมีบำบัดด้วยวิธีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์มะเร็งและระยะของโรคเป็นสำคัญ
3. การใช้รังสีรักษา (Radiation therapy) เป็นการรักษาโดยการใช้รังสีพลังงานสูงเพื่อทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งโดยตรง โดยมากแพทย์จะให้ก่อนการผ่าตัดเพื่อลดขนาดของก้อนมะเร็งหรือให้หลังการผ่าตัดเพื่อทำลายเซลล์มะเร็งที่ยังหลงเหลืออยู่ ซึ่งเทคนิคการใช้รังสีรักษาจะมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ การฉายแสง (External radiation therapy) ซึ่งจะเป็นการฉายแสงจากภายนอกร่างกายผ่านเข้าไปยังก้อนมะเร็งที่อยู่ภายใน และการฝังแร่ (Internal radiation therapy) ซึ่งเป็นการใช้สารกัมมันตรังสี (ที่บรรจุอยู่ในรูปเข็ม หรือ เป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือลวด หรือสายสวน) ใส่เข้าไปในก้อนมะเร็งหรือในบริเวณใกล้เคียง ๆ กับก้อนมะเร็ง สำหรับการจะเลือกใช้วิธีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์มะเร็งและระยะของโรคเป็นสำคัญ
4. การให้ยารักษาตรงเป้า (Targeted therapy) เป็นการรักษาด้วยยาหรือสารอื่นที่สามารถทำลายเฉพาะเซลล์มะเร็งได้โดยไม่ทำลายเซลล์ปกติ แต่ยังไม่สามารถรักษาโรคให้หายได้และยังมีราคาแพงเกินกว่าผู้ป่วยทุกคนจะเข้าถึงได้ โดยวิธีที่ใช้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Angiogenesis inhibitors เป็นการหยุดการเจริญเติบโตของหลอดเลือดใหม่ที่เข้าไปเลี้ยงเซลล์มะเร็ง
 - Monoclonal antibodies เป็นการเตรียมภูมิคุ้มกันจากห้องปฏิบัติการ (ภูมิคุ้มกัน อาจจะไปเคลือบด้วยรังสีหรือยา) ซึ่งภูมิคุ้มกันนี้จะเลือกเฉพาะเซลล์มะเร็งและทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง
5. **Biologic therapy** เป็นการรักษาที่อาศัยภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยในการจัดการกับเซลล์มะเร็ง โดยการใช้สารซึ่งสร้างจากร่างกายหรือจากการสังเคราะห์ ทำให้เกิดการกระตุ้นหรือฟื้นฟูระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยในการทำลายเซลล์มะเร็ง แต่การรักษาด้วยวิธีนี้ยังอยู่ในระหว่างการศึกษาทดลอง

การรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่ตามระยะของโรค

- **ระยะที่ 0** แพทย์จะให้การรักษาโดยการผ่าตัดเป็นหลัก โดยสามารถใช้วิธีการผ่าตัดวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ การผ่าตัดเฉพาะที่ (Local excision) หรือการทำ Polypectomy, การตัดต่อลำไส้ (Resection) ในกรณีที่ก้อนมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถตัดออกเฉพาะก้อนเพียงอย่างเดียวได้
- **ระยะที่ 1** แพทย์จะให้การรักษาโดยการผ่าตัดต่อลำไส้ (Resection) เป็นหลัก
- **ระยะที่ 2** แพทย์จะให้การรักษาโดยการผ่าตัดต่อลำไส้ (Resection) เป็นหลัก แต่ถ้าผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะที่ 2 มีปัญหาเรื่องลำไส้ทะลุหรือลำไส้อุดตัน หรือเป็นมะเร็งชนิดที่เซลล์ผิดปกติมาก (จากการตรวจชิ้นเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์) ก็นับว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงจากการกลับมาเป็นซ้ำได้สูง การรักษาจึงต้องให้ยาเคมีบำบัดร่วมด้วยเพื่อลดโอกาสการกลับมาเป็นซ้ำ (ผู้ป่วยส่วนใหญ่แม้จะได้รับการผ่าตัดก่อนมะเร็งออกทั้งหมด แต่อุบัติการณ์การกลับมาเป็นซ้ำอีกก็สูงถึง 50-60%) ในขณะที่ผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ 2 อื่น ๆ จะได้รับการติดตามอย่างใกล้ชิดแต่ไม่ต้องให้ยาเคมีบำบัด
- **ระยะที่ 3** แพทย์จะให้การรักษาโดยการผ่าตัดต่อลำไส้ (Resection) แล้วตามด้วยการให้ยาเคมีบำบัดร่วมด้วยเป็นหลัก ซึ่งจะช่วยให้อัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การผ่าตัดเพียงอย่างเดียว
- **ระยะที่ 4** และในผู้ป่วยที่มีการกลับมาเป็นซ้ำของมะเร็ง (Recurrent colon cancer) การรักษาจะประกอบด้วย
 - การผ่าตัดเฉพาะที่ (Local excision) ในรายที่กลับมาเป็นซ้ำ
 - การตัดต่อลำไส้ (Resection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน การผ่าตัดก่อนมะเร็งที่แพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น ๆ เช่น ตับ ปอด รังไข่ เป็นต้น การดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่มีการแพร่กระจายไปยังตับ แพทย์จะให้การรักษาโดยการให้ยาเคมีบำบัดทั้งก่อน และ หลังการผ่าตัด, การผ่าตัดด้วยคลื่นวิทยุ (Radiofrequency ablation) หรือ การจี้ด้วยความเย็น (Cryosurgery) ในรายที่ไม่สามารถผ่าตัดได้, การรักษาด้วยเทคนิค Chemoembolization
- การใช้รังสีรักษาหรือให้ยาเคมีบำบัดในผู้ป่วยบางรายเพื่อเป็นการประคับประคองลดอาการของผู้ป่วย และ ช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยให้ดีขึ้น
- การให้ยาเคมีบำบัด หรือ การให้ยารักษาตรงเป้า (Targeted therapy)

การดูแลตนเองและการดูแลผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ การดูแลจะเหมือนกับโรคมะเร็งอื่น ๆ ซึ่งจะขอกล่าวถึงต่อไปอย่างละเอียดในเรื่อง การดูแลตนเองเมื่อป่วยเป็นโรคมะเร็ง, การดูแลผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง, การดูแลตนเองและการดูแลผู้ป่วยเคมีบำบัด

ผลการรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งลำไส้ใหญ่เป็นโรคที่มีความรุนแรงปานกลาง แต่ก็มีโอกาสรักษาให้หายได้ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับระยะของโรคและสุขภาพโดยรวมของผู้ป่วยเป็นสำคัญ โดยอัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปี ในโรคระยะที่ 1 คือประมาณ 75%, ระยะที่ 2 ประมาณ 40-70%, ระยะที่ 3 ประมาณ 20-60% และระยะที่ 4 ประมาณ 0-10% ถ้าตรวจพบตั้งแต่ระยะแรกเริ่มการรักษาด้วยการผ่าตัดสามารถทำให้หายขาดได้ ส่วนในรายที่มีการลุกลามออกมาทะลุเยื่ออุ้งปอดนอก (Serosa) และต่อมน้ำเหลืองใกล้เคียง การผ่าตัดรวมกับการให้ยาเคมีบำบัด หรือ รังสีบำบัดก็สามารถช่วยให้มีชีวิตรอดยืนยาวได้นานหลายปี แต่ถ้ามะเร็งแพร่กระจายไปไกล การรักษา ก็มักจะได้ผลไม่สู้ดี และผู้ป่วยอาจมีชีวิตรอดอยู่ได้ประมาณ 6-12 เดือน

ปัจจัยที่มีผลต่อการรักษาและการพยากรณ์โรค (Prognosis) ของมะเร็งลำไส้ใหญ่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ได้แก่

- ระยะของโรคมะเร็ง ว่าเซลล์มะเร็งนั้นจำกัดอยู่เพียงบริเวณเนื้อเยื่อลำไส้ใหญ่หรือแพร่กระจายไปยังอวัยวะข้างเคียงแล้ว
- ก่อนมะเร็งทำให้ลำไส้อุดตันหรือลำไส้ทะลุร่วมด้วยหรือไม่
- การผ่าตัดเอาก้อนมะเร็งออกหมดหรือไม่
- ระดับซีอีเอ (CEA) ในกระแสเลือดก่อนการรักษา (CEA คือ ระดับของสารประกอบในเลือดซึ่งจะพบสูงขึ้นในผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่)
- การกลับมาเป็นซ้ำของโรคมะเร็ง
- สุขภาพโดยรวมของผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตามผลการรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่

เมื่อได้รับการรักษาครบเรียบร้อยแล้ว โดยทั่วไปแพทย์จะนัดผู้ป่วยมาติดตามอาการเป็นระยะ ๆ โดยในช่วง 1-2 ปีแรกหลังการรักษา แพทย์อาจนัดมาตรวจทุก 1-2 เดือน, ในช่วงปีที่ 3-5 หลังการรักษา อาจนัดมาตรวจทุก 2-3 เดือน และในปีที่ 5 เป็นต้นไป อาจนัดมาตรวจทุก 6-12 เดือน (เป็นการติดตามเพื่อประเมินผลการรักษา โรคแทรกซ้อนที่อาจเกิดจากมะเร็งหรือจากการรักษา และติดตามว่ามะเร็งมีการกลับมาเป็นซ้ำหรือไม่)

ผลข้างเคียงจากการรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่

ผลข้างเคียงจากการรักษาแต่ละวิธีจะแตกต่างกันไป และผลข้างเคียงอาจพบได้มากขึ้นหากผู้ป่วยได้รับการรักษาหลายวิธีร่วมกัน หรือเมื่อผู้ป่วยเป็นผู้สูงอายุ สูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ และมีโรคประจำตัว (โดยเฉพาะโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคภูมิคุ้มกันตนเอง)

- การผ่าตัด ผลข้างเคียงที่อาจพบได้ คือ การสูญเสียอวัยวะ (ลำไส้ใหญ่จะสั้นลงมาก จึงอาจส่งผลทำให้เกิดอาการท้องเสียได้ง่าย หรือเกิดการตีบตันตรงรอยแผลตัดต่อของลำไส้ ส่งผลทำให้ท้องผูกได้ง่าย) แผลผ่าตัดมีเลือดออก แผลผ่าตัดติดเชื้อ และเสี่ยงต่อการใช้ยาสลบในขั้นตอนการผ่าตัด
- ยาเคมีบำบัด ผลข้างเคียงที่อาจพบได้ คือ อาการคลื่นไส้ อาเจียน ผอมร่วง ภาวะซีด การมีเลือดออกง่ายจากภาวะเกล็ดเลือดต่ำ และการติดเชื้อได้ง่ายจากภาวะเม็ดเลือดขาวต่ำ
- รังสีรักษา ผลข้างเคียงที่อาจพบได้ คือ ผลข้างเคียงต่อผิวหนังและต่อเนื้อเยื่อเฉพาะส่วนที่ได้รับรังสี (ซึ่งก็คือ บริเวณอุ้งเชิงกราน)
- ยารักษาตรงเป้า ผลข้างเคียงที่อาจพบได้ คือ การเกิดสิ่วขึ้นทั่วตัวรวมทั้งใบหน้า และยาบางชนิดอาจก่อให้เกิดภาวะเลือดออกง่าย แผลติดยากเมื่อเกิดบาดแผล และอาจเป็นสาเหตุทำให้ผนังลำไส้ทะลุได้

2.7 วิธีป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่

1. หลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวที่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น งดการสูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ จำกัดหรือลดอาหารเนื้อแดง เนื้อที่ผ่านกระบวนการ เนื้อสัตว์ที่ผ่านการทอด ปิ้ง หรือย่าง อาหารเค็มหรืออาหารหมักดอง อาหารจำพวกแป้ง และอาหารที่มีไขมันสูง
2. รับประทานผักผลไม้ให้มาก ๆ เป็นประจำ
3. ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอตามควรแก่สุขภาพ
4. ควบคุมโรคเบาหวาน (ถ้าเป็น) และน้ำหนักตัวให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
5. การรับประทานยาแอสไพริน (Aspirin) อาจช่วยลดอุบัติการณ์ของมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ โดยมีการศึกษาในผู้ป่วยประมาณเกือบ 8,000 คน ซึ่งผู้ป่วยที่รับประทานยาแอสไพรินขนาด 300 - 1,200 มิลลิกรัม เป็นเวลา 5 ปี จะลดได้ 37% หากรับประทาน 10 ปีขึ้นไปจะลดได้ 74% (ขนาดยาต้องมากกว่า 300 มิลลิกรัมจึงจะได้ผล) แต่อย่างไรก็ตาม แพทย์ก็ไม่แนะนำให้คนทั่วไปรับประทานยาเพื่อป้องกัน แต่แพทย์อาจแนะนำให้ใช้ป้องกันในรายที่มีความเสี่ยงสูง (เช่น ญาติสายตรงเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่) และในผู้ที่เป็นโรคหัวใจที่จำเป็นต้องใช้ยาต้านเกล็ดเลือดก็ให้เลือกใช้ยาแอสไพรินแทนตัวอื่น
6. เมื่อมีอาการผิดปกติดังกล่าวเกิดขึ้น ควรไปพบแพทย์ เพื่อตรวจมะเร็งลำไส้ใหญ่เสมอ โดยเฉพาะเมื่อมีอาการถ่ายเป็นเลือดสด ๆ อย่าคิดว่าเป็นเพียงริดสีดวงทวาร โดยเฉพาะผู้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี หรือถ่ายออกเป็นเลือดนานและมาก
7. มะเร็งลำไส้ใหญ่เป็นอีกโรคมะเร็งที่สามารถตรวจคัดกรองได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรวจพบโรคได้ตั้งแต่ยังไม่มีอาการ ซึ่งการตรวจคัดกรองมะเร็งลำไส้ใหญ่ควรเริ่มตรวจตั้งแต่อายุ 50 ปีขึ้นไป ส่วนในผู้ที่มีความเสี่ยงสูง (เช่น มีญาติสายตรงเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ เคยมีประวัติเป็นมะเร็งเต้านม มดลูก หรือรังไข่มาก่อน) ควรแจ้งให้แพทย์ทราบ และควรเริ่มตรวจคัดกรองตั้งแต่อายุ 30-40 ปี และตรวจถี่กว่าคนปกติทั่วไป เพื่อตรวจหาติ่งเนื้อในลำไส้ใหญ่ที่อาจกลายเป็นมะเร็ง ซึ่งเมื่อพบติ่งเนื้อ การรักษาสามารถทำได้โดยการผ่าตัดติ่งเนื้อนั้นออกไป (เป็นการรักษาที่มีอันตรายน้อยมาก) สำหรับการตรวจนั้นสามารถทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้
 - การตรวจหาเลือดแฝงในอุจจาระ (FOBT) ทุกปี (การตรวจด้วยวิธีนี้เป็นประจำทุกปีจะช่วยลดการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ และลดลงได้ประมาณ 18% ในกรณีที่ตรวจปีเว้นปี) ร่วมกับการส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ส่วนปลาย (Sigmoidoscopy) ทุก 5 ปี
 - การตรวจเอกซเรย์ลำไส้ใหญ่โดยการสวนแป้งแบบเรียม (Double contrast barium enema – DCBE) ทุก 5 ปี มักใช้ในกรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถทนการตรวจด้วยวิธีส่องกล้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

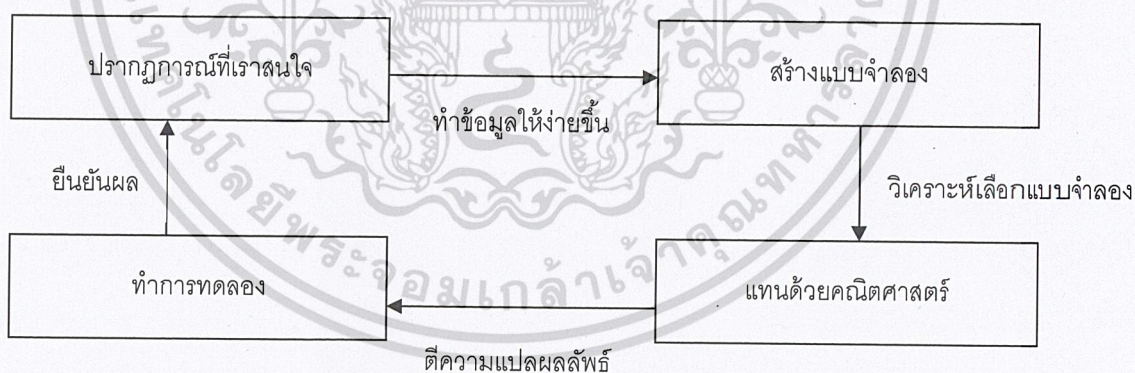
- การส่องกล้องตรวจลำไส้ใหญ่ทั้งหมด (Colonoscopy) หรือการถ่ายภาพลำไส้ใหญ่ด้วยการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT colonoscopy) ทุก 10 ปี
- สำหรับการตรวจทวารหนักด้วยนิ้ว (DRE) แพทย์จะทำการร่วมกับการตรวจร่างกายเป็นระยะ ๆ จะไม่ทำอย่างโดด ๆ ในการตรวจคัดกรองมะเร็งลำไส้ใหญ่

2.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์(Mathematical Model)

แบบจำลองในปรากฏการณ์ต่างๆ เราสนใจการทำนายของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงได้ เช่น ตัวเลขของประชากร หรือ ประชากรเชื้อโรค ซึ่งเราสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยวางแผนได้ในอนาคต

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นทำได้โดยการนำข้อมูลจริงที่เราสนใจ นำมาสรุปเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 2.13 แสดงการอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

2.8.1 แบบจำลอง

แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ระบบ หรือ แนวคิดลักษณะใดลักษณะหนึ่ง แบบจำลองอาจนำไปใช้งานหลายลักษณะ ดังนี้

1. เป็นเครื่องช่วยคิด (An aid to thought) เช่น แบบจำลองโครงข่าย (Network Model) ช่วยทำให้ผู้สร้างแบบจำลองได้มองเห็นว่าจะมีกิจกรรมที่ต้องทำอะไรบ้างและทำอะไรก่อนอะไรหลัง
2. เป็นเครื่องสื่อความหมาย (An aid to communication) แบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงานและช่วยให้สามารถอธิบายพฤติกรรม ปัญหา และการแก้ปัญหาของระบบงาน
3. เป็นเครื่องช่วยสอนและฝึกอบรม (Purposes of training and instruction) ช่วยแบบจำลองเครื่องควบคุมการบิน จะช่วยให้นักบินทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับการบินจริงก่อนขึ้นฝึกบินจริง
4. เป็นเครื่องมือสำหรับการทำนาย (A tool of prediction) จากการทำแบบจำลองจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของระบบงาน ก็จะช่วยให้ผู้สร้างแบบจำลองสามารถคาดคะเนหรือทำนายได้ว่า เมื่อมีเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของระบบเกิดขึ้น จะมีผลอะไรเกิดขึ้นกับระบบ
5. เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลอง (An aid to experimentation) โดยที่แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นแทนระบบจำลองจริง ในกรณีที่ต้องการทดลองเงื่อนไขต่างๆกับระบบงานจริงแต่ทำไม่ได้ ก็จะนำเอาเงื่อนไขนั้นๆมาทดลองกับแบบจำลองเพื่อดูว่าจะให้ผลอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจว่าควรจะนำเงื่อนไขนั้นๆไปใช้กับระบบงานจริงหรือไม่

2.8.2 การสร้างแบบจำลอง

การตั้งปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบและสร้างแบบจำลองเพราะคำตอบที่ถูกต้องสำหรับปัญหาที่ผิดย่อมไม่มีประโยชน์ จึงเป็นธรรมดาที่ระหว่างการออกแบบและการสร้างแบบจำลองอาจจะต้องกลับไปตั้งปัญหาใหม่แทนปัญหาเดิมซึ่งอาจไม่ใช่ปัญหา

ขั้นตอนแรกในการตั้งปัญหาก็คือ การระบุหรือกำหนดวัตถุประสงค์ (Purposes) ของการศึกษาหรือสิ่งที่ผู้วิเคราะห์ต้องการจะบรรลุ โดยที่ระบบงานจริงนั้น อาจจะสร้างแบบจำลองได้หลายแบบ แล้ววัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลองนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาระบบงาน นอกจากจะได้ปัญหาและวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาแล้ว อาจจะได้มาซึ่งแบบจำลองของระบบงานที่สามารถนำไปใช้งานได้เลย แต่ถ้าแบบที่ได้ยุ่งยากเกินกว่าที่จะนำไปใช้งาน ก็จำเป็นต้องปรับแต่งให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้งานได้

การสร้างแบบจำลองนั้น มักจะเริ่มต้นจากแบบจำลองง่าย ๆ ซึ่งอาจเป็นแบบจำลองของเฉพาะบางส่วนของระบบ จากนั้นก็จะเพิ่มเติมองค์ประกอบต่างๆที่จำเป็นที่จะทำให้แบบจำลองสามารถใช้งานได้เหมือนกับระบบงานตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ นอกจากนี้ยังมีการที่จะช่วยให้ได้แบบจำลองซึ่งอาจใช้เป็นแบบจำลองเริ่มต้นสำหรับการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไป คือ

1. ลด หรือ รวมตัวแปร
2. สมมติความเป็นเชิงเส้น (Linearity)
3. ใส่สมมติฐาน หรือ ข้อจำกัด
4. เขียนขอบเขตของระบบงานให้เด่นชัด

หลังจากที่ได้แบบจำลองเริ่มต้นแล้ว ก็ทำการทดสอบการทำงาน และ ผลที่ได้จากแบบจำลองว่าใกล้เคียงกับระบบงานจริงหรือไม่ ถ้าไม่ควรจะเพิ่มเติมองค์ประกอบอะไรเข้าไป หรือ ลดความจำกัดและสมมติฐาน หรือ เปลี่ยนแปลงลักษณะของตัวแปรหรือความสัมพันธ์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาพจริงของระบบงาน เมื่อมีการเพิ่มเติม หรือ เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในแบบจำลอง ซึ่งจะได้แบบจำลองใหม่ซึ่งจะต้องนำไปทำการทดสอบเปรียบเทียบกับระบบงานจริง แล้วก็นำกลับมาเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนองค์ประกอบต่างๆจนได้แบบจำลองที่แน่ใจว่าทำงานได้ เหมือนกับระบบงานจริงตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง

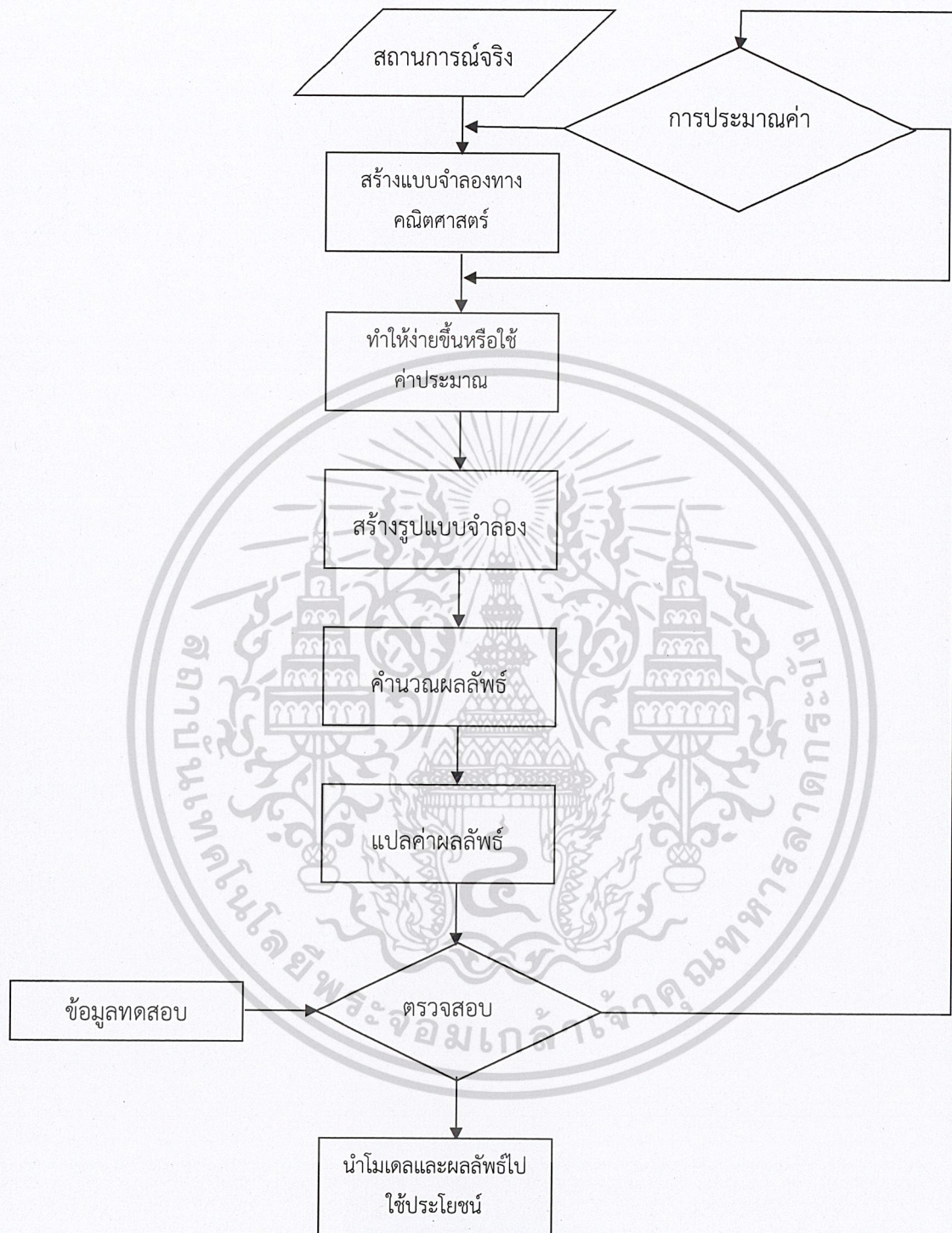
อีกวิธีหนึ่งซึ่งใช้ในการสร้างแบบจำลองก็คือ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาว่า มีองค์ประกอบอะไรบ้างในระบบงานที่มีผลต่อวัตถุประสงค์ หลังจากที่ได้รายชื่อขององค์ประกอบเหล่านั้น ซึ่งก็จะมาพิจารณาว่าควรจะมีองค์ประกอบอะไรบ้างอยู่ในแบบจำลอง เช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น การสร้างแบบจำลองไม่จำเป็นต้องสร้างครั้งเดียว อาจต้องมีการใส่องค์ประกอบเพิ่มเติม หรือ นำองค์ประกอบออกจากแบบจำลอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองก็จะต้องทำการทดสอบ เปรียบเทียบกับระบบงานจริงจนกว่าจะได้ผลที่น่าพอใจ

ดังที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่า การสร้างแบบจำลองนั้นเป็นศิลปะเฉพาะตัว และ ไม่มีสูตรสำเร็จที่จะใช้ ความถูกต้องของแบบจำลองนั้นขึ้นอยู่กับความเข้าใจในระบบงานที่ทำการศึกษาและ

ยังตามมา เมื่อจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ ก็คือ การที่จะต้องแปลงแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะต้องสามารถใช้ ค่าเชิงปริมาณแทนพฤติกรรมขององค์ประกอบเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ที่ต้องการ ดังนั้นองค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในแบบจำลองจะต้องอยู่ในรูปของตัวแปร พารามิเตอร์ และ ฟังก์ชัน ความถูกต้องของการใช้ค่าเชิงปริมาณขึ้นอยู่กับความเข้าใจในการทำงานขององค์ประกอบ ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงขั้นตอนการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคติดเชื้อ

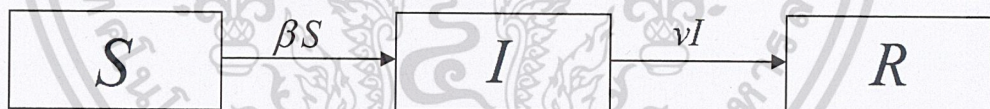
การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อจะแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มเสี่ยงที่ติดเชื้อ (Susceptible) แทนด้วย S
2. กลุ่มติดเชื้อที่ยังไม่สามารถถ่ายทอดได้ (Exposed) แทนด้วย E
3. กลุ่มติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ (Infected) แทนด้วย I
4. กลุ่มที่ฟื้นไข้หรือกลุ่มที่ได้รับการรักษาหรือกลุ่มที่หายป่วย (Recovered) แทนด้วย R

เมื่อกำหนดให้จำนวนประชากรทั้งหมดคงที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ณ เวลาที่ $t = 0$ เริ่มมีการติดเชื้อภายในกลุ่มประชากรทั้งหมด 4 กลุ่ม จากนั้นจะแพร่กระจายออกไปสู่ภายในกลุ่มประชากรเป็นการแพร่กระจายจากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง นั่นคือ เมื่อประชากรในกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อและได้รับเชื้อจะมีการพัฒนาตัวของโรค แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นผู้ป่วยที่เป็นโรคทันทีซึ่งแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อมีหลายรูปแบบคือ $SIR, SEIR, SEIRS$ เป็นต้น ในปัญหาพิเศษนี้เราพิจารณาแบบจำลองในรูปแบบ SIR

2.9.1 แบบจำลอง SIR

แบบจำลอง SIR นี้เป็นแบบจำลองที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Discrete model) เพราะเป็นระยะเวลาสั้นๆจะไม่คำนึงถึงอัตราการเกิดและอัตราการเสียชีวิตแบบจำลองนี้จะแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มประชากรผู้เสี่ยงที่จะติดเชื้อแทนด้วย S กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อแทนด้วย I และ กลุ่มประชากรที่หายจากการติดเชื้อแทนด้วย R



รูปที่ 2.15 แบบจำลอง SIR

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรของแบบจำลอง SIR

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
S	จำนวนประชากรที่เสี่ยงติดเชื้อ	คน
I	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อ	คน
R	จำนวนประชากรที่หายจากการติดเชื้อเมื่อได้รับการรักษา	คน
N	จำนวนประชากรทั้งหมดเท่ากับ $S + I + R$	คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริมของแบบจำลอง SIR

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
β	อัตราการติดเชื้อ	ต่อวันต่อคน
ν	อัตราการหายจากการติดเชื้อ	ต่อวันต่อคน

คำอธิบายแบบจำลอง SIR

จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจะลดจำนวนลง แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อทำให้ประชากรที่ติดเชื้อมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อได้รับการรักษา ทำให้มีจำนวนลดลงแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่หายป่วยและส่งผลให้กลุ่มผู้ที่หายป่วยมีจำนวนเพิ่มขึ้น จากแบบจำลอง สามารถเขียนสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = -\beta S \quad (2.1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta S - \nu I \quad (2.2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \nu I \quad (2.3)$$

โดยกำหนดให้ $N = S + I + R$

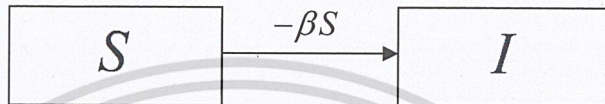
หมายเหตุ เนื่องจากสมการเป็นการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังนั้น

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม = สิ่งที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของประชากร

- สิ่งที่มีผลต่ออัตราการลดลงของประชากร

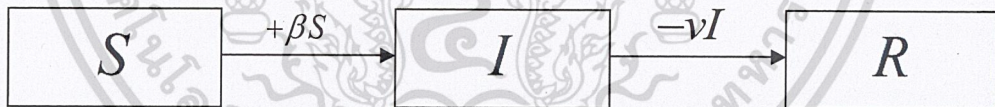
อธิบายความหมายแต่ละสมการของแบบจำลอง *SIR* ได้ดังนี้

1. สมการ (2.1) $\frac{dS}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อโดยที่ $-\beta S$ หมายถึง การลดลงของประชากรกลุ่มเสี่ยงที่จะติดเชื้อ เพราะติดเชื้อมีอัตรา β จะสังเกตได้ว่าผลของการติดเชื้อมันขึ้นอยู่กับผลคูณของ S ซึ่งแสดงถึงการที่ผู้รับการติดเชื้อจะมีความสัมพันธ์กันซึ่งเครื่องหมาย $-$ แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ ดังแผนภาพ



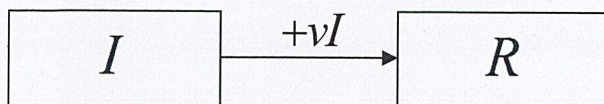
รูปที่ 2.16 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง *SIR* ของสมการ (2.1)

2. สมการ (2.2) $\frac{dI}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ติดเชื้อโดยที่ $+\beta S$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของประชากรกลุ่มที่ติดเชื้อ ซึ่งเปลี่ยนมาจากกลุ่มเสี่ยง ในขณะที่ $-vI$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ เพราะ หายจากการติดเชื้อมีอัตรา v แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่มที่หายจากการติดเชื้อ ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ และเครื่องหมาย $-$ แสดงถึงอัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง *SIR* ของสมการ (2.2)

3. สมการ (2.3) $\frac{dR}{dt}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการติดเชื้อโดยที่ $+vI$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของประชากรที่หายป่วย ซึ่งเปลี่ยนมาจากกลุ่มประชากรที่ติดเชื้อ ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายป่วย ดังแผนภาพ



รูปที่ 2.18 แสดงส่วนประกอบแบบจำลอง *SIR* ของสมการ (2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการ (2.1) - (2.3) มาหาจุดสมดุล ดังนี้
ให้ (S^*, I^*, R^*) เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ

$$-\beta S^* = 0 \quad (2.4)$$

$$\beta S^* - \nu I^* = 0 \quad (2.5)$$

$$\nu I^* = 0 \quad (2.6)$$

จาก (2.4) จะได้ $S^* = 0$

จาก (2.6) จะได้ $I^* = 0$

จาก $N = S^* - I^* - R^*$ จะได้ $R^* = N - S^* - I^*$

ดังนั้น $R^* = N$

ดังนั้น จะได้จุดสมดุล (S^*, I^*, R^*) คือ $(0, 0, N)$

2.10 บทนิยามที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 ค่าลักษณะเฉพาะ

ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ และ λ เป็นจำนวนจริง เรียกว่า ค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ของ A ก็ต่อเมื่อมีเวกเตอร์แนวตั้ง X ใน R^n ที่ไม่เป็นศูนย์ ซึ่งทำให้

$$AX = \lambda X$$

เวกเตอร์ X เรียกว่า เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvector) ของ A ที่สัมพันธ์กับ λ ค่าลักษณะเฉพาะ อาจใช้คำว่า characteristic values และ เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะอาจใช้คำว่า characteristic vectors จากสมการ $AX = \lambda X$ สามารถจัดใหม่เป็น

$$(\lambda I - A)X = 0 \quad ; \text{สำหรับบาง } X \neq 0$$

เมื่อ I เป็น เมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด $n \times n$ เนื่องจาก $X \neq 0$ นั่นคือ X จะเป็น เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ ของ A

2.10.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ

พหุนามลักษณะเฉพาะ(characteristic polynomial) ของเมทริกซ์ A ขนาด $n \times n$ ได้กำหนดโดย

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

ทฤษฎีบทที่ 2.1 ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ ค่าลักษณะเฉพาะของ A เป็นรากที่เป็นจำนวนจริง ของพหุนามลักษณะเฉพาะของ A นั่นคือมีจำนวนจริง λ ที่สอดคล้องกับสมการ

$$c_A(\lambda) = \det(\lambda I - A) = 0$$

เรียกสมการนี้ว่า สมการลักษณะเฉพาะ (characteristic equation) เมื่อ I เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$

2.10.3 การหาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ขนาด $n \times n$

การหาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ สามารถทำได้โดยวิธีการที่เรียกว่า การกระจายโดยโคแฟกเตอร์

ทฤษฎีบทที่ 2.2 ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ และให้ M_{ij} เป็นเมทริกซ์ที่เกิดจากการตัดแถวที่ i และ หลักที่ j ของ A ออกและเรียก $\det M_{ij}$ ว่าไมเนอร์ (minor) ของ a_{ij} และ เรียก $A_{ij} = (-1)^{i+j} \det M_{ij}$ ว่าโคแฟกเตอร์ (cofactor) ของ a_{ij}

2.10.4 จาโคเบียนเมทริกซ์

ให้ $X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]^T$ และ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเวกเตอร์ของ x

โดยที่ $f(x) = [f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_n(x)]^T$

ดังนั้นอนุพันธ์ของ $f(x)$ เทียบกับ x จะเรียกว่า จาโคเบียนเมทริกซ์ (Jacobian matrix)

หรือ จาโคเบียน $f(x)$

$$\text{นิยามโดย } J_f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_3} & \dots & \frac{\partial f_1(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_3} & \dots & \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_3} & \dots & \frac{\partial f_3(x)}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_2} & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_3} & \dots & \frac{\partial f_m(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

2.10.5 การหาจุดสมดุล

บทนิยาม จุด $X_e \in \mathbb{R}^n$ เป็นจุดสมดุล (Equilibrium point) ของ

$$\frac{dX_e}{dt} = f(t, X_e)$$

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

ความเสถียรภาพของจุดสมดุล (stable of equilibrium point)

พิจารณาจากค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ที่ได้จากการหา $\det(\lambda I - J_f) = 0$ ดังนี้

- $\lambda < 0$ จะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นมีความเสถียรภาพ (stable)
- λ แต่ละตัวเครื่องหมายเป็นต่างกัน แล้วจะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นเป็นจุดอานม้า (saddle point)
- $\lambda > 0$ จะได้ว่าจุดสมดุลจุดนั้นไม่มีความเสถียรภาพ (unstable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.6 การหาผลเฉลยจุดสมดุลของระบบ

- แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดต่อเนื่อง
การหาจุดสมดุลของระบบสมการหาได้โดยพิจารณาแบบจำลองที่มีรูปแบบดังนี้

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= F_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= F_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= F_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \end{aligned} \right\} (1)$$

ผลเฉลยจุดสมดุลของระบบสมการนี้ สามารถหาได้จากการนำสมการทุกสมการใน (1) เท่ากับศูนย์ นั่นคือ

$$\begin{aligned} F_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \\ F_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \\ &\vdots \\ F_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned}$$

- แบบจำลองจุดสมดุลของระบบสมการเชิงเส้นชนิดไม่ต่อเนื่อง
สมการผลต่างไม่เชิงเส้นคือสมการที่อยู่ในรูปของ

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

เมื่อ x_n คือค่าของ x ในลำดับที่ n และ f เป็นฟังก์ชันของการทำซ้ำ ๆ กัน ผลเฉลยจุดสมดุลของระบบซึ่งเมื่อ \bar{X} ถูกกำหนดให้ค่าสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจนคือ

$$X_{n+1} = X_n = \bar{X}$$

ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงในลำดับที่ n ถึงลำดับที่ $n+1$ จากสมการที่อยู่ในรูป $X_{n+1} = f(X_n)$ จะมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่เข้าใจได้ง่ายขึ้นอีกคือ

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

และนำมาอ้างอิงเช่นเดียวกับจุดตรึง (Fixed point) ของฟังก์ชัน f จุด x เป็นจุดตรึงของฟังก์ชัน f ก็ต่อเมื่อ $f(x) = x$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.7 วิธีการทดสอบแบบ Routh-Hurwitz criteria

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

จากสมการลักษณะเฉพาะ กำหนดให้มี k เมทริกซ์ จะได้ว่า

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

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

$$H_k = \begin{pmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_k \end{pmatrix}$$

โดยที่เทอมของ (l, m) ในเมทริกซ์ H_j คือ

$$a_{2l-m} \text{ สำหรับ } 0 < 2l - m < j$$

$$1 \text{ สำหรับ } 2l = m$$

$$0 \text{ สำหรับ } 2l < m \text{ หรือ } 2l > j + m$$

แล้วทุกค่าลักษณะเฉพาะต้องมีส่วนจริงเป็นลบ ความเสถียรภาพของ \bar{N} จะเสถียรก็ต่อเมื่อ ดีเทอร์มิแนนต์ ของทุกเมทริกซ์เฮอริวิตซ์จะต้องเป็นบวก นั่นคือ

$$\det(H_j) > 0 \quad \text{โดยที่ } j = 1, 2, 3, \dots, k$$

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 มะเร็งลำไส้ใหญ่ในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พ.ศ.2542-2548 และอัตราการรอดชีวิตใน 5 ปี

(บรรลือ เฉลยกิตติ,2549)^[3] โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พ.ศ.2542-พ.ศ.2548 และอัตราการรอดชีวิตใน 5 ปี จากผลการวิจัย มีผู้ป่วยในการผ่าตัด 495 รายแต่สามารถเก็บข้อมูลได้ 485 ราย โดยอาการที่พบมากที่สุดคือ ถ่ายเป็นเลือด ปวดท้อง ชับถ่ายที่เปลี่ยนไป ภาวะลำไส้อุดตัน ภาวะเบื่ออาหาร และการตรวจด้วยนิ้วทางทวารหนักแล้วพบก้อนเนื้อ

2.11.2 งานวิจัยเรื่องปัจจัยทำนายระยะเวลาก่อนการรักษาของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ ทวารหนัก

(สุพร ดนัยคุชฎีกุล,2556)^[2] โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนัก มีการใช้เวลาในระยะก่อนได้รับการรักษาหรือมาพบแพทย์มักมีอาการระยะของโรค รุนแรง มากแล้วคือระยะที่ 3, 4 เป็นเหตุให้ผลการรักษามาไม่ดีขึ้น สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้ได้รับการรักษาช้านั้นคือการไม่รู้ของอาการของโรค เนื่องจากบางส่วนที่อยู่ในวัยทำงานมีภาระหน้าที่จึงอาจเป็นเหตุให้ไม่ได้รับการตรวจวินิจฉัยอย่างละเอียดอีกสาเหตุหนึ่งคือความกลัวทำให้ความล่าช้าของผู้ป่วยมะเร็งในการตรวจรักษานานออกไปอีก

2.11.3 งานวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความปวด อาการอ่อนล้า ภาวะซึมเศร้า กับคุณภาพการฟื้นตัวของผู้ป่วย ภายหลังการผ่าตัดมะเร็ง ลำไส้ ใหญ่และทวารหนัก

(ผ่องศรี ศรีมรกต,2556)^[1] จากกลุ่มตัวอย่างส่วนมากจะเป็นเพศชายอายุประมาณ 65 ปี การวินิจฉัยจะจำแนกตามตำแหน่งของมะเร็ง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีผลพยาธิวิทยาคลินิกเป็นชนิด Adenocarcinoma ซึ่งเป็นชนิดที่มีการพยากรณ์โรคที่ไม่ได้ระยะเวลาในการผ่าตัดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 4 ชั่วโมง โดยส่วนใหญ่มีตำแหน่งผ่าตัดแผลผ่าตัด อยู่ในแนว lower midline หลังจากการผ่าตัดผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีอาการปวดเล็กน้อย วิธีการการระงับความปวดคือ ให้ยาระงับความปวดโดยผ่านทางช่องเยื่อหุ้มไขสันหลังและ ทางหลอดเลือดดำ ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีอาการอ่อนล้าในระดับปานกลางและไม่มีภาวะ ซึมเศร้าและมีการฟื้นตัวหลังจากการผ่าตัดที่ค่อนข้างรวดเร็ว

บทที่ 3

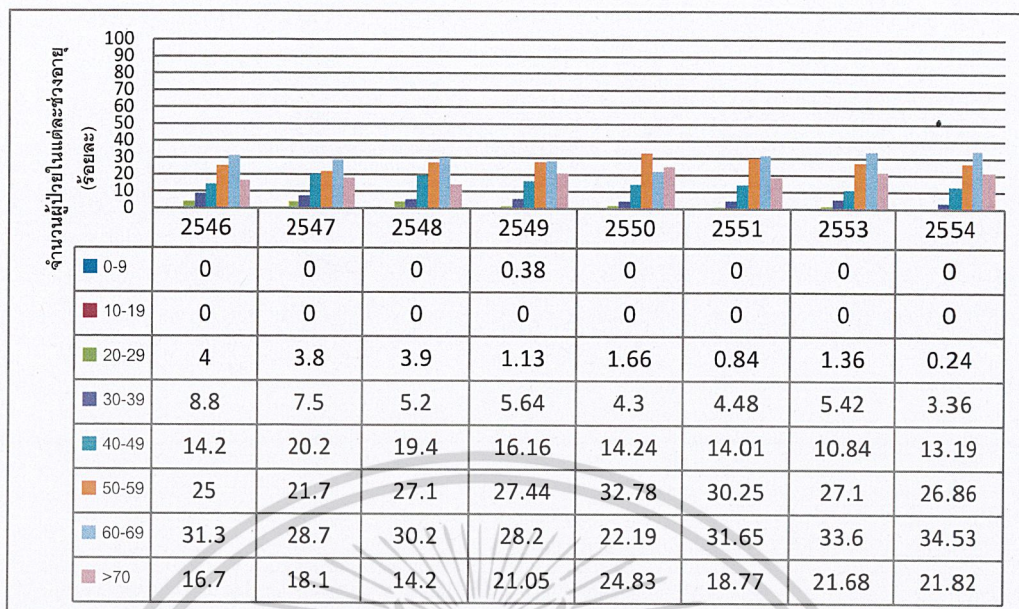
แบบจำลองของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ของประชากรในประเทศไทยในแต่ละปีตามช่วงอายุตามเพศ และตามระยะของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2558 โดยนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบร้อยละของประชากรที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

3.1.1 แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้

- 1) อายุ 0 – 9 ปี
- 2) อายุ 10 – 19 ปี
- 3) อายุ 20 – 29 ปี
- 4) อายุ 30 – 39 ปี
- 5) อายุ 40 – 49 ปี
- 6) อายุ 50 – 59 ปี
- 7) อายุ 60 – 69 ปี
- 8) อายุตั้งแต่ 70 ปีขึ้นไป



ที่มา : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (<http://www.nci.go.th/th/index1.html>)

รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละช่วงอายุ

หมายเหตุ ในปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2555-พ.ศ.2558 ทางสถาบันมะเร็งแห่งชาติไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ

- ปี พ.ศ.2546 มีรายงานผู้ป่วย 204 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 31.3% รองลงมาเป็นกลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป และ กลุ่มอายุ 40-49 ปี มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 25% , 16.7% และ 14.2% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2547 มีรายงานผู้ป่วย 296 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 28.7% รองลงมาเป็นกลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 21.7% , 20.2% และ 18.1% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2548 มีรายงานผู้ป่วย 232 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 30.2% รองลงมาเป็นกลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 27.1% , 19.4% และ 14.2% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2549 มีรายงานผู้ป่วย 266 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 28.2% รองลงมาเป็นกลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป และ กลุ่มอายุ 40-49 ปี มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 27.44 % , 21.05% และ 16.16% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2550 มีรายงานผู้ป่วย 302 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 50-59ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 32.78% รองลงมาเป็น กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป กลุ่มอายุ 60-69 ปี กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 24.83% , 22.19% และ 14.24% ตามลำดับ

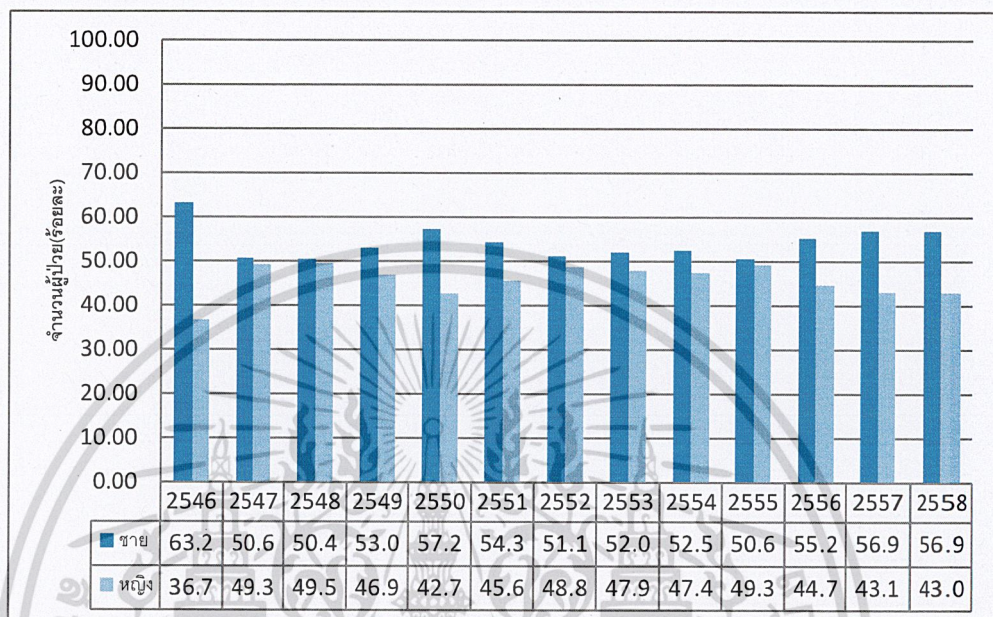
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการวิจัยและเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี พ.ศ.2551 มีรายงานผู้ป่วย 357 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 31.65% รองลงมาเป็น กลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 30.25% , 18.77% และ 14.01% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2552 มีรายงานผู้ป่วย 342 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ
- ปี พ.ศ.2553 มีรายงานผู้ป่วย 369 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 33.6% รองลงมาเป็น กลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 27.1% , 21.68% และ 10.84% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2554 มีรายงานผู้ป่วย 417 ราย พบผู้ป่วยในกลุ่มอายุ 60-69 ปี อัตราการเป็นโรคเท่ากับ 34.53% รองลงมาเป็น กลุ่มอายุ 50-59 ปี กลุ่มอายุ 70 ปีขึ้นไป กลุ่มอายุ 40-49 ปี และ มีอัตราการเป็นโรคเท่ากับ 26.86% , 21.82% และ 13.19% ตามลำดับ
- ปี พ.ศ.2555 มีรายงานผู้ป่วย 454 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ
- ปี พ.ศ.2556 มีรายงานผู้ป่วย 389 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ
- ปี พ.ศ.2557 มีรายงานผู้ป่วย 483 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ
- ปี พ.ศ.2558 มีรายงานผู้ป่วย 406 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามช่วงอายุ

สรุป จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ผู้ที่มีช่วงอายุ 60 – 69 ปี ของทุกปีจะมีร้อยละของผู้ป่วยในโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่มากที่สุด ยกเว้นปี พ.ศ. 2550 ที่มีร้อยละของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในช่วงอายุ 50 – 59 ปี และส่วนใหญ่โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่นั้นจะไม่ค่อยพบในเด็ก เนื่องจากการทำงานของลำไส้ยังมีอายุการใช้งานน้อยรวมกับการรับประทานอาหารของเด็กที่มีข้อจำกัดดังนั้นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่จึงพบในผู้ใหญ่มากกว่า

3.1.2 แบ่งตามเพศ

- 1) เพศชาย
- 2) เพศหญิง



ที่มา : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (<http://www.nci.go.th/th/index1.html>)

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละเพศ

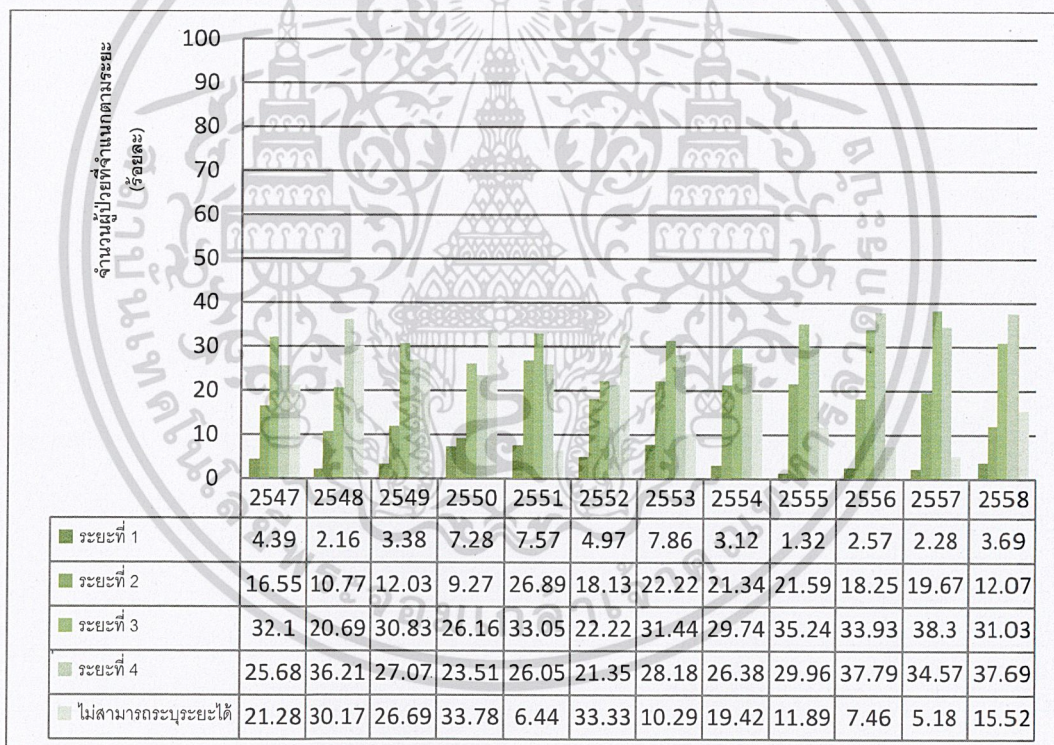
- ปี พ.ศ.2546 มีรายงานผู้ป่วย 204 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 63.24% และผู้ป่วยหญิง 36.76%
- ปี พ.ศ.2547 มีรายงานผู้ป่วย 296 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 50.68% และผู้ป่วยหญิง 49.32%
- ปี พ.ศ.2548 มีรายงานผู้ป่วย 232 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 50.43% และผู้ป่วยหญิง 49.57%
- ปี พ.ศ.2549 มีรายงานผู้ป่วย 266 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 53.01% และผู้ป่วยหญิง 46.99%
- ปี พ.ศ.2550 มีรายงานผู้ป่วย 302 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 57.28% และผู้ป่วยหญิง 42.72%
- ปี พ.ศ.2551 มีรายงานผู้ป่วย 357 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 54.34% และผู้ป่วยหญิง 45.66%
- ปี พ.ศ.2552 มีรายงานผู้ป่วย 342 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 51.17% และผู้ป่วยหญิง 48.83%
- ปี พ.ศ.2553 มีรายงานผู้ป่วย 369 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 52.03% และผู้ป่วยหญิง 47.97%
- ปี พ.ศ.2554 มีรายงานผู้ป่วย 417 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 52.52% และผู้ป่วยหญิง 47.48%
- ปี พ.ศ.2555 มีรายงานผู้ป่วย 454 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 50.66% และผู้ป่วยหญิง 49.34%
- ปี พ.ศ.2556 มีรายงานผู้ป่วย 389 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 55.27% และผู้ป่วยหญิง 44.73%
- ปี พ.ศ.2557 มีรายงานผู้ป่วย 483 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 56.94% และผู้ป่วยหญิง 43.06%
- ปี พ.ศ.2558 มีรายงานผู้ป่วย 406 รายเป็นผู้ป่วยชายเป็น 56.90% และผู้ป่วยหญิง 43.10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่ควรเอาผิดให้ว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ผู้ที่เป็นเพศชายจะมีโอกาสที่จะเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่มากกว่าผู้ที่เป็นเพศหญิง เนื่องจากผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนใหญ่เพศชายจะมีร้อยละที่จะเป็นมากกว่าเพศหญิงในของทุกปี

3.1.3 แบ่งตามระยะของโรค

- 1) ระยะที่ 1
- 2) ระยะที่ 2
- 3) ระยะที่ 3
- 4) ระยะที่ 4
- 5) ไม่สามารถระบุระยะได้



ที่มา : สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (<http://www.nci.go.th/th/index1.html>)

รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในแต่ละช่วงอายุ

หมายเหตุ ปี พ.ศ.2546 มีรายงานผู้ป่วย 204 ราย ไม่มีการจำแนกข้อมูลในรูปแบบที่แบ่งตามระยะ

- ปี พ.ศ.2547 มีรายงานผู้ป่วย 296 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 32.1% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 25.68% และเป็นผู้ป่วยที่ไม่ทราบระยะ ในอัตรา 21.28%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี พ.ศ.2548 มีรายงานผู้ป่วย 232 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 4 ในอัตรา 36.21% รองลงมาเป็นผู้ป่วยที่ไม่ทราบระยะ ในอัตรา 30.17% และ ระยะที่ 3 ในอัตรา 20.69%
- ปี พ.ศ.2549 มีรายงานผู้ป่วย 266 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 30.83% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 27.07% และเป็นผู้ป่วยที่ไม่ทราบระยะ ในอัตรา 26.69%
- ปี พ.ศ.2550 มีรายงานผู้ป่วย 302 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดที่ไม่ทราบระยะ ในอัตรา 33.78% รองลงมาเป็นผู้ป่วยในระยะที่ 3 ในอัตรา 26.16% และเป็น ระยะที่ 4 ในอัตรา 23.51%
- ปี พ.ศ.2551 มีรายงานผู้ป่วย 357 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 33.05% รองลงมาเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 26.89% และเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 26.05 %
- ปี พ.ศ.2552 มีรายงานผู้ป่วย 342 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดที่ไม่ทราบระยะในอัตรา 33.33% รองลงมาเป็นระยะที่ 3 ในอัตรา 22.22% และเป็น ระยะที่ 4 ในอัตรา 21.35%
- ปี พ.ศ.2553 มีรายงานผู้ป่วย 369 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 31.44% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 28.18% และเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 22.22%
- ปี พ.ศ.2554 มีรายงานผู้ป่วย 417 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 29.74% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 26.38% และเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 21.34%
- ปี พ.ศ.2555 มีรายงานผู้ป่วย 454 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 35.24% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 29.96% และเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 21.59%
- ปี พ.ศ.2556 มีรายงานผู้ป่วย 389 รายมีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 4 ในอัตรา 37.79% รองลงมาเป็นระยะที่ 3 ในอัตรา 33.93% และเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 18.25%
- ปี พ.ศ.2557 มีรายงานผู้ป่วย 483 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 3 ในอัตรา 38.3% รองลงมาเป็นระยะที่ 4 ในอัตรา 34.57% และเป็นระยะที่ 2 ในอัตรา 19.67%
- ปี พ.ศ.2558 มีรายงานผู้ป่วย 406 ราย มีผู้ป่วยมากที่สุดในระยะที่ 4 ในอัตรา 37.69% รองลงมาเป็นระยะที่ 3 ในอัตรา 31.03% และเป็นผู้ป่วยที่ไม่ทราบระยะ ในอัตรา 15.52%

สรุป จะเห็นว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่พบจะอยู่ในระยะที่ 3 และ ระยะที่ 4 เนื่องจากผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่นั้น เมื่อได้รับการรักษาแล้วอาจจะไม่หายขาดต้องมีการติดตามผลของการรักษาอยู่เป็นประจำ ไม่นั้นจะกลับมาเป็นอีกได้

3.2 การสร้างแบบจำลองของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

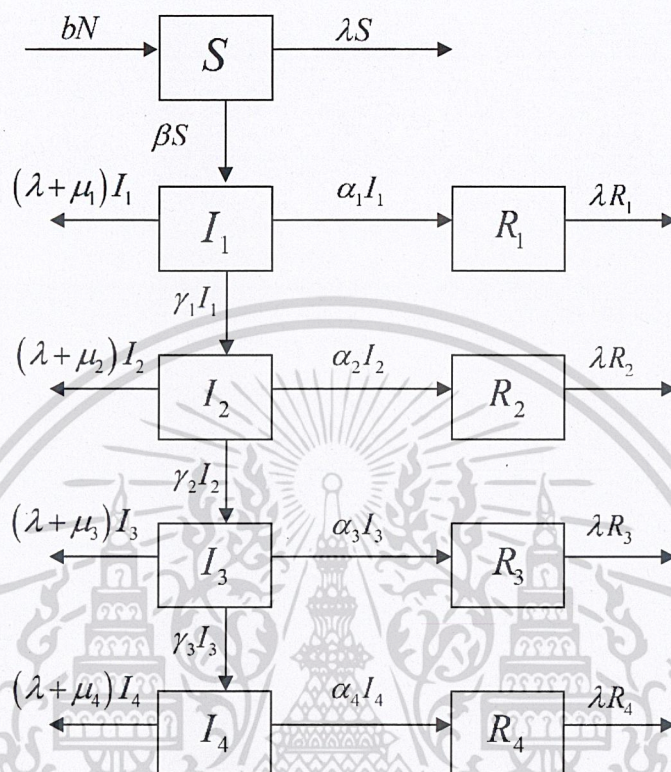
ในปัญหาพิเศษนี้ผู้จัดทำจะนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ซึ่งจำนวนประชากรมีขนาดไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะ และ สามารถรักษาให้หายได้ โดยมีการแบ่งประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- 1) กลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ แทนด้วย S
- 2) กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ แทนด้วย I
- 3) กลุ่มประชากรที่หายป่วยจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษา แทนด้วย R

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคลำไส้ใหญ่นี้ กำหนดให้กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ เมื่อไม่ได้รับการรักษาจะทำให้ผู้ป่วยมีการเปลี่ยนระยะจากระยะหนึ่งไปอีกระยะหนึ่ง มีแบบจำลองดังนี้



แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่



รูปที่ 3.4 แบบจำลองโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรต่าง ๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
S	จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	คน
I_1	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (มะเร็งยังอยู่เฉพาะผนัง ของลำไส้ ยังไม่แพร่กระจายออกนอกลำไส้)	คน
I_2	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (เป็นระยะที่มะเร็งมีการแพร่กระจายออกนอกลำไส้ แต่ยังไม่แพร่ไปไม่ถึงต่อมน้ำเหลือง)	คน
I_3	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (เป็นระยะที่มะเร็งได้ลุกลามแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณใกล้เคียง แต่ยังไม่แพร่ไปยังอวัยวะอื่นๆ)	คน
I_4	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (เป็นระยะรุนแรงที่มะเร็งมีการลุกลามแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆ โดยมากจะไปยังตับและปอด)	คน
R_1	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1	คน
R_2	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2	คน
R_3	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3	คน
R_4	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4	คน
N	จำนวนประชากรทั้งหมด เท่ากับ $S + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4$	คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์แสดงค่าตัวแปรเสริมต่าง ๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
b	อัตราการเกิดของประชากร	ต่อวันต่อคน
β	อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	ต่อวันต่อคน
λ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	ต่อวันต่อคน
μ_1	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	ต่อวันต่อคน
μ_2	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	ต่อวันต่อคน
μ_3	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	ต่อวันต่อคน
μ_4	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	ต่อวันต่อคน
γ_1	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2	ต่อวันต่อคน
γ_2	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3	ต่อวันต่อคน
γ_3	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4	ต่อวันต่อคน
α_1	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา	ต่อวันต่อคน
α_2	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา	ต่อวันต่อคน
α_3	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา	ต่อวันต่อคน
α_4	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา	ต่อวันต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

จำนวนประชากรที่เพิ่มเข้ามาจัดให้อยู่ในประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในขณะที่ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ จะลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ และเมื่อประชากรกลุ่มเสี่ยงมีเซลล์ที่ผิดปกติในลำไส้ใหญ่จะเปลี่ยนไปเป็นกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ประชากรในระยะนี้ก็จะลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ เสียชีวิตโดยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ เมื่อผู้ป่วยในระยะที่ 1 ได้รับการรักษาก็จะลดจำนวนลงมาอยู่ใน กลุ่มประชากรที่หายป่วยจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษา ประชากรกลุ่มนี้ก็จะมีการลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ นอกจากนี้กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ที่ไม่ได้รับการรักษาก็จะเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 จะเป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะที่ 4 เมื่อกลุ่มประชากรที่ป่วยในระยะที่ 4 ไม่ได้รักษา ประชากรจะลดจำนวนลงเนื่องจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติของประชากร และ ลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่



3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถเขียนสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = bN - \lambda S - \beta S \quad (3.1)$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \beta S - (\lambda + \mu_1) I_1 - \alpha_1 I_1 - \gamma_1 I_1 \quad (3.2)$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_1 I_1 - (\lambda + \mu_2) I_2 - \gamma_2 I_2 - \alpha_2 I_2 \quad (3.3)$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \gamma_2 I_2 - (\lambda + \mu_3) I_3 - \gamma_3 I_3 - \alpha_3 I_3 \quad (3.4)$$

$$\frac{dI_4}{dt} = \gamma_3 I_3 - (\lambda + \mu_4) I_4 - \alpha_4 I_4 \quad (3.5)$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 I_1 - \lambda R_1 \quad (3.6)$$

$$\frac{dR_2}{dt} = \alpha_2 I_2 - \lambda R_2 \quad (3.7)$$

$$\frac{dR_3}{dt} = \alpha_3 I_3 - \lambda R_3 \quad (3.8)$$

$$\frac{dR_4}{dt} = \alpha_4 I_4 - \lambda R_4 \quad (3.9)$$

โดยกำหนดให้ $N = S + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

หมายเหตุ เนื่องจากสมการเป็นการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังนั้น

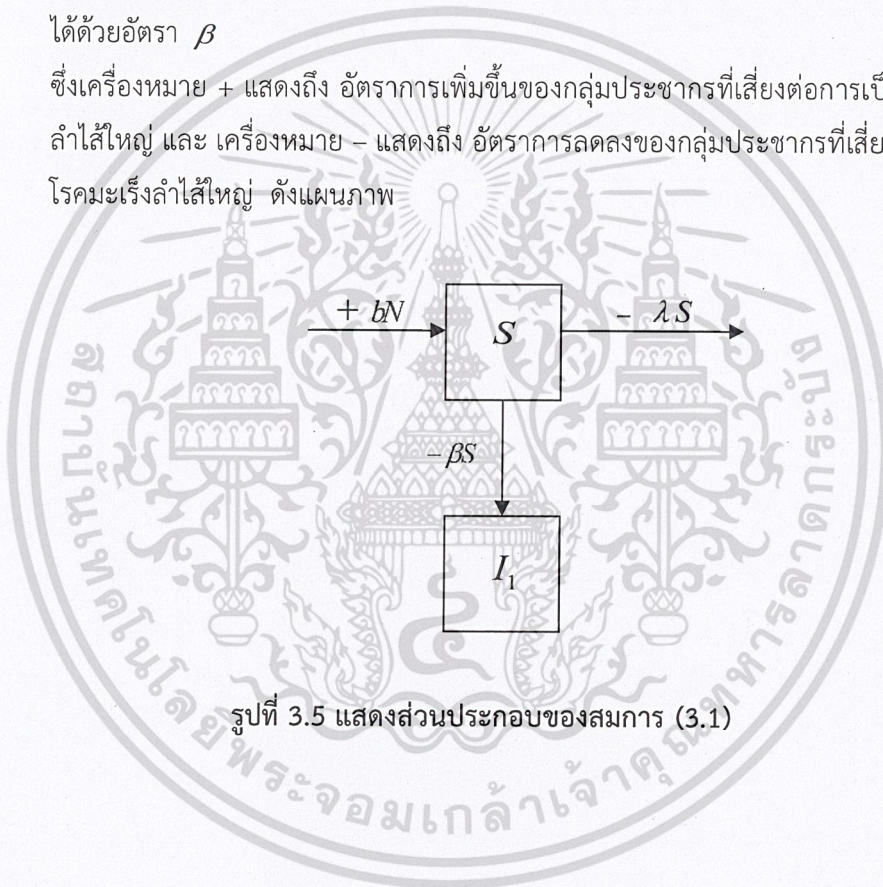
อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม = สิ่งที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของประชากร

- สิ่งที่มีผลต่ออัตราการลดลงของประชากร

อธิบายความหมายของแต่ละสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

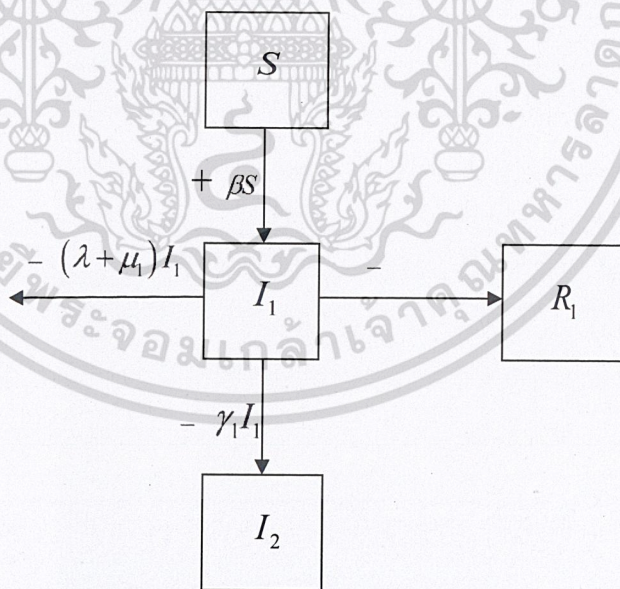
- 1) สมการ (3.1) $\frac{dS}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยที่ $+bN$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพราะ มีจำนวนประชากรที่เพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา b และ $-\lambda S$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ ในขณะที่ $-\beta S$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ และสามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้ เพราะ คนหนึ่งคนจะสามารถเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา β

ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ เครื่องหมาย $-$ แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่ ดังแผนภาพ



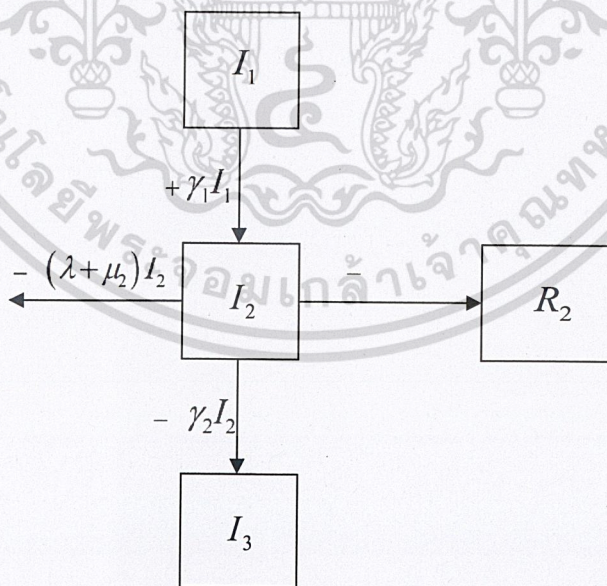
รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.1)

- 2) สมการ (3.2) $\frac{dI_1}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 โดยที่ $+\beta S$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เพราะ มีจำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา β และ $-(\lambda + \mu_1)I_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ด้วยอัตรา μ_1 ในขณะที่ $-\alpha_1 I_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 สามารถรักษาให้หายได้ด้วยอัตรา α_1 และ $-\gamma_1 I_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ที่ไม่ได้รับการรักษาสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นระยะที่ 2 ได้ด้วยอัตรา γ_1 ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของ กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.2)

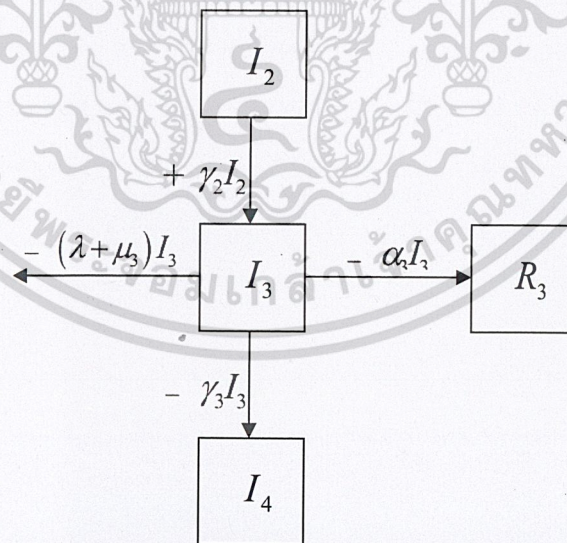
- 3) สมการ (3.3) $\frac{dI_2}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 โดยที่ $+\gamma_1 I_1$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา γ_1 และ $-(\lambda + \mu_2) I_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ด้วยอัตรา μ_2 ในขณะที่ $-\alpha_2 I_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 สามารถรักษาให้หายได้ด้วยอัตรา α_2 และ $-\gamma_2 I_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ที่ไม่ได้รับการรักษาสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นระยะที่ 3 ได้ด้วยอัตรา γ_2 ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของ กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.3)

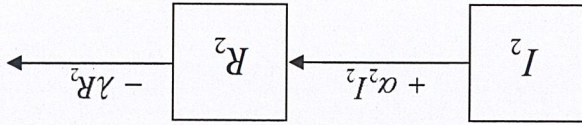
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) สมการ (3.4) $\frac{dI_3}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 โดยที่ $+\gamma_2 I_2$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา γ_2 และ $-(\lambda + \mu_3) I_3$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ด้วยอัตรา μ_3 ในขณะที่ $-\alpha_3 I_3$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 สามารถรักษาให้หายได้ด้วยอัตรา α_3 และ $-\gamma_3 I_3$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 สามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เพราะ ประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ที่ไม่ได้รับการรักษาสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นระยะที่ 4 ได้ด้วยอัตรา γ_3 ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของ กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.4)

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.7)



พหุนาม

ของสมการ (3.9) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุมต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม

รูปที่ 3.10 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.6)



พหุนาม

ของสมการ (3.8) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุมต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (6) สมการ (3.8) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุมต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่ควบคุมโดยตัวควบคุม

เขียนสมการ (3.1) – (3.11) ให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ ได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S)

= ประชากรที่เกิดใหม่

- จำนวนของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ
- จำนวนของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1)

= จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1

- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติและ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วหายป่วยโดยการรักษาในระยะที่ 1

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2)

= จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2

- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติและ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วหายป่วยโดยการรักษาในระยะที่ 2

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3)

= จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3

- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติและ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วหายป่วยโดยการรักษาในระยะที่ 3

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4)

- = จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ และ เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4
- จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 แล้วหายป่วยโดยการรักษาในระยะที่ 4

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (R_1)

- = จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วได้รับการรักษา
- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษาแล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (R_2)

- = จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วได้รับการรักษา
- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษาแล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (R_3)

- = จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วได้รับการรักษา
- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษาแล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (R_4)

- = จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 แล้วได้รับการรักษา
- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษาแล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 จุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

จากเงื่อนไขระบบสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

$$\text{กำหนดให้ } \frac{dS}{dt}, \frac{dI_1}{dt}, \frac{dI_2}{dt}, \frac{dI_3}{dt}, \frac{dI_4}{dt}, \frac{dR_1}{dt}, \frac{dR_2}{dt}, \frac{dR_3}{dt}, \frac{dR_4}{dt} = 0$$

หาจุดสมดุลของระบบสมการ

ให้ $(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_0^*, R_1^*, R_2^*, R_3^*, R_4^*)$ เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ (3.1) – (3.9)

จะได้ว่า

$$bN - \lambda S^* - \beta S^* = 0 \quad (3.10)$$

$$\beta S^* - (\lambda + \mu_1) I_1^* - \alpha_1 I_1^* - \gamma_1 I_1^* = 0 \quad (3.11)$$

$$\gamma_1 I_1^* - (\lambda + \mu_2) I_2^* - \gamma_2 I_2^* - \alpha_2 I_2^* = 0 \quad (3.12)$$

$$\gamma_2 I_2^* - (\lambda + \mu_3) I_3^* - \gamma_3 I_3^* - \alpha_3 I_3^* = 0 \quad (3.13)$$

$$\gamma_3 I_3^* - (\lambda + \mu_4) I_4^* - \gamma_4 I_4^* - \alpha_4 I_4^* = 0 \quad (3.14)$$

$$\alpha_1 I_1^* - \lambda R_0^* = 0 \quad (3.15)$$

$$\alpha_2 I_2^* - \lambda R_1^* = 0 \quad (3.16)$$

$$\alpha_3 I_3^* - \lambda R_2^* = 0 \quad (3.17)$$

$$\alpha_4 I_4^* - \lambda R_3^* = 0 \quad (3.18)$$

ดังนั้นจะได้จุดสมดุลของระบบสมการ ดังนี้

$$S^* = \frac{bN}{\beta + \lambda}$$

$$I_1^* = \frac{bn\beta}{(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)}$$

$$I_2^* = \frac{bN\beta\gamma_1}{(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)}$$

$$I_3^* = \frac{bN\beta\gamma_1\gamma_2}{(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)}$$

$$I_4^* = \frac{bN\beta\gamma_1\gamma_2\gamma_3}{(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \gamma_4 + \mu_4)}$$

$$R_1^* = \frac{bN\beta\alpha_1}{\lambda(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)}$$

$$R_2^* = \frac{bN\beta\alpha_2\gamma_1}{\lambda(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)}$$

$$R_3^* = \frac{bN\beta\alpha_3\gamma_1\gamma_2}{\lambda(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)}$$

$$R_4^* = \frac{bN\beta\alpha_4\gamma_1\gamma_2\gamma_3}{(\beta + \lambda)(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \gamma_4 + \mu_4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ความเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมะเร็งลำไส้ใหญ่

ความเสถียรของจุดสมดุลสามารถพิจารณาจากค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์จากระบบสมการเชิงอนุพันธ์นี้

$$\frac{dS}{dt} = bN - \lambda S - \beta S \quad = f_S$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \beta S - (\lambda + \mu_1)I_1 - \alpha_1 I_1 - \gamma_1 I_1 \quad = f_{I_1}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_1 I_1 - (\lambda + \mu_2)I_2 - \gamma_2 I_2 - \alpha_2 I_2 \quad = f_{I_2}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \gamma_2 I_2 - (\lambda + \mu_3)I_3 - \gamma_3 I_3 - \alpha_3 I_3 \quad = f_{I_3}$$

$$\frac{dI_4}{dt} = \gamma_3 I_3 - (\lambda + \mu_4)I_4 - \alpha_4 I_4 \quad = f_{I_4}$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 I_1 - \lambda R_1 \quad = f_{R_1}$$

$$\frac{dR_2}{dt} = \alpha_2 I_2 - \lambda R_2 \quad = f_{R_2}$$

$$\frac{dR_3}{dt} = \alpha_3 I_3 - \lambda R_3 \quad = f_{R_3}$$

$$\frac{dR_4}{dt} = \alpha_4 I_4 - \lambda R_4 \quad = f_{R_4}$$

นำระบบสมการดังกล่าวมาเขียนในรูปจาโคเบียนเมทริกซ์ โดยกำหนดให้จาโคเบียนเมทริกซ์

ขนาด 9×9 คือ

$$J_f = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} & J_{14} & J_{15} & J_{16} & J_{17} & J_{18} & J_{19} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} & J_{24} & J_{25} & J_{26} & J_{27} & J_{28} & J_{29} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} & J_{34} & J_{35} & J_{36} & J_{37} & J_{38} & J_{39} \\ J_{41} & J_{42} & J_{43} & J_{44} & J_{45} & J_{46} & J_{47} & J_{48} & J_{49} \\ J_{51} & J_{52} & J_{53} & J_{54} & J_{55} & J_{56} & J_{57} & J_{58} & J_{59} \\ J_{61} & J_{62} & J_{63} & J_{64} & J_{65} & J_{66} & J_{67} & J_{68} & J_{69} \\ J_{71} & J_{72} & J_{73} & J_{74} & J_{75} & J_{76} & J_{77} & J_{78} & J_{79} \\ J_{81} & J_{82} & J_{83} & J_{84} & J_{85} & J_{86} & J_{87} & J_{88} & J_{89} \\ J_{91} & J_{92} & J_{93} & J_{94} & J_{95} & J_{96} & J_{97} & J_{98} & J_{99} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่จุดสมดุล $(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_0^*, R_1^*, R_2^*, R_3^*, R_4^*)$ เมื่อ

$$J_{11} = \frac{\partial}{\partial S} f_s = -\beta - \lambda$$

$$J_{21} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_1} = \beta$$

$$J_{12} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_s = 0$$

$$J_{22} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_1} = -\lambda - \alpha_1 - \gamma_1 - \mu_1$$

$$J_{13} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_s = 0$$

$$J_{23} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_1} = 0$$

$$J_{14} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_s = 0$$

$$J_{24} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_1} = 0$$

$$J_{15} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_s = 0$$

$$J_{25} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_1} = 0$$

$$J_{16} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_s = 0$$

$$J_{26} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_1} = 0$$

$$J_{17} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_s = 0$$

$$J_{27} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_1} = 0$$

$$J_{18} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_s = 0$$

$$J_{28} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_1} = 0$$

$$J_{19} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_s = 0$$

$$J_{29} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{31} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_2} = 0$$

$$J_{41} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_3} = 0$$

$$J_{32} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_2} = \gamma_1$$

$$J_{42} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_3} = 0$$

$$J_{33} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_2} = -\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2$$

$$J_{43} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_3} = \gamma_2$$

$$J_{34} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_2} = 0$$

$$J_{44} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_3} = -\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3$$

$$J_{35} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_2} = 0$$

$$J_{45} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_3} = 0$$

$$J_{36} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_2} = 0$$

$$J_{46} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_3} = 0$$

$$J_{37} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_2} = 0$$

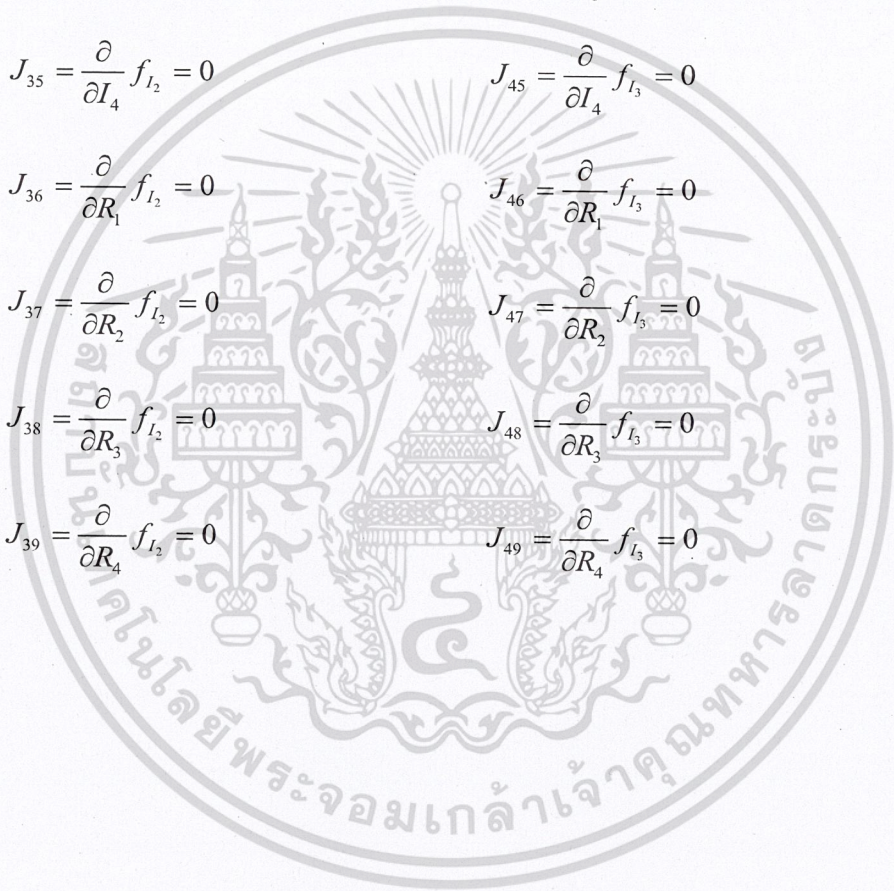
$$J_{47} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_3} = 0$$

$$J_{38} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_2} = 0$$

$$J_{48} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_3} = 0$$

$$J_{39} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_2} = 0$$

$$J_{49} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_3} = 0$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{51} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_4} = 0$$

$$J_{61} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_1} = 0$$

$$J_{52} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_4} = 0$$

$$J_{62} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_1} = \alpha_1$$

$$J_{53} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_4} = 0$$

$$J_{63} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_1} = 0$$

$$J_{54} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_4} = \gamma_3$$

$$J_{64} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_1} = 0$$

$$J_{55} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_4} = -\lambda - \alpha_4 - \mu_4$$

$$J_{65} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_1} = 0$$

$$J_{56} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_4} = 0$$

$$J_{66} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_1} = -\lambda$$

$$J_{57} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_4} = 0$$

$$J_{67} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_1} = 0$$

$$J_{58} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_4} = 0$$

$$J_{68} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_1} = 0$$

$$J_{59} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_4} = 0$$

$$J_{69} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{71} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_2} = 0$$

$$J_{81} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_3} = 0$$

$$J_{72} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_2} = 0$$

$$J_{82} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_3} = 0$$

$$J_{73} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_2} = \alpha_2$$

$$J_{83} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_3} = 0$$

$$J_{74} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_2} = 0$$

$$J_{84} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_3} = \alpha_3$$

$$J_{75} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_2} = 0$$

$$J_{85} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_3} = 0$$

$$J_{76} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_2} = 0$$

$$J_{86} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_3} = 0$$

$$J_{77} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_2} = -\lambda$$

$$J_{87} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_3} = 0$$

$$J_{78} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_2} = 0$$

$$J_{88} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_3} = -\lambda$$

$$J_{79} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_2} = 0$$

$$J_{89} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_3} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{91} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_4} = 0$$

$$J_{92} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_4} = 0$$

$$J_{93} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_4} = 0$$

$$J_{94} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_4} = 0$$

$$J_{95} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_4} = \alpha_4$$

$$J_{96} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_4} = 0$$

$$J_{97} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_4} = 0$$

$$J_{98} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_4} = 0$$

$$J_{99} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_4} = -\lambda$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$J_f = \begin{bmatrix} -\beta - \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta & -\lambda - \alpha_1 - \gamma_1 - \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & -\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 & -\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_3 & -\lambda - \alpha_4 - \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & -\lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & -\lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & -\lambda \end{bmatrix}$$

พิจารณาค่าลักษณะเฉพาะได้จากสมการลักษณะเฉพาะ

$$\det(ZI_9 - J_f) = 0$$

เมื่อ I_9 คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด 9×9 และ Z คือ ค่าลักษณะเฉพาะ

นั่นคือ

$$ZI_9 - J_f = \begin{bmatrix} Z + \beta + \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta & Z + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_1 & Z + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_2 & Z + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma_3 & Z + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha_1 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha_2 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\alpha_4 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda \end{bmatrix}$$

$$\det(ZI_9 - J_f) = \det \begin{bmatrix} Z + \beta + \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta & Z + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_1 & Z + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_2 & Z + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma_3 & Z + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha_1 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha_2 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\alpha_4 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้สมการหาค่าลักษณะเฉพาะแต่ละตัวได้ดังนี้

$$\text{➤ } Z_1 + \beta + \lambda = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_1 = -(\beta + \lambda)$$

$$\text{➤ } Z_2 + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_2 = -(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)$$

$$\text{➤ } Z_3 + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_3 = -(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)$$

$$\text{➤ } Z_4 + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_4 = -(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)$$

$$\text{➤ } Z_5 + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_5 = -(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)$$

$$\text{➤ } (Z + \lambda)^4 = 0$$

$$\text{นั่นคือ } Z_6 = -\lambda$$

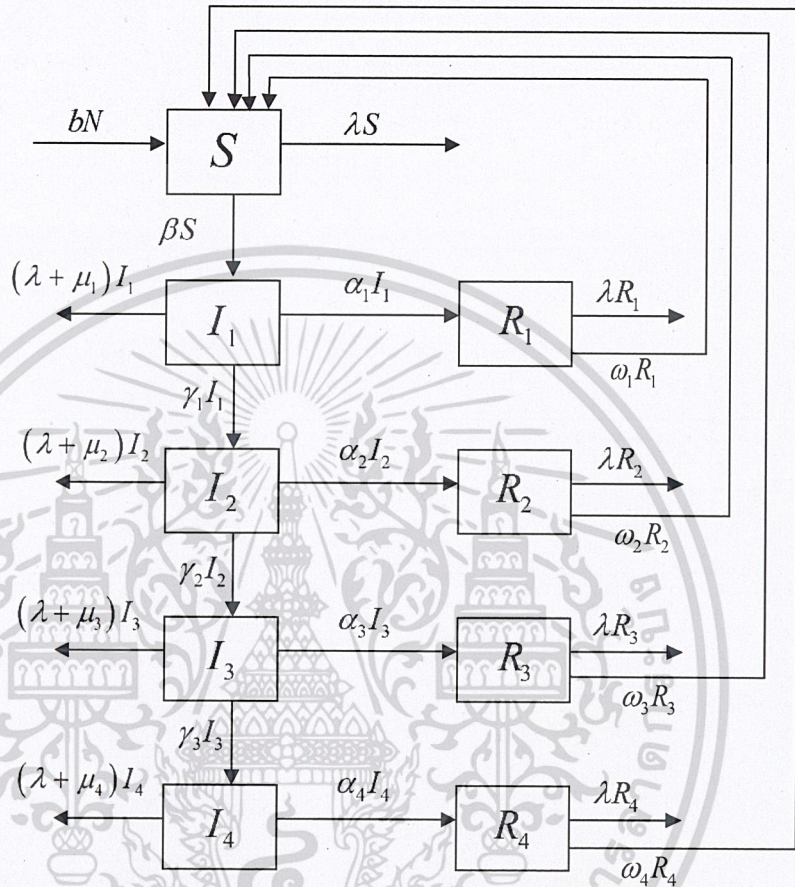
$$Z_7 = -\lambda$$

$$Z_8 = -\lambda$$

$$Z_9 = -\lambda$$

เนื่องจาก $b, \beta, \lambda, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ เป็นจำนวนจริงบวก จะได้ว่า $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8, Z_9$ มีค่าเป็นลบ ทำให้ได้ว่า จุดสมมูลมีความเสถียร

3.6 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง



รูปที่ 3.14 แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

ตารางที่ 3.3 สัญลักษณ์แสดงค่าตัวแปรเสริมต่าง ๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง (เฉพาะตัวที่เพิ่มมาจากตารางที่ 3.2)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ω_1	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1	ต่อวันต่อคน
ω_2	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 2	ต่อวันต่อคน
ω_3	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 3	ต่อวันต่อคน
ω_4	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 4	ต่อวันต่อคน

คำอธิบายแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

จำนวนประชากรที่เพิ่มเข้ามาจัดให้อยู่ในประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในขณะที่ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ จะเพิ่มขึ้นโดยประชากรที่หายป่วยจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ที่กลับมาเป็นประชากรกลุ่มเสี่ยง ซึ่งจะลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ และเมื่อประชากรกลุ่มเสี่ยงมีเซลล์ที่ผิดปกติในลำไส้ใหญ่จะเปลี่ยนไปเป็นกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ประชากรในระยะนี้ก็จะลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ เสียชีวิตโดยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และ เมื่อผู้ป่วยในระยะที่ 1 ได้รับการรักษาก็จะลดจำนวนลงมาอยู่ในกลุ่มประชากรที่หายป่วยจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษา ประชากรกลุ่มนี้ก็จะมีการลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติและลดจำนวนลงจากการกลับไปเป็นประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้กลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ที่ไม่ได้รับการรักษาก็จะเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 จะเป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะที่ 4 เมื่อกลุ่มประชากรที่ป่วยในระยะที่ 4 ไม่ได้รักษา ประชากรจะลดจำนวนลงเนื่องจากการเสียชีวิตโดยธรรมชาติของประชากร และ ลดจำนวนลงจากการเสียชีวิตโดยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

3.7 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถเขียนสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = bN - \lambda S - \beta S + \omega_1 R_1 + \omega_2 R_2 + \omega_3 R_3 + \omega_4 R_4 \quad (3.19)$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \beta S - (\lambda + \mu_1) I_1 - \alpha_1 I_1 - \gamma_1 I_1 \quad (3.20)$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_1 I_1 - (\lambda + \mu_2) I_2 - \gamma_2 I_2 - \alpha_2 I_2 \quad (3.21)$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \gamma_2 I_2 - (\lambda + \mu_3) I_3 - \gamma_3 I_3 - \alpha_3 I_3 \quad (3.22)$$

$$\frac{dI_4}{dt} = \gamma_3 I_3 - (\lambda + \mu_4) I_4 - \alpha_4 I_4 \quad (3.23)$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 I_1 - \lambda R_1 - \omega_1 R_1 \quad (3.24)$$

$$\frac{dR_2}{dt} = \alpha_2 I_2 - \lambda R_2 - \omega_2 R_2 \quad (3.25)$$

$$\frac{dR_3}{dt} = \alpha_3 I_3 - \lambda R_3 - \omega_3 R_3 \quad (3.26)$$

$$\frac{dR_4}{dt} = \alpha_4 I_4 - \lambda R_4 - \omega_4 R_4 \quad (3.27)$$

โดยกำหนดให้ $N = S + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

หมายเหตุ เนื่องจากสมการเป็นการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังนั้น

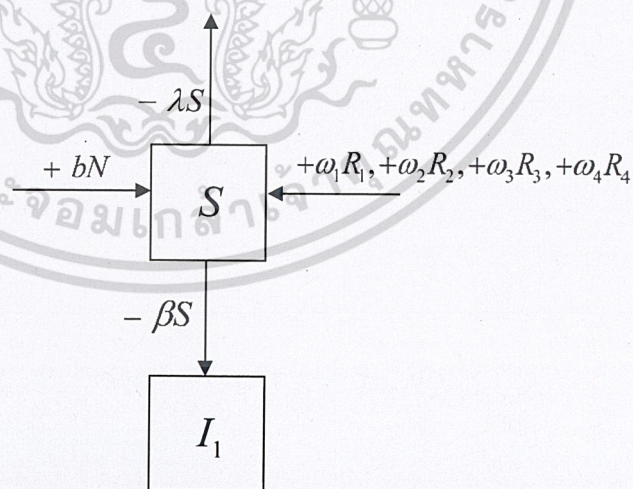
อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม = สิ่งที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของประชากร
- สิ่งที่มีผลต่ออัตราการลดลงของประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายความหมายของแต่ละสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

(เฉพาะสมการที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม)

- 1) สมการ (3.19) $\frac{dS}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ โดยที่ $+bN$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ เพราะ มีจำนวนประชากรที่เพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา b และ $+\omega_1R_1, +\omega_2R_2, +\omega_3R_3, +\omega_4R_4$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ S เพราะ มีจำนวนประชากรที่หายจากการเป็นเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ เมื่อได้รับการรักษาเพิ่มเข้ามาด้วยอัตรา $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ และ $-\lambda S$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ S เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ ในขณะที่ $-\beta S$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่และสามารถเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในกลุ่มประชากรที่ป่วยเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้ เพราะ คนหนึ่งคนจะสามารถเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา β ซึ่งเครื่องหมาย $+$ แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ และ เครื่องหมาย $-$ แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคเมอร์แรงลำไส้ใหญ่ ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

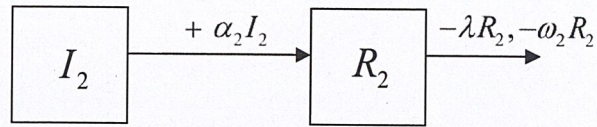
- 2) สมการ (3.24) $\frac{dR_1}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา โดยที่ $+\alpha_1 I_1$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้รับการรักษาเพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา α_1 ในขณะที่ $-\lambda R_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ $-\omega_1 R_1$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ สามารถกลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา ω_1 ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.16 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.24)

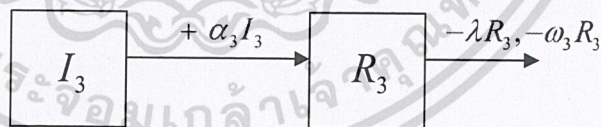
- 3) สมการ (3.25) $\frac{dR_2}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา โดยที่ $+\alpha_2 I_2$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้รับการรักษาเพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา α_2 ในขณะที่ $-\lambda R_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ $-\omega_2 R_2$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ สามารถกลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา ω_2

ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.17 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.25)

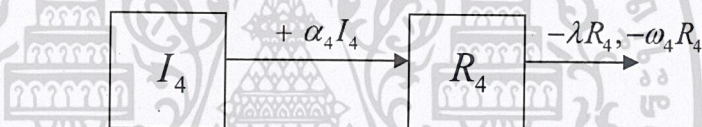
- 4) สมการ (3.26) $\frac{dR_3}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา โดยที่ $+\alpha_3 I_3$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้รับการรักษาเพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา α_3 ในขณะที่ $-\lambda R_3$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ $-\omega_3 R_3$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ สามารถกลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา ω_3 ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.18 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.26)

- 5) สมการ (3.27) $\frac{dR_4}{dt}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา โดยที่ $+\alpha_4 I_4$ หมายถึง การเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เพราะ มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้รับการรักษาเพิ่มเข้ามาใหม่ด้วยอัตรา α_4 ในขณะที่ $-\lambda R_4$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา λ และ $-\omega_4 R_4$ หมายถึง การลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา เพราะ สามารถกลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ด้วยอัตรา ω_4

ซึ่งเครื่องหมาย + แสดงถึง อัตราการเพิ่มขึ้นของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา และ เครื่องหมาย - แสดงถึง อัตราการลดลงของกลุ่มประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา ดังแผนภาพ



รูปที่ 3.19 แสดงส่วนประกอบของสมการ (3.27)

เขียนสมการให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ ได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S)

= ประชากรที่เกิดใหม่

+จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1

+จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2

+จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3

+จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4

- จำนวนของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วเสียชีวิตโดยธรรมชาติ

- จำนวนของประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วเปลี่ยนไปเป็นประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (R_1)

= จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 แล้วได้รับการรักษา

- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษาแล้ว เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

- จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 ที่กลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (R_2)

= จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 แล้วได้รับการรักษา

- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษาแล้ว เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

- จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 ที่กลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (R_3)

= จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 แล้วได้รับการรักษา

- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษาแล้ว เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

- จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 ที่กลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (R_4)

= จำนวนของประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 แล้วได้รับการรักษา

- จำนวนของประชากรที่หายจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษาแล้ว เสียชีวิตโดยธรรมชาติ

- จำนวนของประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 ที่กลับไปเป็นผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

3.8 จุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

จากเงื่อนไขระบบสมการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคเมเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย
ไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

$$\text{กำหนดให้ } \frac{dS}{dt}, \frac{dI_1}{dt}, \frac{dI_2}{dt}, \frac{dI_3}{dt}, \frac{dI_4}{dt}, \frac{dR_1}{dt}, \frac{dR_2}{dt}, \frac{dR_3}{dt}, \frac{dR_4}{dt} = 0$$

หาจุดสมดุลของระบบสมการ

ให้ $(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*, R_2^*, R_3^*, R_4^*)$ เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ (3.19) – (3.27)

จะได้ว่า

$$bN - \lambda S^* - \beta S^* + \omega_1 R_1^* + \omega_2 R_2^* + \omega_3 R_3^* + \omega_4 R_4^* = 0 \quad (3.28)$$

$$\beta S^* - (\lambda + \mu_1) I_1^* - \alpha_1 I_1^* - \gamma_1 I_1^* = 0 \quad (3.29)$$

$$\gamma_1 I_1^* - (\lambda + \mu_2) I_2^* - \gamma_2 I_2^* - \alpha_2 I_2^* = 0 \quad (3.30)$$

$$\gamma_2 I_2^* - (\lambda + \mu_3) I_3^* - \gamma_3 I_3^* - \alpha_3 I_3^* = 0 \quad (3.31)$$

$$\gamma_3 I_3^* - (\lambda + \mu_4) I_4^* - \gamma_4 I_4^* - \alpha_4 I_4^* = 0 \quad (3.32)$$

$$\alpha_1 I_1^* - \lambda R_1^* - \omega_1 R_1^* = 0 \quad (3.33)$$

$$\alpha_2 I_2^* - \lambda R_2^* - \omega_2 R_2^* = 0 \quad (3.34)$$

$$\alpha_3 I_3^* - \lambda R_3^* - \omega_3 R_3^* = 0 \quad (3.35)$$

$$\alpha_4 I_4^* - \lambda R_4^* - \omega_4 R_4^* = 0 \quad (3.36)$$

ดังนั้นจะได้จุดสมมูลของระบบสมการ ดังนี้

$$S^* = \frac{(bn(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3))}{(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\lambda + \omega_1)(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4)}$$

$$= \frac{(\lambda\alpha_1(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\beta + \lambda + \omega_1))}{(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_1)(\alpha_2(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3))}$$

$$(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \omega_2) + \lambda\gamma_1(\beta + \lambda + \omega_2))(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4)$$

$$+ (\lambda + \omega_2)(\alpha_3(\lambda + \alpha_4 + \mu_4))$$

$$((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \lambda\gamma_2(\beta + \lambda + \omega_3)))$$

$$(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_3)((\beta + \lambda)(\lambda + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \mu_4)(\lambda + \omega_4) + \alpha_4$$

$$((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)$$

$$(\lambda + \omega_4) + \gamma_2((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \lambda\gamma_3(\beta + \lambda + \omega_4))))))$$

$$I_1^* = - \frac{(bn\beta(-\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2)(-\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3)(-\lambda - \alpha_4 - \mu_4))}{(-\lambda - \omega_1)(-\lambda - \omega_2)(-\lambda - \omega_3)(\lambda + \omega_4)}$$

$$= \frac{((-\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2)(-\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3)(-\lambda - \alpha_4 - \mu_4)(-\beta\alpha_1\omega_1 + (\beta + \lambda)$$

$$(\lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \omega_1))(-\lambda - \omega_2)(-\lambda - \omega_3)(\lambda + \omega_4)$$

$$- \gamma_1(-\beta\alpha_2(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\lambda + \omega_1)\omega_2(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4)$$

$$- \beta\gamma_2(-\lambda - \omega_1)(-\lambda - \omega_2)(\alpha_4\gamma_3(\lambda + \omega_3)\omega_4$$

$$+ \alpha_3(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)\omega_3(\lambda + \omega_4))))$$

$$I_2^* = \frac{(bn\beta\gamma_1(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\lambda + \omega_1))}{(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4)}$$

$$= \frac{(\lambda\alpha_1(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\beta + \lambda + \omega_1))}{(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_1)(\alpha_2(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4))}$$

$$((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \omega_2) + \lambda\gamma_1(\beta + \lambda + \omega_2))(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4)$$

$$+ (\lambda + \omega_2)(\alpha_3(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \omega_3)$$

$$+ \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \lambda\gamma_2(\beta + \lambda + \omega_3)))(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_3)$$

$$((\beta + \lambda)(\lambda + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \mu_4)(\lambda + \omega_4)$$

$$+ \alpha_4((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4)$$

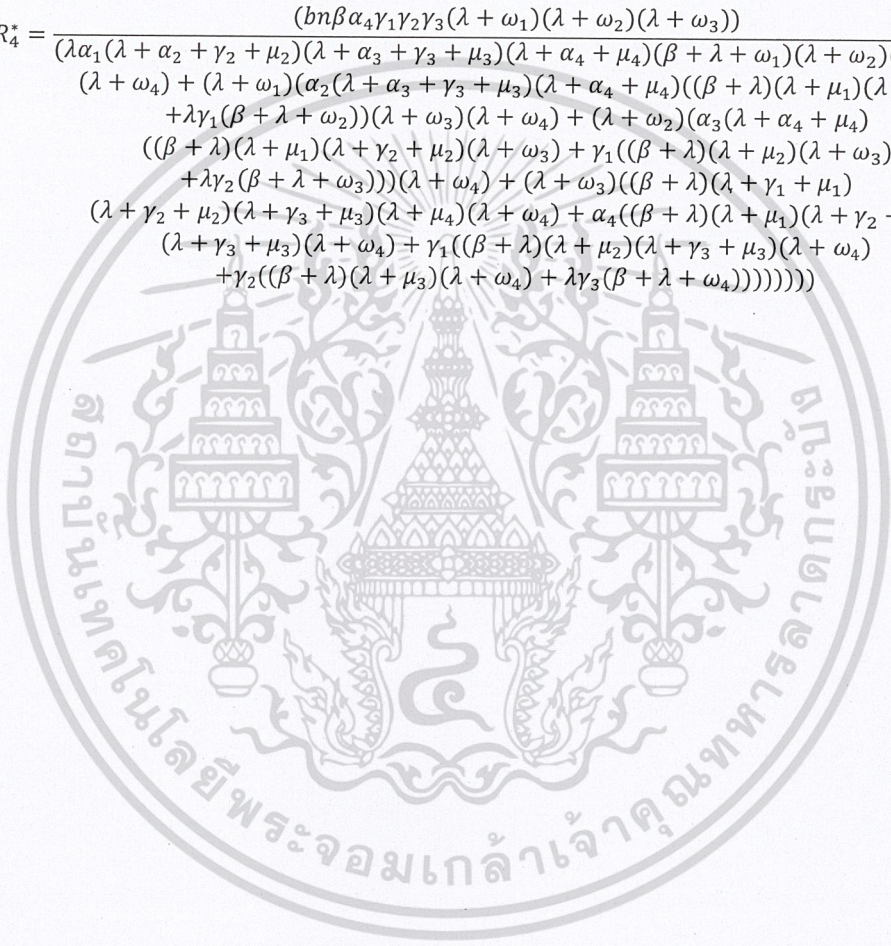
$$+ \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \gamma_2((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_3)(\lambda + \omega_4)$$

$$+ \lambda\gamma_3(\beta + \lambda + \omega_4))))))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_3^* = \frac{(bn\beta\alpha_3\gamma_1\gamma_2(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\lambda + \omega_1)(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_4))}{(\lambda\alpha_1(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4) \\ (\beta + \lambda + \omega_1)(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4) \\ + (\lambda + \omega_1)(\alpha_2(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \omega_2) \\ + \lambda\gamma_1(\beta + \lambda + \omega_2)))(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_2)(\alpha_3(\lambda + \alpha_4 + \mu_4) \\ ((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \lambda\gamma_2(\beta + \lambda + \omega_3))) \\ (\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_3)((\beta + \lambda)(\lambda + \gamma_1 + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3) \\ (\lambda + \mu_4)(\lambda + \omega_4) + \alpha_4((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \gamma_1((\beta + \lambda) \\ (\lambda + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \gamma_2((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \lambda\gamma_3(\beta + \lambda + \omega_4))))))$$

$$R_4^* = \frac{(bn\beta\alpha_4\gamma_1\gamma_2\gamma_3(\lambda + \omega_1)(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3))}{(\lambda\alpha_1(\lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)(\beta + \lambda + \omega_1)(\lambda + \omega_2)(\lambda + \omega_3) \\ (\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_1)(\alpha_2(\lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \alpha_4 + \mu_4)((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \omega_2) \\ + \lambda\gamma_1(\beta + \lambda + \omega_2)))(\lambda + \omega_3)(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_2)(\alpha_3(\lambda + \alpha_4 + \mu_4) \\ ((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \omega_3) + \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \omega_3) \\ + \lambda\gamma_2(\beta + \lambda + \omega_3)))(\lambda + \omega_4) + (\lambda + \omega_3)((\beta + \lambda)(\lambda + \gamma_1 + \mu_1) \\ (\lambda + \gamma_2 + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \mu_4)(\lambda + \omega_4) + \alpha_4((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_1)(\lambda + \gamma_2 + \mu_2) \\ (\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \gamma_1((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_2)(\lambda + \gamma_3 + \mu_3)(\lambda + \omega_4) \\ + \gamma_2((\beta + \lambda)(\lambda + \mu_3)(\lambda + \omega_4) + \lambda\gamma_3(\beta + \lambda + \omega_4))))))$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ความเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมาเร็งลำไส้ใหญ่ ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

ความเสถียรของจุดสมดุลสามารถพิจารณาจากค่าลักษณะเฉพาะของจาโคเบียนเมทริกซ์จากระบบสมการเชิงอนุพันธ์นี้

$$\frac{dS}{dt} = bN - \lambda S - \beta S + \omega_1 R_1 + \omega_2 R_2 + \omega_3 R_3 + \omega_4 R_4 = f_S$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \beta S - (\lambda + \mu_1) I_1 - \alpha_1 I_1 - \gamma_1 I_1 = f_{I_1}$$

$$\frac{dI_2}{dt} = \gamma_1 I_1 - (\lambda + \mu_2) I_2 - \gamma_2 I_2 - \alpha_2 I_2 = f_{I_2}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \gamma_2 I_2 - (\lambda + \mu_3) I_3 - \gamma_3 I_3 - \alpha_3 I_3 = f_{I_3}$$

$$\frac{dI_4}{dt} = \gamma_3 I_3 - (\lambda + \mu_4) I_4 - \alpha_4 I_4 = f_{I_4}$$

$$\frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 I_1 - \lambda R_1 - \omega_1 R_1 = f_{R_1}$$

$$\frac{dR_2}{dt} = \alpha_2 I_2 - \lambda R_2 - \omega_2 R_2 = f_{R_2}$$

$$\frac{dR_3}{dt} = \alpha_3 I_3 - \lambda R_3 - \omega_3 R_3 = f_{R_3}$$

$$\frac{dR_4}{dt} = \alpha_4 I_4 - \lambda R_4 - \omega_4 R_4 = f_{R_4}$$

นำระบบสมการดังกล่าวทั้งหมดมาเขียนในรูปจาโคเบียนเมทริกซ์ โดยกำหนดให้จาโคเบียนเมทริกซ์ ขนาด 9×9 คือ

$$J_f = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} & J_{14} & J_{15} & J_{16} & J_{17} & J_{18} & J_{19} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} & J_{24} & J_{25} & J_{26} & J_{27} & J_{28} & J_{29} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} & J_{34} & J_{35} & J_{36} & J_{37} & J_{38} & J_{39} \\ J_{41} & J_{42} & J_{43} & J_{44} & J_{45} & J_{46} & J_{47} & J_{48} & J_{49} \\ J_{51} & J_{52} & J_{53} & J_{54} & J_{55} & J_{56} & J_{57} & J_{58} & J_{59} \\ J_{61} & J_{62} & J_{63} & J_{64} & J_{65} & J_{66} & J_{67} & J_{68} & J_{69} \\ J_{71} & J_{72} & J_{73} & J_{74} & J_{75} & J_{76} & J_{77} & J_{78} & J_{79} \\ J_{81} & J_{82} & J_{83} & J_{84} & J_{85} & J_{86} & J_{87} & J_{88} & J_{89} \\ J_{91} & J_{92} & J_{93} & J_{94} & J_{95} & J_{96} & J_{97} & J_{98} & J_{99} \end{bmatrix}$$

ที่จุดสมดุล $(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*, R_2^*, R_3^*, R_4^*)$ โดยที่

$$\begin{aligned} J_{11} &= \frac{\partial}{\partial S} f_s = -\beta - \lambda & J_{21} &= \frac{\partial}{\partial S} f_{I_1} = \beta \\ J_{12} &= \frac{\partial}{\partial I_1} f_s = 0 & J_{22} &= \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_1} = -\lambda - \alpha_1 - \gamma_1 - \mu_1 \\ J_{13} &= \frac{\partial}{\partial I_2} f_s = 0 & J_{23} &= \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_1} = 0 \\ J_{14} &= \frac{\partial}{\partial I_3} f_s = 0 & J_{24} &= \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_1} = 0 \\ J_{15} &= \frac{\partial}{\partial I_4} f_s = 0 & J_{25} &= \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_1} = 0 \\ J_{16} &= \frac{\partial}{\partial R_1} f_s = \omega_1 & J_{26} &= \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_1} = 0 \\ J_{17} &= \frac{\partial}{\partial R_2} f_s = \omega_2 & J_{27} &= \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_1} = 0 \\ J_{18} &= \frac{\partial}{\partial R_3} f_s = \omega_3 & J_{28} &= \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_1} = 0 \\ J_{19} &= \frac{\partial}{\partial R_4} f_s = \omega_4 & J_{29} &= \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_1} = 0 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{31} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_2} = 0$$

$$J_{41} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_3} = 0$$

$$J_{32} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_2} = \gamma_1$$

$$J_{42} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_3} = 0$$

$$J_{33} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_2} = -\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2$$

$$J_{43} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_3} = \gamma_2$$

$$J_{34} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_2} = 0$$

$$J_{44} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_3} = -\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3$$

$$J_{35} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_2} = 0$$

$$J_{45} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_3} = 0$$

$$J_{36} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_2} = 0$$

$$J_{46} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_3} = 0$$

$$J_{37} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_2} = 0$$

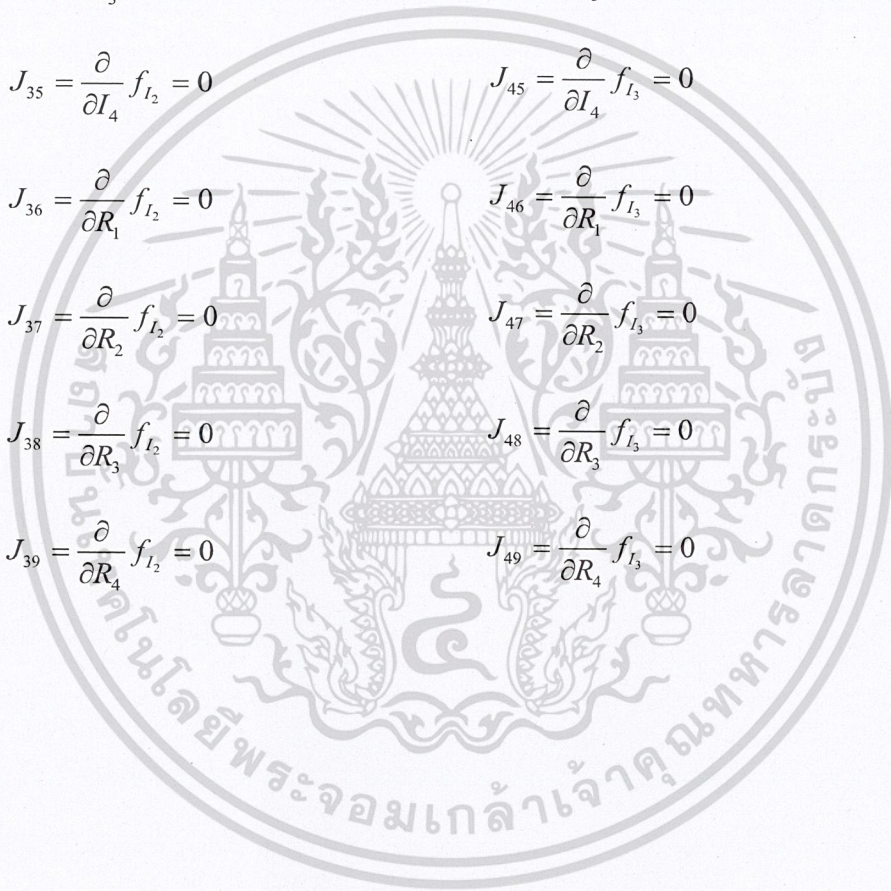
$$J_{47} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_3} = 0$$

$$J_{38} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_2} = 0$$

$$J_{48} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_3} = 0$$

$$J_{39} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_2} = 0$$

$$J_{49} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_3} = 0$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{51} = \frac{\partial}{\partial S} f_{I_4} = 0$$

$$J_{61} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_1} = 0$$

$$J_{52} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_4} = 0$$

$$J_{62} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_1} = \alpha_1$$

$$J_{53} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_4} = 0$$

$$J_{63} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_1} = 0$$

$$J_{54} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_4} = \gamma_3$$

$$J_{64} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_1} = 0$$

$$J_{55} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_4} = -\lambda - \alpha_4 - \mu_4$$

$$J_{65} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_1} = 0$$

$$J_{56} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I_4} = 0$$

$$J_{66} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_1} = -\lambda - \omega_1$$

$$J_{57} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{I_4} = 0$$

$$J_{67} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_1} = 0$$

$$J_{58} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{I_4} = 0$$

$$J_{68} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_1} = 0$$

$$J_{59} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{I_4} = 0$$

$$J_{69} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{71} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_2} = 0$$

$$J_{81} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_3} = 0$$

$$J_{72} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_2} = 0$$

$$J_{82} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_3} = 0$$

$$J_{73} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_2} = \alpha_2$$

$$J_{83} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_3} = 0$$

$$J_{74} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_2} = 0$$

$$J_{84} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_3} = \alpha_3$$

$$J_{75} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_2} = 0$$

$$J_{85} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_3} = 0$$

$$J_{76} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_2} = 0$$

$$J_{86} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_3} = 0$$

$$J_{77} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_2} = -\lambda - \omega_2$$

$$J_{87} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_3} = 0$$

$$J_{78} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_2} = 0$$

$$J_{88} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_3} = -\lambda - \omega_3$$

$$J_{79} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_2} = 0$$

$$J_{89} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_3} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$J_{91} = \frac{\partial}{\partial S} f_{R_4} = 0$$

$$J_{92} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{R_4} = 0$$

$$J_{93} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{R_4} = 0$$

$$J_{94} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{R_4} = 0$$

$$J_{95} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{R_4} = \alpha_4$$

$$J_{96} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{R_4} = 0$$

$$J_{97} = \frac{\partial}{\partial R_2} f_{R_4} = 0$$

$$J_{98} = \frac{\partial}{\partial R_3} f_{R_4} = 0$$

$$J_{99} = \frac{\partial}{\partial R_4} f_{R_4} = -\lambda - \omega_4$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$J_f = \begin{bmatrix} -\beta - \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 \\ \beta & -\lambda - \alpha_1 - \gamma_1 - \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & -\lambda - \alpha_2 - \gamma_2 - \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 & -\lambda - \alpha_3 - \gamma_3 - \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_3 & -\lambda - \alpha_4 - \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & -\lambda - \omega_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & -\lambda - \omega_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 & -\lambda - \omega_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & -\lambda - \omega_4 \end{bmatrix}$$

พิจารณาหาค่าลักษณะเฉพาะได้จากสมการลักษณะเฉพาะ

$$\det(XI_9 - J_f) = 0$$

เมื่อ I_9 คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด 9×9 และ X คือ ค่าลักษณะเฉพาะ

นั่นคือ

$$XI_9 - J_f = \begin{bmatrix} X + \beta + \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 \\ \beta & X + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & X + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 & X + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_3 & X + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_4 \end{bmatrix}$$

$$\det(XI_9 - J_f) = \det \begin{bmatrix} X + \beta + \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 \\ \beta & X + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & X + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 & X + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_3 & X + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_2 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_4 & 0 & 0 & 0 & X + \lambda + \omega_4 \end{bmatrix}$$

หมายเหตุ เนื่องจากการหาค่าเสถียรของจุดสมดุลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง มีค่าตัวแปรที่มีจำนวนมากจึงต้องใช้ค่าตัวเสริมในบทที่ 4 เข้ามาช่วยในการหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเสถียรของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย
กรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

กรณีใช้ ค่าตัวแปรเสริมจากตารางที่ 4.3 ชุดที่ 1

จาก Routh-Hurwitz criteria

จะได้

$$\det(XI_9 - J_f) = x^9 + 0.13185x^8 + 7.45538 \times 10^{-3}x^7 + 2.35764 \times 10^{-4}x^6 + 4.55181 \times 10^{-6}x^5 \\ + 5.47836 \times 10^{-8}x^4 + 3.99806 \times 10^{-10}x^3 + 1.60905 \times 10^{-12}x^2 + 2.72394 \times 10^{-15}x + 1.04184 \times 10^{-19}$$

จะได้

$$H_1 = (0.13185)$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

$$H_3 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} \end{pmatrix}$$

$$H_4 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

$$H_5 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 1.4405 \times 10^{-6} \\ 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} \end{pmatrix}$$

$$H_6 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} \\ 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} \\ 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานภายในของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย มิใช่เพื่อใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_7 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 \\ 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} \\ 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} \end{pmatrix}$$

$$H_8 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 \\ 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} \\ 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} \end{pmatrix}$$

$$H_9 = \begin{pmatrix} 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 & 1 & 0 \\ 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} & 7.45538 \times 10^{-3} & 0.13185 \\ 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55181 \times 10^{-6} & 2.35764 \times 10^{-4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} & 5.47836 \times 10^{-8} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} & 3.99806 \times 10^{-10} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.04184 \times 10^{-19} & 2.72394 \times 10^{-15} & 1.60905 \times 10^{-12} \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\det(H_1) = 0.13185$$

$$\det(H_2) = 7.47296 \times 10^{-4}$$

$$\det(H_3) = 1.04268 \times 10^{-7}$$

$$\det(H_4) = 2.37462 \times 10^{-13}$$

$$\det(H_5) = 6.14201 \times 10^{-21}$$

$$\det(H_6) = 1.24922 \times 10^{-30}$$

$$\det(H_7) = 1.29234 \times 10^{-42}$$

$$\det(H_8) = 3.47545 \times 10^{-57}$$

$$\det(H_9) = 3.62087 \times 10^{-76}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมมูลมีความเสถียรเนื่องจาก $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8, H_9$ มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า จุดสมมูลมีความเสถียร

กรณีใช้ ค่าตัวแปรเสริมจากตารางที่ 4.3 ชุดที่ 2

จะได้

$$\det(H_1) = 0.07156$$

$$\det(H_2) = 1.15017 \times 10^{-4}$$

$$\det(H_3) = 2.16265 \times 10^{-9}$$

$$\det(H_4) = 2.53129 \times 10^{-16}$$

$$\det(H_5) = 6.30944 \times 10^{-26}$$

$$\det(H_6) = 1.29598 \times 10^{-38}$$

$$\det(H_7) = 1.01851 \times 10^{-54}$$

$$\det(H_8) = 1.37768 \times 10^{-74}$$

$$\det(H_9) = 6.16859 \times 10^{-99}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมมูลมีความเสถียรเนื่องจาก $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8, H_9$ มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า จุดสมมูลมีความเสถียร

กรณีใช้ ค่าตัวแปรเสริมจากรายที่ 4.3 ชุดที่ 3

จะได้

$$\det(H_1) = 0.13254$$

$$\det(H_2) = 7.58647 \times 10^{-4}$$

$$\det(H_3) = 1.07304 \times 10^{-7}$$

$$\det(H_4) = 2.48272 \times 10^{-13}$$

$$\det(H_5) = 6.52567 \times 10^{-21}$$

$$\det(H_6) = 1.34643 \times 10^{-30}$$

$$\det(H_7) = 1.40866 \times 10^{-42}$$

$$\det(H_8) = 3.82009 \times 10^{-57}$$

$$\det(H_9) = 4.01331 \times 10^{-76}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมมูลมีความเสถียรเนื่องจาก $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8, H_9$ มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า จุดสมมูลมีความเสถียร

กรณีใช้ ค่าตัวแปรเสริมจากรายที่ 4.3 ชุดที่ 4

จะได้

$$\det(H_1) = 0.07156$$

$$\det(H_2) = 1.14793 \times 10^{-4}$$

$$\det(H_3) = 2.13859 \times 10^{-9}$$

$$\det(H_4) = 2.45777 \times 10^{-16}$$

$$\det(H_5) = 5.99453 \times 10^{-26}$$

$$\det(H_6) = 1.20420 \times 10^{-38}$$

$$\det(H_7) = 9.25473 \times 10^{-55}$$

$$\det(H_8) = 1.22413 \times 10^{-74}$$

$$\det(H_9) = 5.35981 \times 10^{-99}$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า จุดสมมูลมีความเสถียรเนื่องจาก $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8, H_9$ มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า จุดสมมูลมีความเสถียร

บทที่ 4

ผลการวิจัย และ อภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

หัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลข โดยการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลเชิงสถิติในชีวิตจริงเกี่ยวกับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีค่าต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปรของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าตัวแปรเริ่มต้น	หน่วย
S	จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	800	คน
I_1	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1	60	คน
I_2	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2	100	คน
I_3	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3	520	คน
I_4	จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4	350	คน
R_1	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1	40	คน
R_2	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2	30	คน
R_3	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3	60	คน
R_4	จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4	40	คน
N	จำนวนประชากรทั้งหมด	2,000	คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	
b	อัตราการเกิดของประชากร	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
β	อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	$\frac{4,517}{828,303,903}$ 365	$\frac{4,517}{828,303,903}$ 365	ต่อวัน ต่อคน
λ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
μ_1	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	ต่อวัน ต่อคน
μ_2	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	ต่อวัน ต่อคน
μ_3	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	ต่อวัน ต่อคน
μ_4	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	ต่อวัน ต่อคน
γ_1	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	ต่อวัน ต่อคน
γ_2	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	ต่อวัน ต่อคน
γ_3	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.5$	ต่อวัน ต่อคน
α_1	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	ต่อวัน ต่อคน
α_2	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	ต่อวัน ต่อคน
α_3	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	ต่อวัน ต่อคน
α_4	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	ต่อวัน ต่อคน

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	
b	อัตราการเกิดของประชากร	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
β	อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	$\left(\frac{4,517}{828,303,903}\right)$ 365	$\left(\frac{4,517}{828,303,903}\right)$ 365	ต่อวัน ต่อคน
λ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
μ_1	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	ต่อวัน ต่อคน
μ_2	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	ต่อวัน ต่อคน
μ_3	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	ต่อวัน ต่อคน
μ_4	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	ต่อวัน ต่อคน
γ_1	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.5$	ต่อวัน ต่อคน
γ_2	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	ต่อวัน ต่อคน
γ_3	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1$	ต่อวัน ต่อคน
α_1	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	ต่อวัน ต่อคน
α_2	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	ต่อวัน ต่อคน
α_3	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	ต่อวัน ต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	
α_4	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะเวลาที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	ต่อวัน ต่อคน
ω_1	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 10$	$\frac{1}{365 \times 2}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_2	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 7$	$\frac{1}{365 \times 4}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_3	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4$	$\frac{1}{365 \times 7}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_4	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	$\frac{1}{365 \times 10}$	ต่อวัน ต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ)ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่ มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	
b	อัตราการเกิดของประชากร	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
β	อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่	$\frac{4,517}{828,303,903}$ 365	$\frac{4,517}{828,303,903}$ 365	ต่อวัน ต่อคน
λ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	$\left(\frac{1}{365 \times 70}\right)$	ต่อวัน ต่อคน
μ_1	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.25$	ต่อวัน ต่อคน
μ_2	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.125$	ต่อวัน ต่อคน
μ_3	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	ต่อวัน ต่อคน
μ_4	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$	ต่อวัน ต่อคน
γ_1	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3$	ต่อวัน ต่อคน
γ_2	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$	ต่อวัน ต่อคน
γ_3	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.5$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.5$	ต่อวัน ต่อคน
α_1	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$	ต่อวัน ต่อคน
α_2	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$	ต่อวัน ต่อคน
α_3	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	ต่อวัน ต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)ค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์		หน่วย
		ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	
α_4	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$	ต่อวัน ต่อคน
ω_1	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 10$	$\frac{1}{365 \times 2}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_2	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 2	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 7$	$\frac{1}{365 \times 4}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_3	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 3	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 4$	$\frac{1}{365 \times 7}$	ต่อวัน ต่อคน
ω_4	อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 4	$\left(\frac{1}{365}\right) \times 2$	$\frac{1}{365 \times 10}$	ต่อวัน ต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองในตารางที่ 4.2

b คือ อัตราการเกิดของประชากร (อายุเฉลี่ยของประชากรต่อคนในปีนั้น)

ดังนั้น จะได้
$$b = \frac{1}{365 \times 70}$$
 ต่อวันต่อคน

B คือ อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (จำนวนเฉลี่ยของประชากรที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ในช่วงปีที่น่ามาวิจัยกับจำนวนประชากรเฉลี่ย)

ดังนั้น จะได้
$$\frac{\left(\frac{4,517}{828,303,903} \right)}{365}$$
 ต่อวันต่อคน

λ คือ อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ (อายุเฉลี่ยของประชากรต่อคนในปีนั้น)

ดังนั้น จะได้
$$\lambda = \frac{1}{365 \times 70}$$
 ต่อวันต่อคน

μ_1 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1 (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 75% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 25% หรือ ประมาณ 1.25 ปี)

ดังนั้น จะได้
$$\mu_1 = \left(\frac{1}{365} \right) \times 1.25$$
 ต่อวันต่อคน

μ_2 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2 (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 57.5% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 42.5% หรือ ประมาณ 2.125 ปี)

ดังนั้น จะได้
$$\mu_2 = \left(\frac{1}{365} \right) \times 2.125$$
 ต่อวันต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μ_3 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะเวลาที่ 3 (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 40% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 60% หรือประมาณ 3 ปี)

ดังนั้น จะได้
$$\mu_3 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 3$$
 ต่อวันต่อคน

μ_4 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ในระยะเวลาที่ 4 (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 5% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 95% หรือประมาณ 4.75 ปี)

ดังนั้น จะได้
$$\mu_4 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 4.75$$
 ต่อวันต่อคน

การหาอัตราการเปลี่ยนระยะ (ระยะเวลาที่ผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่จากระยะเริ่มต้นมายังระยะสุดท้ายใช้ระยะเวลาประมาณ 5 ปี เนื่องจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่นั้นมีการเปลี่ยนระยะจากระยะเริ่มต้นนั้นใช้เวลามากกว่าระยะสุดท้ายเนื่องจากมีอาการรุนแรงแล้ว จึงกำหนดให้ค่า $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3$ เราจึงประมาณค่าอัตราส่วนของ $\gamma_1 : \gamma_2 : \gamma_3$ เป็น 2 ชุดดังนี้ 50:30:20 และ 60:30:10)

ข้อมูลชุดที่ 1

γ_1 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2 (อัตราส่วนประมาณ 50% หรือประมาณ 2.5 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า
$$\gamma_1 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 2.5$$
 ต่อวันต่อคน

γ_2 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3 (อัตราส่วนประมาณ 30% หรือประมาณ 1.5 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

เอกสารนี้ ดังนั้น จะได้ว่า
$$\gamma_2 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$$
 ต่อวันต่อคน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ_3 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4 (อัตราส่วนประมาณ 20% หรือประมาณ 1 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_3 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 1$ ต่อวันต่อคน

ข้อมูลชุดที่ 2

γ_1 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2 (อัตราส่วนประมาณ 60% หรือประมาณ 3 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_1 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 3$ ต่อวันต่อคน

γ_2 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3 (อัตราส่วนประมาณ 30% หรือประมาณ 1.5 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_2 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 1.5$ ต่อวันต่อคน

γ_3 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4 (อัตราส่วนประมาณ 10% หรือประมาณ 0.5 ปี ในระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_3 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 0.5$ ต่อวันต่อคน

α_1 คือ อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 1 เมื่อได้รับการรักษา (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 75% หรือ ประมาณ 3.75 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\alpha_1 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 3.75$ ต่อวันต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α_2 คือ อัตราการหายจากกการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 2 เมื่อได้รับการรักษา (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 57.5% หรือ ประมาณ 2.875 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\alpha_2 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 2.875$ ต่อวันต่อคน

α_3 คือ อัตราการหายจากกการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 3 เมื่อได้รับการรักษา (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 40% หรือ ประมาณ 2 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\alpha_3 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 2$ ต่อวันต่อคน

α_4 คือ อัตราการหายจากกการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ในระยะที่ 4 เมื่อได้รับการรักษา (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 5% หรือ ประมาณ 0.25 ปี)

ดังนั้น จะได้ว่า $\alpha_4 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 0.25$ ต่อวันต่อคน

คำอธิบายค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองในตารางที่ 4.3

(เฉพาะตัวแปรเสริมที่เพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง)

ω_1 คือ อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า $\omega_1 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 10$ ต่อวันต่อคน

และ $\omega_1 = \frac{1}{365 \times 2}$ ต่อวันต่อคน

ω_2 คือ อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า
$$\omega_2 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 7$$
 ต่อวันต่อคน

และ
$$\omega_2 = \frac{1}{365 \times 4}$$
 ต่อวันต่อคน

ω_3 คือ อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า
$$\omega_3 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 4$$
 ต่อวันต่อคน

และ
$$\omega_3 = \frac{1}{365 \times 7}$$
 ต่อวันต่อคน

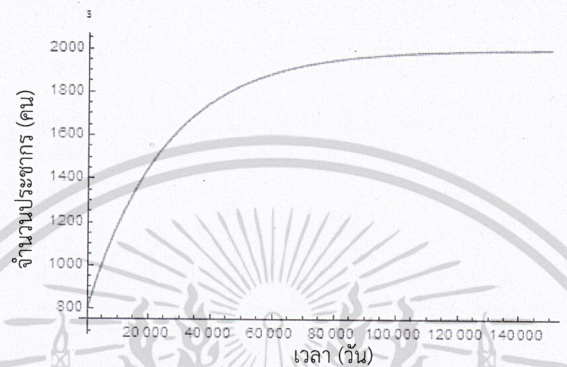
ω_4 คือ อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า
$$\omega_4 = \left(\frac{1}{365}\right) \times 2$$
 ต่อวันต่อคน

และ
$$\omega_4 = \frac{1}{365 \times 10}$$
 ต่อวันต่อคน

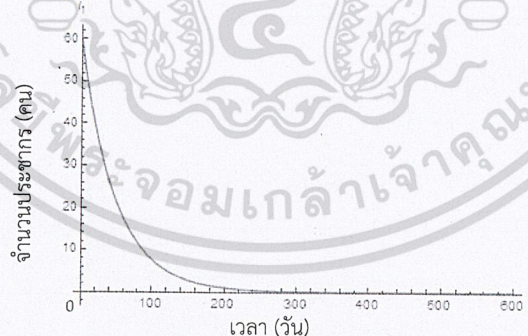
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรเสริมในแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย และ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1



รูปที่4.1 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

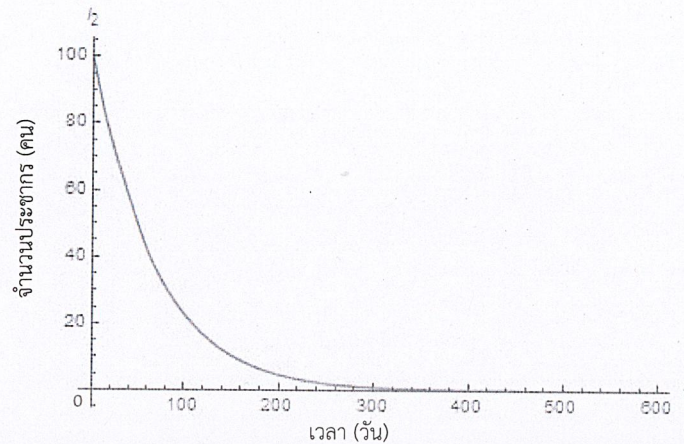
จากรูปที่4.1 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะเข้าสู่ค่า 1,999 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 140,000 วัน นั่นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 140,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้



รูปที่4.2 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

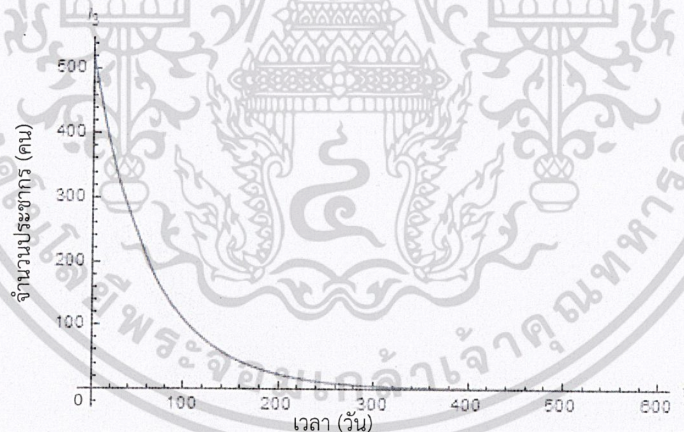
จากรูปที่4.2 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 260 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้

ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ดังนั้น ณ เวลา 260 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้



รูปที่4.3 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

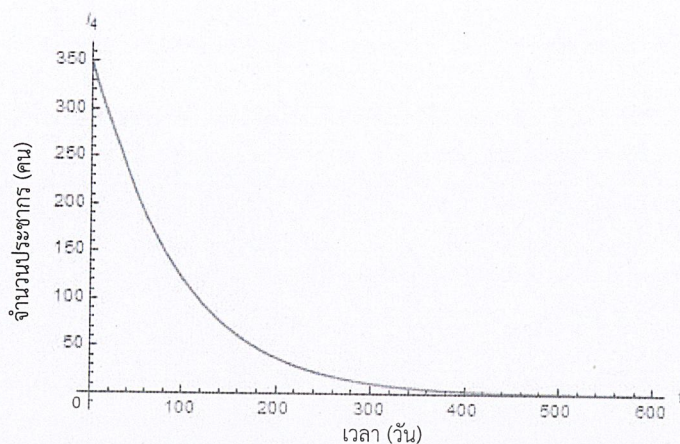
จากรูปที่4.3 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 320 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 320 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้



รูปที่4.4 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

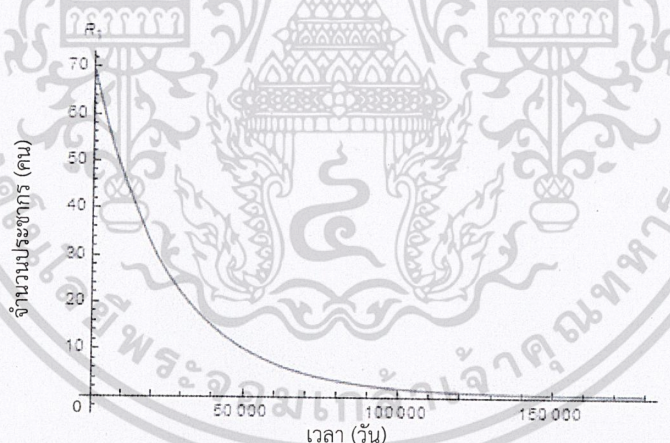
จากรูปที่4.4 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 330 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 330 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.5 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

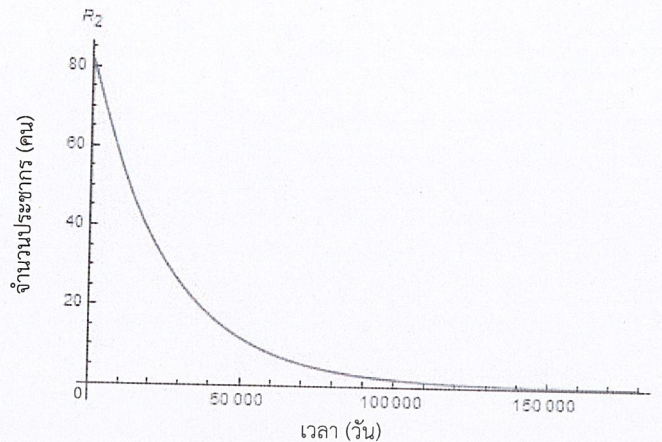
จากรูปที่4.5 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่อเข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ตั้งนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้



รูปที่4.6 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

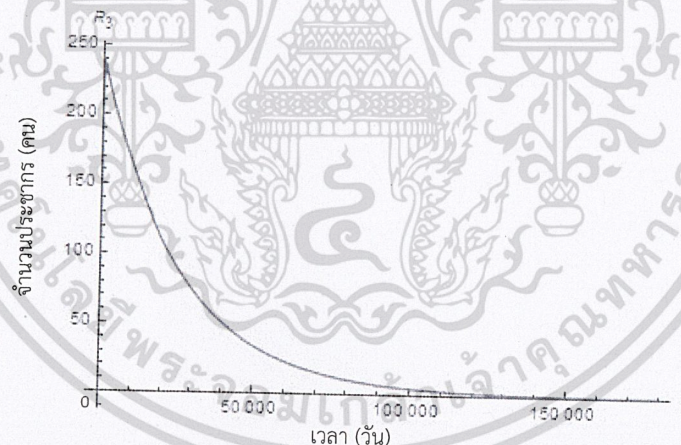
จากรูปที่4.6 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่อเข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 150,000 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 150,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

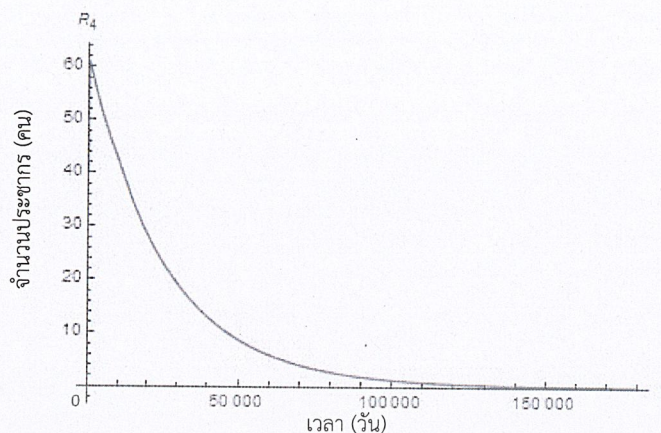
จากรูปที่ 4.7 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 140,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 140,000 วัน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.8 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 125,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 125,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.9 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 135,000 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ณ เวลา 135,000 วัน

แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2

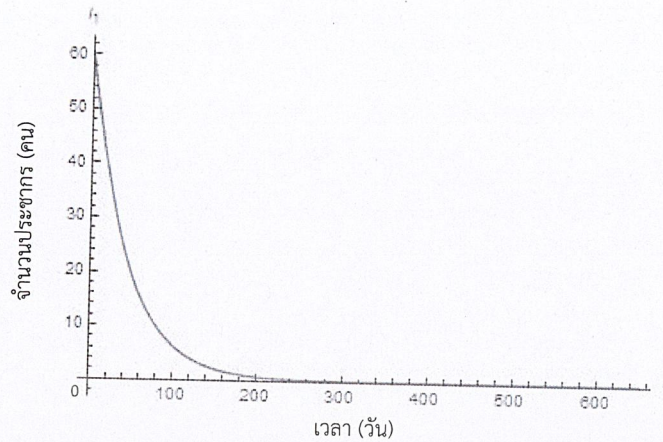


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.10 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะเข้าสู่ค่า 1,999 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 140,000 วัน นั่นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 140,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง

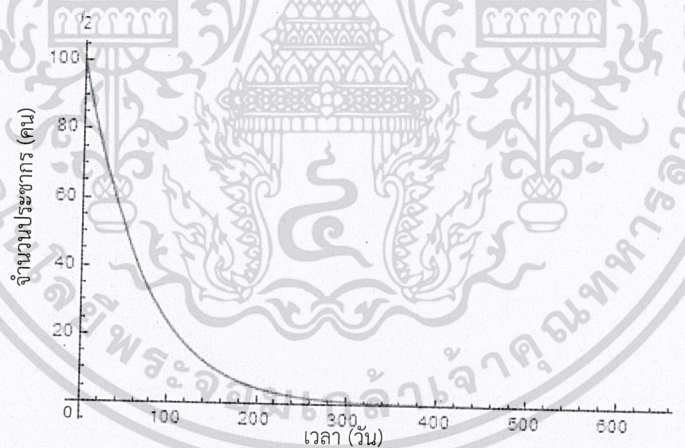
ลำไส้ใหญ่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.11 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

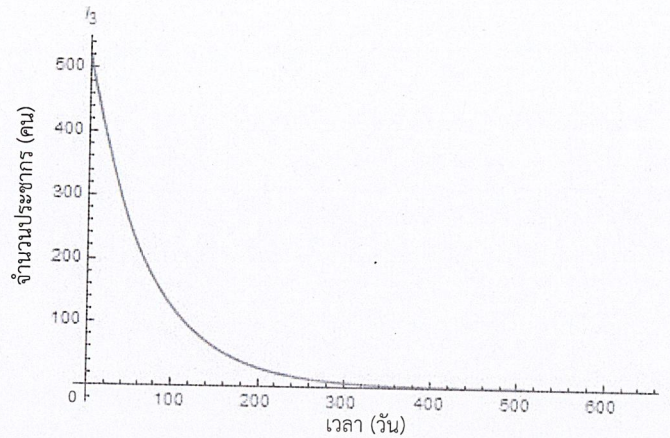
จากรูปที่4.11 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 250 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ดังนั้น ณ เวลา 250 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้



รูปที่4.12 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

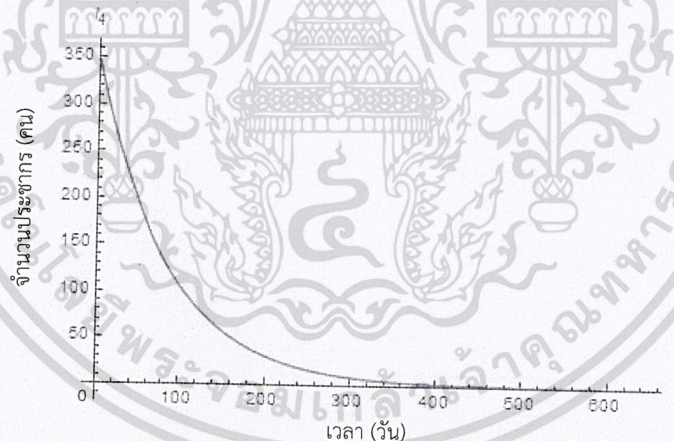
จากรูปที่4.12 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 310 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 310 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

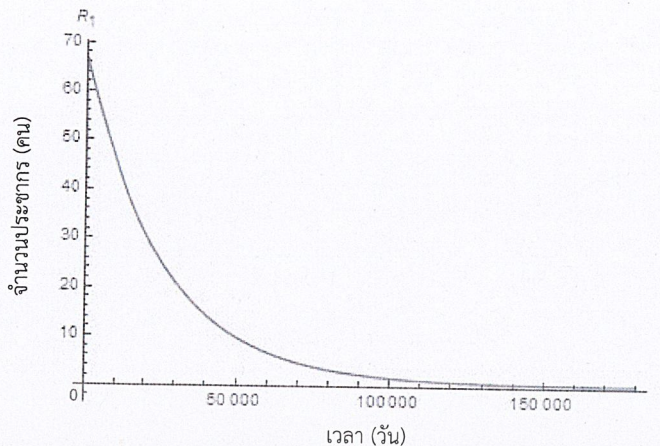
จากรูปที่ 4.13 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 340 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 340 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.14 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ดังนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.15 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

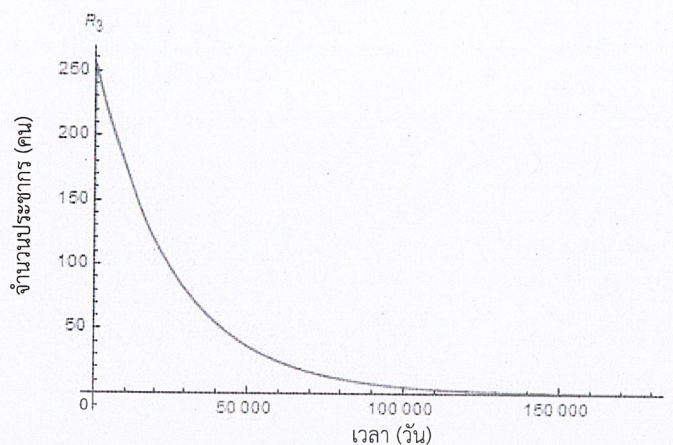
จากรูปที่4.15 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 150,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 150,000 วัน



รูปที่4.16 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

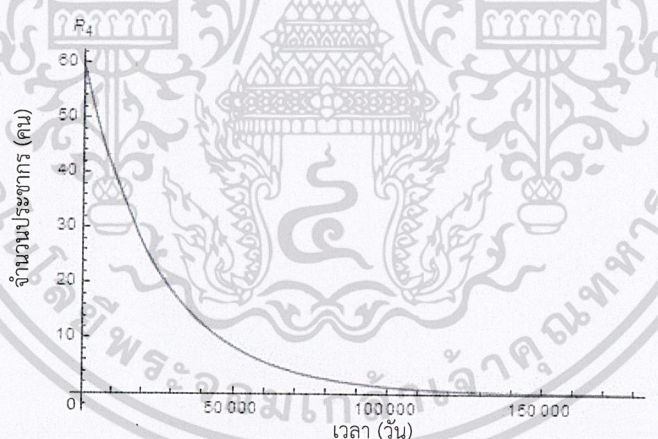
จากรูปที่4.16 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 140,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 140,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.17 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 5 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 125,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 125,000 วัน



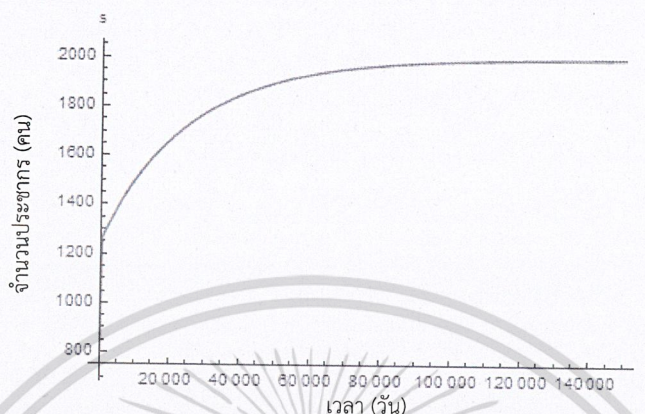
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.18 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะเข้าสู่ค่า 18 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 135,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ณ เวลา 135,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

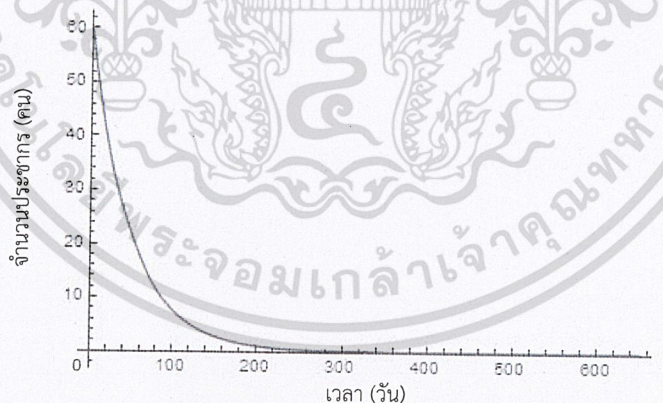
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

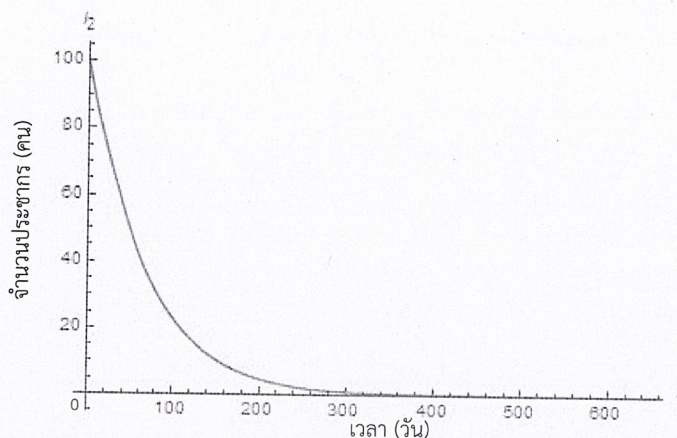
จากรูปที่ 4.19 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะเข้าสู่ค่า 1,999 (ลู่อู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 145,000 วัน นั้นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 145,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

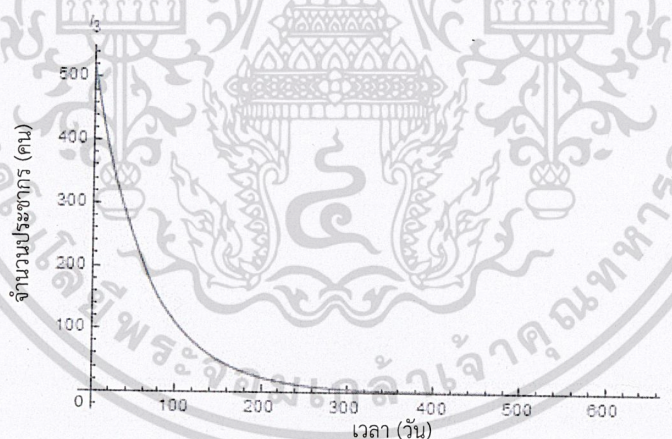
จากรูปที่ 4.20 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (ลู่อู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 260 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ตั้งนั้น ณ เวลา 260 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็ง

เอกสารนี้เกี่ยวกับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.21 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

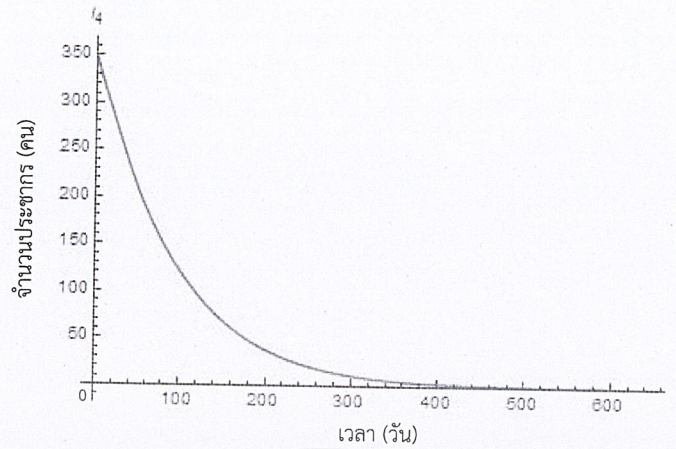
จากรูปที่4.21 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 320 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 320 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้



รูปที่4.22 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

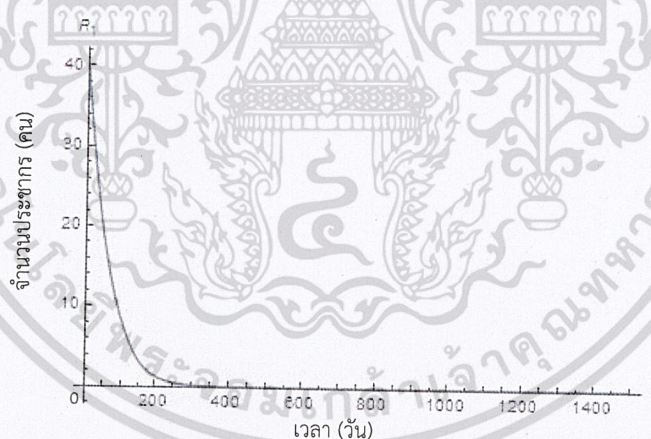
จากรูปที่4.22 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 330 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 330 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.23 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

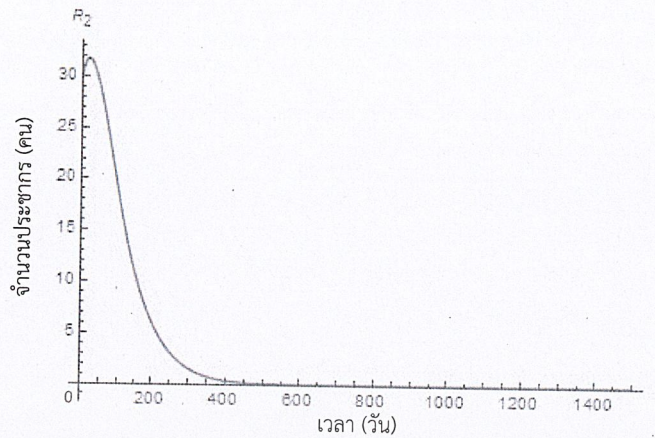
จากรูปที่4.23 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ดังนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้



รูปที่4.24 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

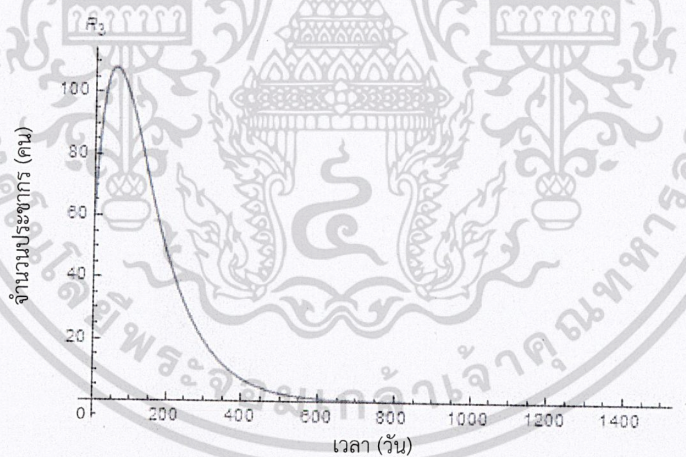
จากรูปที่4.24 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 290 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 290 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.25 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

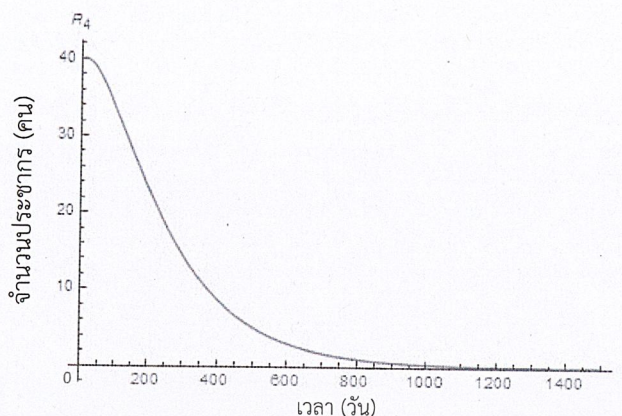
จากรูปที่4.25 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 440 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 440 วัน



รูปที่4.26 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.26 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 625 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 625 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

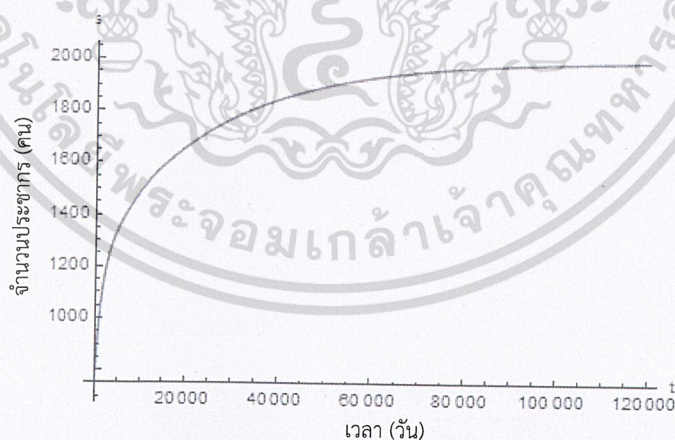


รูปที่4.27 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.27 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมมูล) เมื่อเวลา 1,100 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ณ เวลา 1,100 วัน

แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2



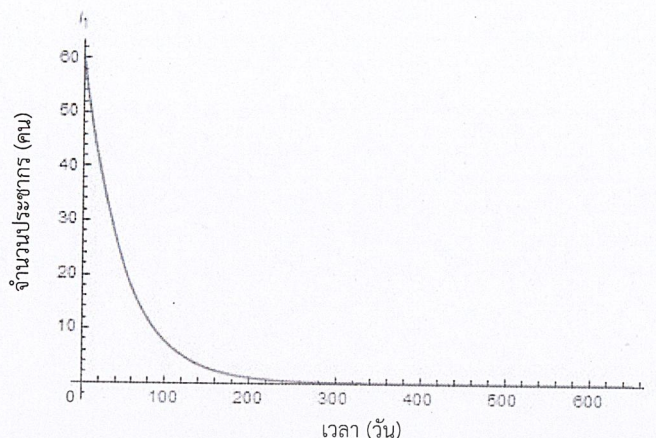
รูปที่4.28 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.28 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะลู่เข้าสู่ค่า 1,999 (ลู่เข้าสู่จุดสมมูล) เมื่อเวลา 120,000 วัน นั้นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้

ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 120,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง

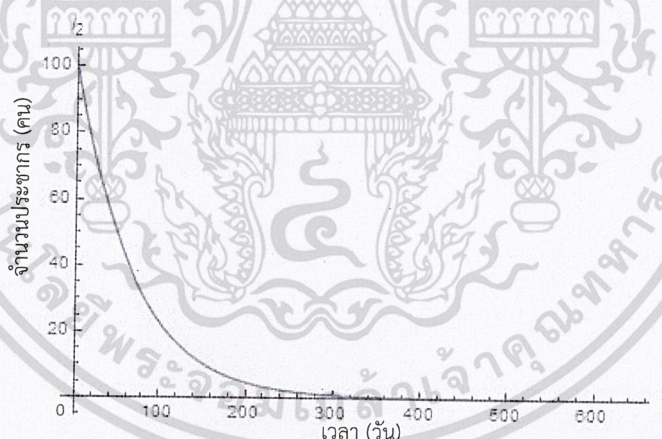
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่ในช่องทางอื่น
ถ้าได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.29 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

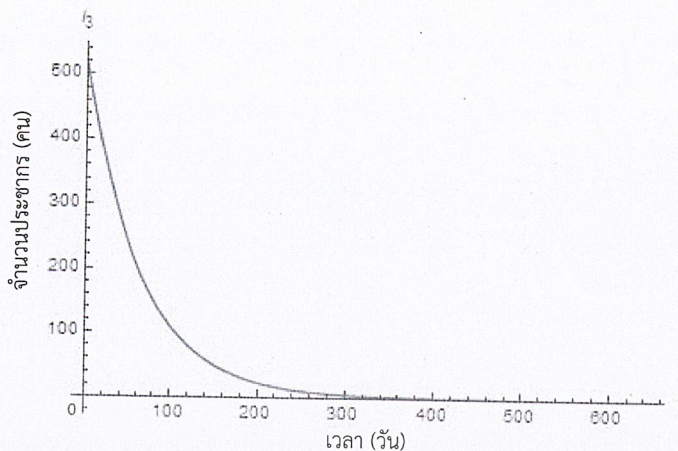
จากรูปที่4.29 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 260 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ดังนั้น ณ เวลา 260 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้



รูปที่4.30 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

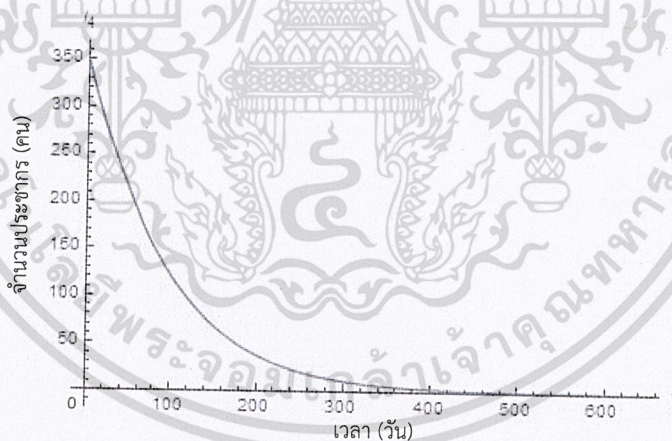
จากรูปที่4.30 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 320 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 320 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.31 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

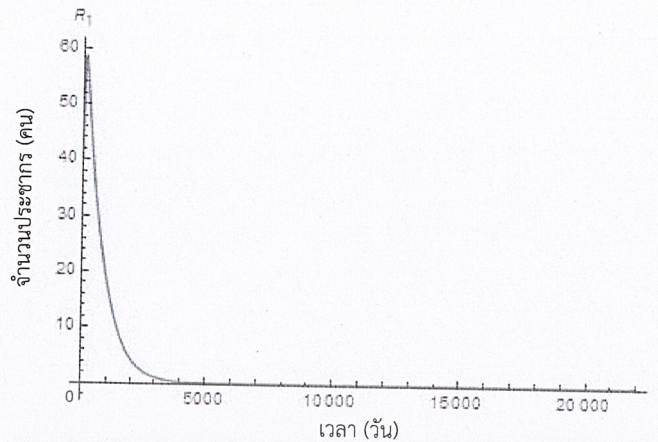
จากรูปที่4.31 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 330 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 330 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้



รูปที่4.32 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.32 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ดังนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.33 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

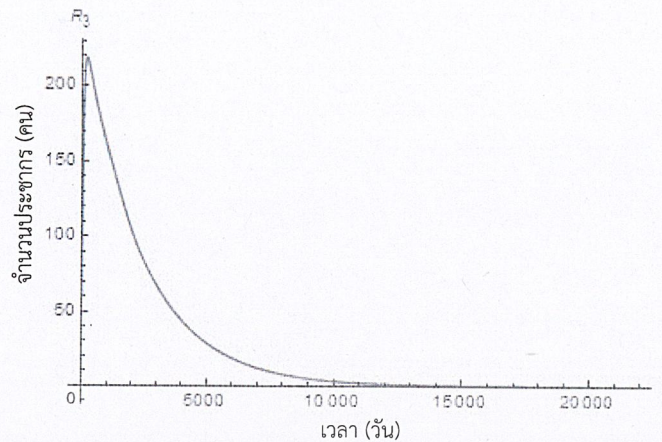
จากรูปที่4.33 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 4,000 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 4,000 วัน



รูปที่4.34 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

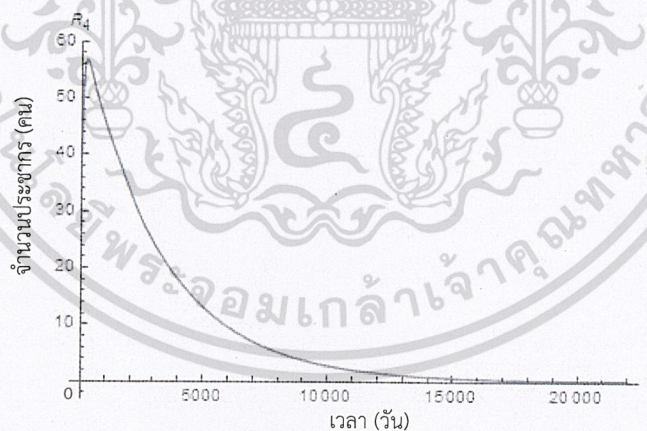
จากรูปที่4.34 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 7,500 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 7,500 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.35 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.35 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 12,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 12,000 วัน



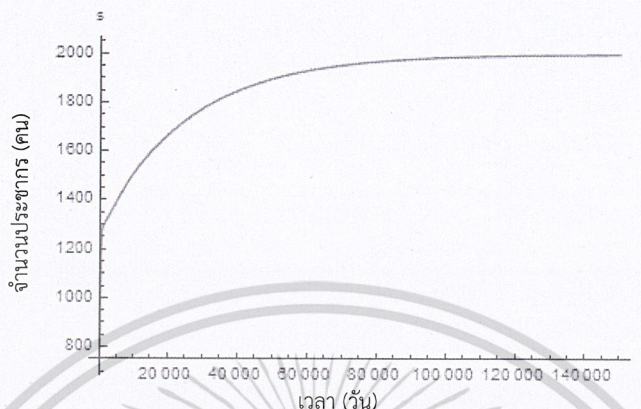
รูปที่4.36 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.36 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 17,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

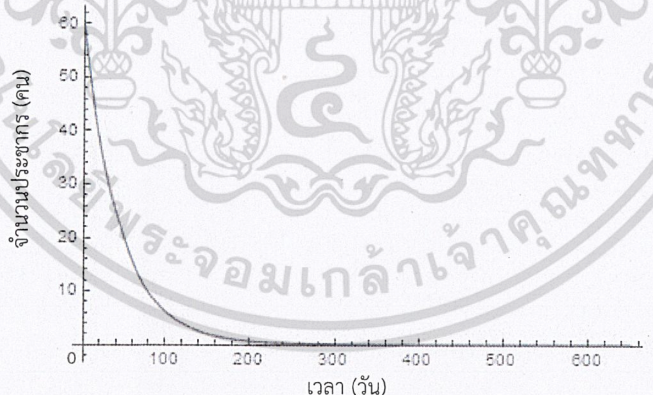
แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง

โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 3



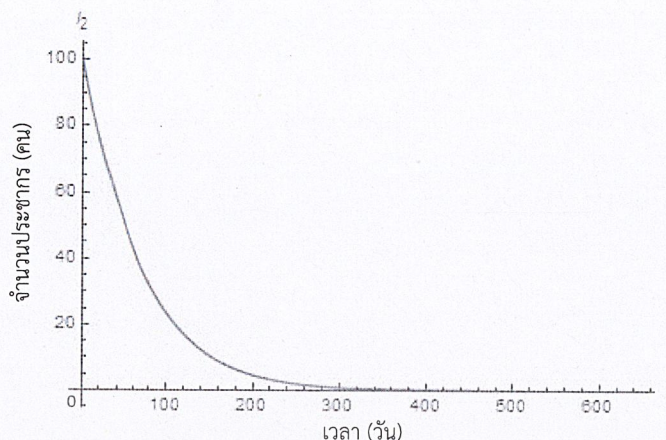
รูปที่4.37 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.37 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะลู่เข้าสู่ค่า 1,999 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 145,000 วัน นั่นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 145,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้



รูปที่4.38 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.38 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 250 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ดังนั้น ณ เวลา 250 วัน สามารถควบคุมไม่ให้มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้



รูปที่4.39 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

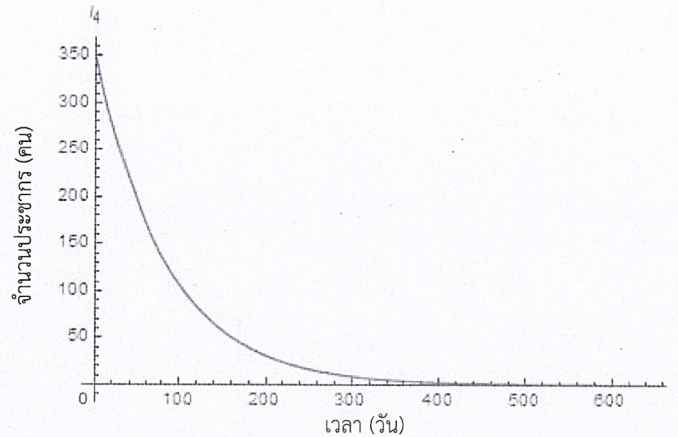
จากรูปที่4.39 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 310 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 310 วัน สามารถควบคุมไม่ให้มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้



รูปที่4.40 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

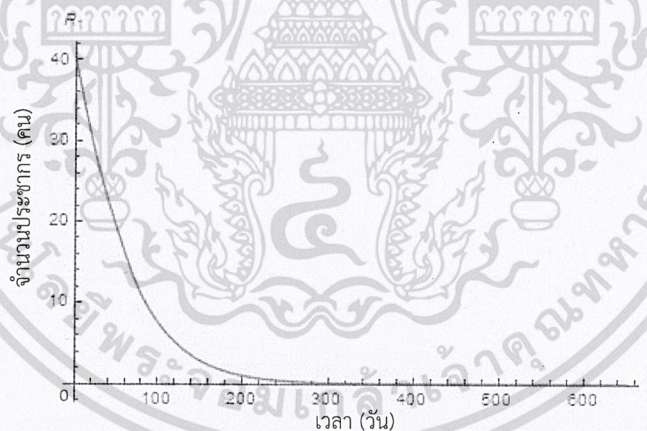
จากรูปที่4.40 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 340 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 340 วัน สามารถควบคุมไม่ให้มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

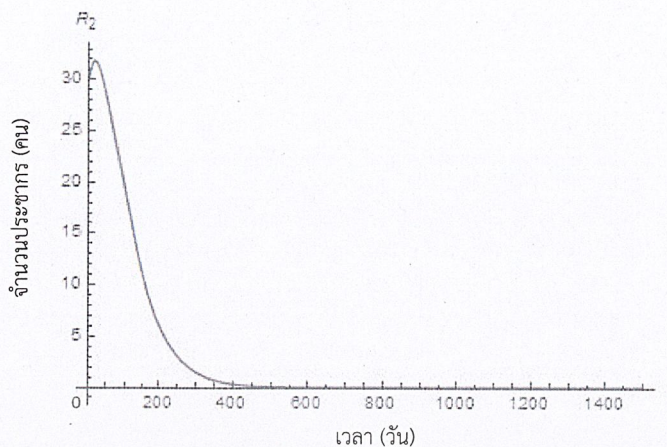
จากรูปที่ 4.41 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ดังนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมไม่ให้มีจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

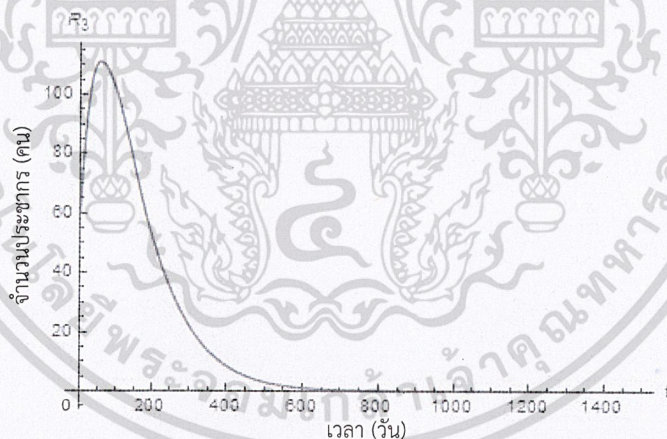
จากรูปที่ 4.42 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 290 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 290 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.43 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

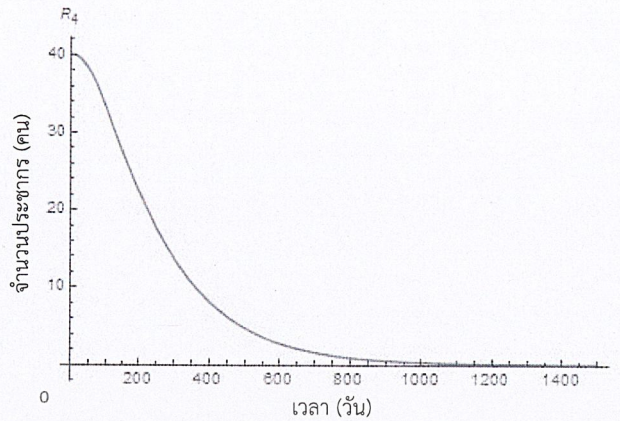
จากรูปที่4.43 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 440 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 440 วัน



รูปที่4.44 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.44 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 625 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 625 วัน

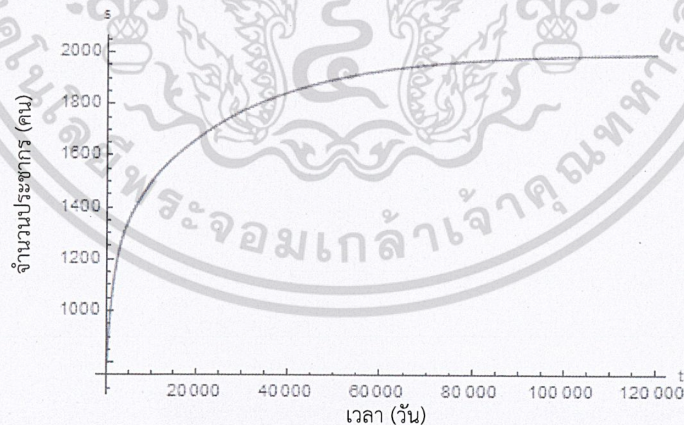
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.45 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 1,100 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ณ เวลา 1,100 วัน

แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 4

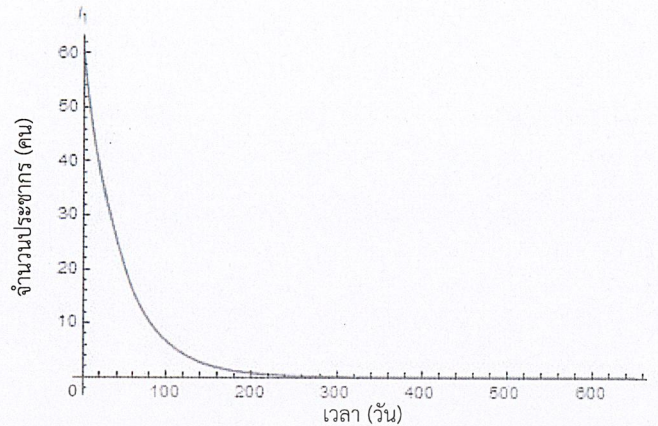


รูปที่ 4.46 กราฟแสดงจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.46 อธิบายได้ว่า จำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จะลู่เข้าสู่ค่า 1,999 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 120,000 วัน นั้นแสดงว่าจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้

ใหญ่ (S) มีจำนวนคงที่ ณ เวลา 120,000 วัน จึงสามารถควบคุมจำนวนผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.47 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

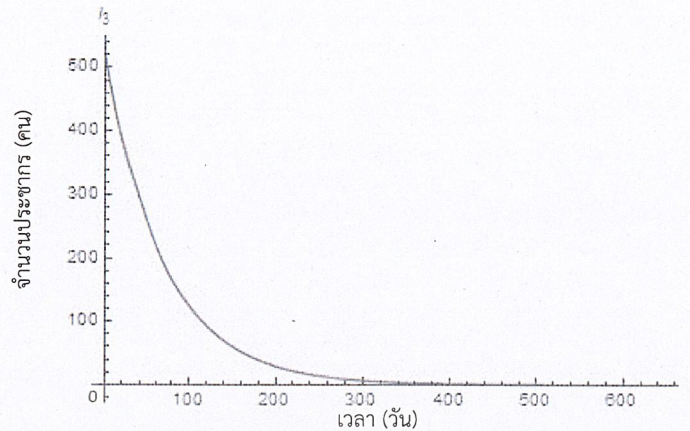
จากรูปที่4.47 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 250 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) ดังนั้น ณ เวลา 250 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 ได้



รูปที่4.48 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

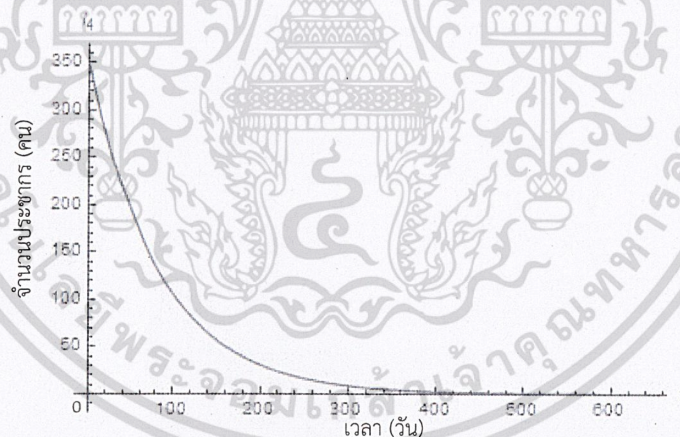
จากรูปที่4.48 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) จะลู่เข้าสู่ค่า 0 (ลู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 310 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) ดังนั้น ณ เวลา 310 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)

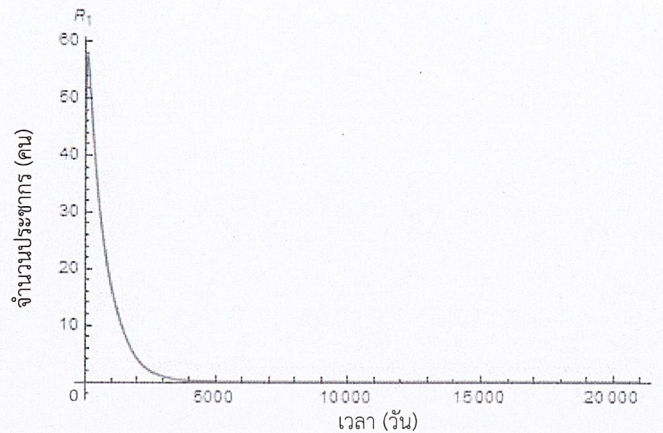
จากรูปที่ 4.49 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (ลู่อเข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 340 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) ดังนั้น ณ เวลา 340 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ได้



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.50 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (ลู่อเข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 420 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) ดังนั้น ณ เวลา 420 วัน สามารถควบคุมจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)

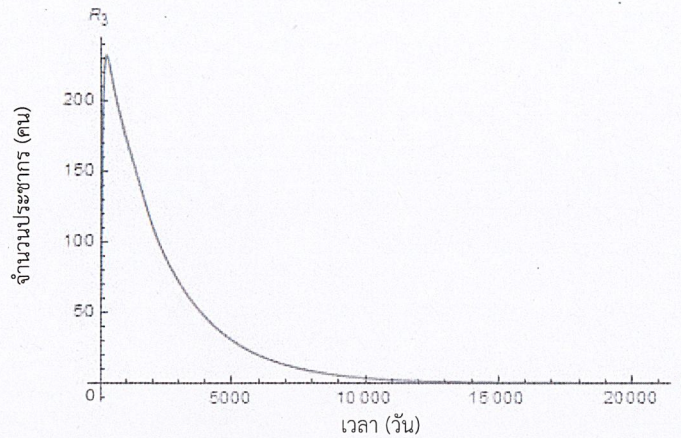
จากรูปที่ 4.51 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 4,000 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) ณ เวลา 4,000 วัน



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่ 4.52 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) จะเข้าสู่ค่า 0 (เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 7,500 วัน นั่นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ณ เวลา 7,500 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.53 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.53 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 12,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ณ เวลา 12,000 วัน



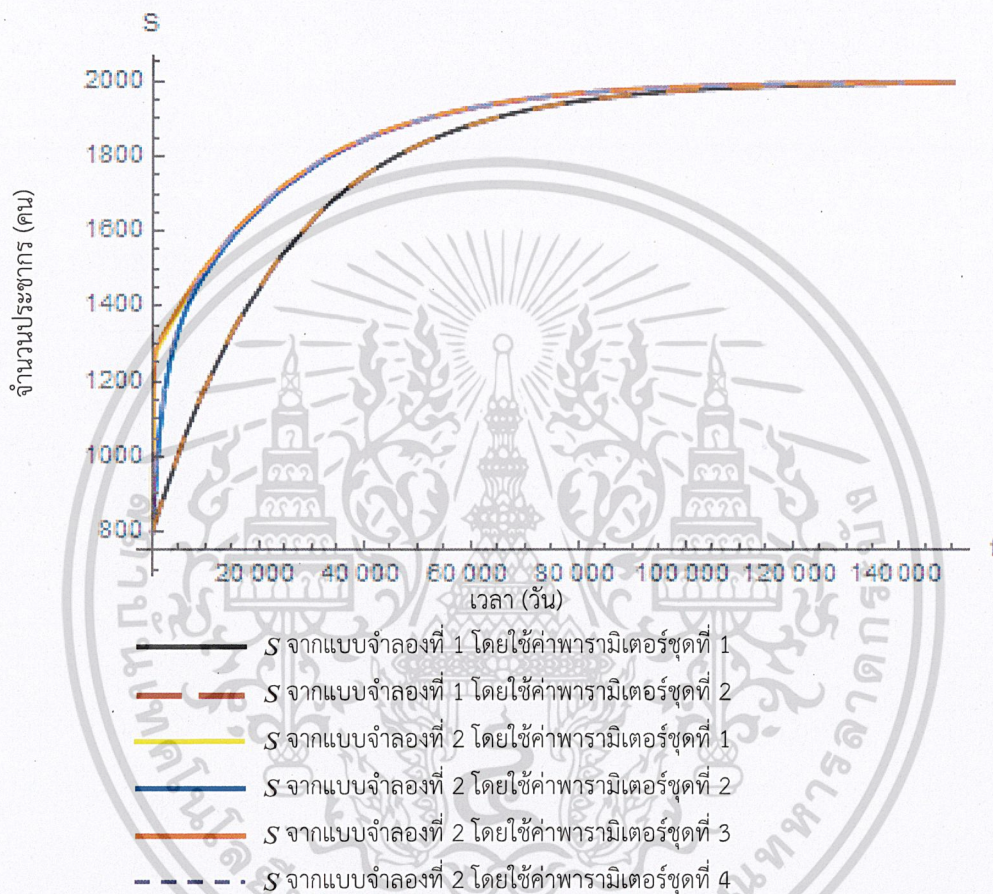
รูปที่4.54 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

จากรูปที่4.54 อธิบายได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) จะเข้าสู่ค่า 0 (สู่เข้าสู่จุดสมดุล) เมื่อเวลา 17,000 วัน นั้นแสดงว่าไม่มีจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ณ เวลา 17,000 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสองแบบจำลอง มีสมการของค่าตัวแปรที่มีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นจึงทำให้กราฟที่แสดงออกมานั้นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เราจึงนำกราฟของค่าตัวแปรของสมการที่แตกต่างกันของทั้งสองแบบจำลองมาเปรียบเทียบกัน ได้ดังนี้

กราฟเปรียบเทียบของจำนวนประชากรผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S)



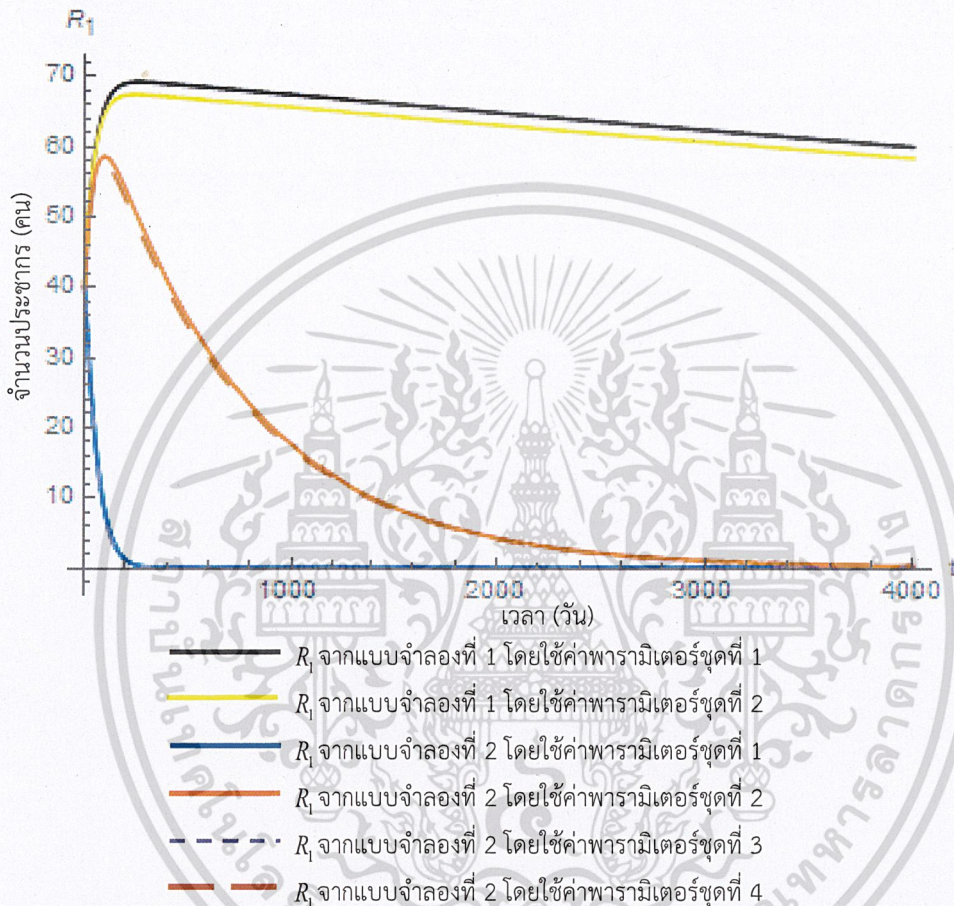
รูปที่ 4.55 กราฟเปรียบเทียบของจำนวนประชากรผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S)

จากรูปที่ 4.55 อธิบายได้ว่า จากแบบจำลองที่ 1 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ชุดจะเห็นได้ว่า จำนวนประชากรผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) ในชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 นั้นมีค่าเท่ากัน เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ไม่มีความแตกต่างกัน นั่นคือ ใช้เวลา 140,000 วันในการเข้าสู่จุดสมดุล จากแบบจำลองชุดที่ 2 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ชุดจะเห็นได้ว่า จำนวนประชากรผู้เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) ในชุดที่ 2 และ ชุดที่ 4 ใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลน้อยกว่าทุกชุด ดังนั้น แบบจำลองที่ 2 ใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2 และ ชุดที่ 4 ดีที่สุดนั่นคือใช้เวลา 120,000 วันในการเข้าสู่จุดสมดุล ซึ่งดีกว่าแบบจำลองชุดที่ 1 ที่ใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140,000 วัน โดยที่จุดสมดุลของแบบจำลองทั้งสองนี้มีค่าเท่ากันคือ ลู่เข้าสู่ 1,999 คน เนื่องจากประชากรยังคงเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่อยู่

กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษา
ในระยะเวลาที่ 1 (R_1)



รูปที่ 4.56 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 1 (R_1)

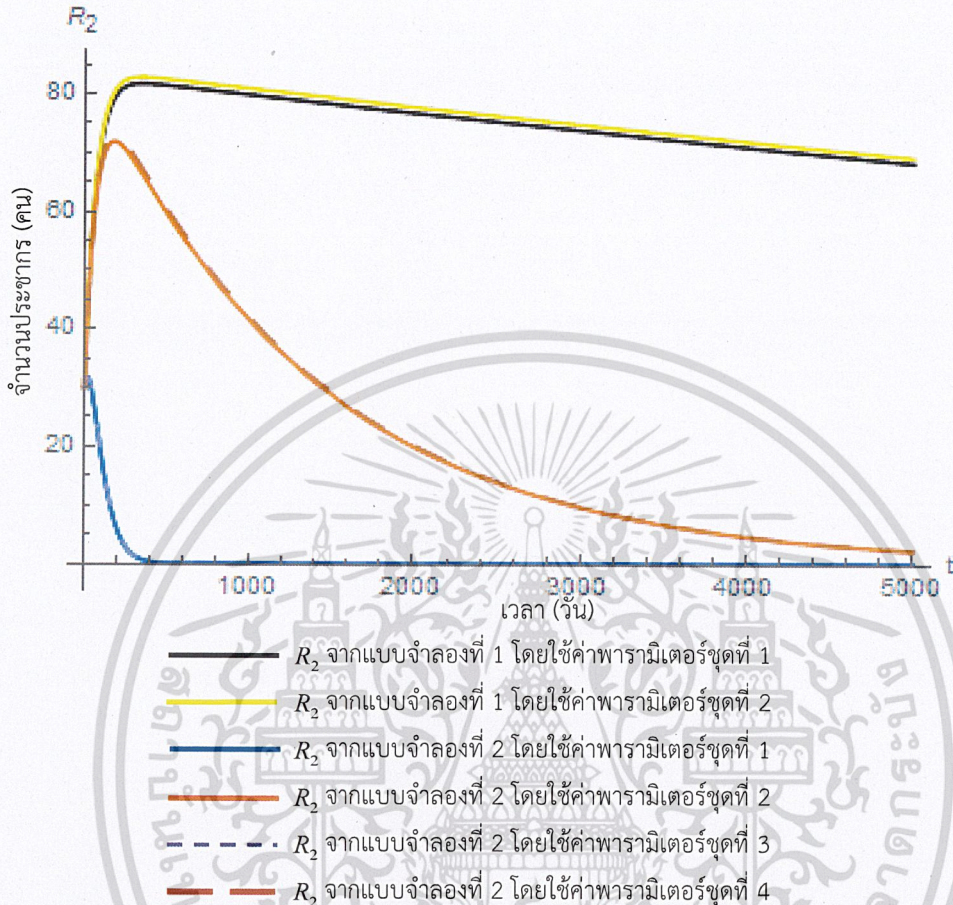
จากรูปที่ 4.56 อธิบายได้ว่า จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะเวลาที่ 1 (R_1) ในแบบจำลองที่ 2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 3 ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการลู่เข้าสู่จุดสมดุลน้อยที่สุด นั่นคือ ใช้เวลา 290 วันในการลู่เข้าสู่จุดสมดุลสำหรับแบบจำลองที่ 1 เนื่องจากหลังจากที่ประชากรได้รับการรักษาแล้วไม่มีการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงอีก

ครั้ง จึงทำให้ประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แนวโน้มนลดลง ช้ากว่ากรณีที่กลับไปเป็นอีก (แบบจำลองที่ 2)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษา
ในระยะที่ 2 (R_2)

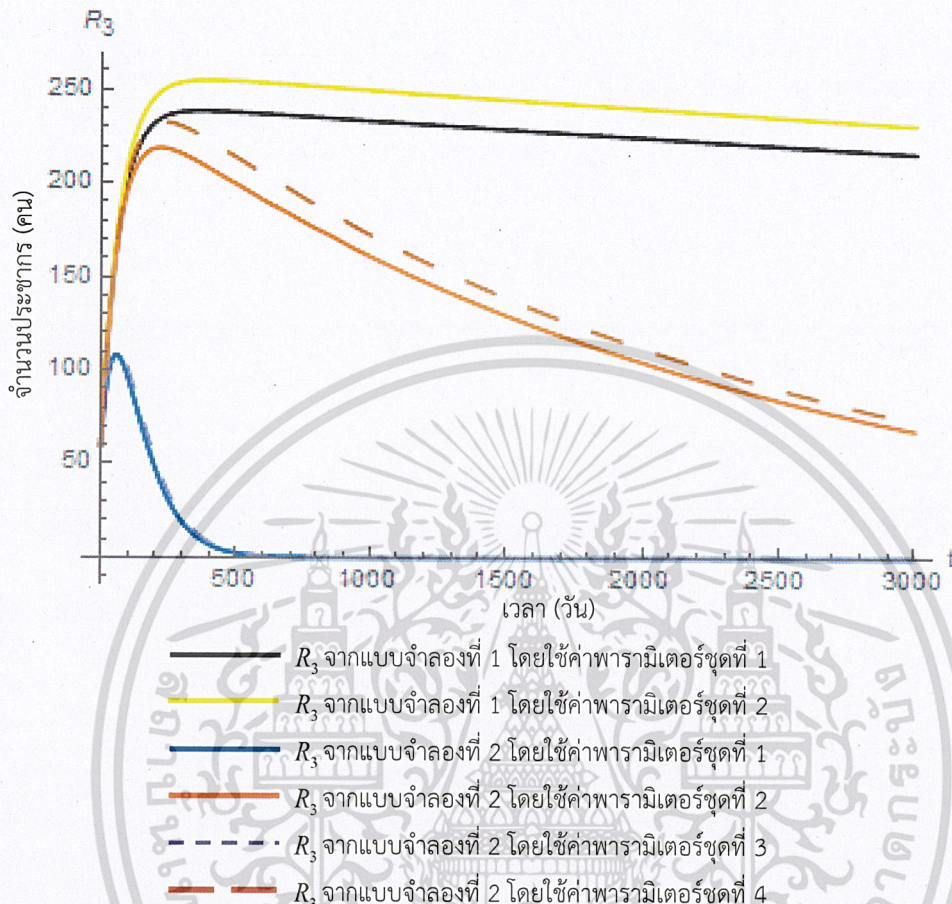


รูปที่ 4.57 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2)

จากรูปที่ 4.57 อธิบายได้ว่า จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า จำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) ในแบบจำลองที่ 2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 3 ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลน้อยที่สุด นั่นคือ ใช้เวลา 440 วันในการเข้าสู่จุดสมดุล

สำหรับแบบจำลองที่ 1 เนื่องจากหลังจากที่ประชากรได้รับการรักษาแล้วไม่มีกรกลับไปเป็นผู้เสี่ยงอีกครั้ง จึงทำให้ประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ มีแนวโน้มลดลง ซ้ำกว่ากรณีที่กลับไปเป็นอีก (แบบจำลองที่ 2)

กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษา
ในระยะที่ 3 (R_3)

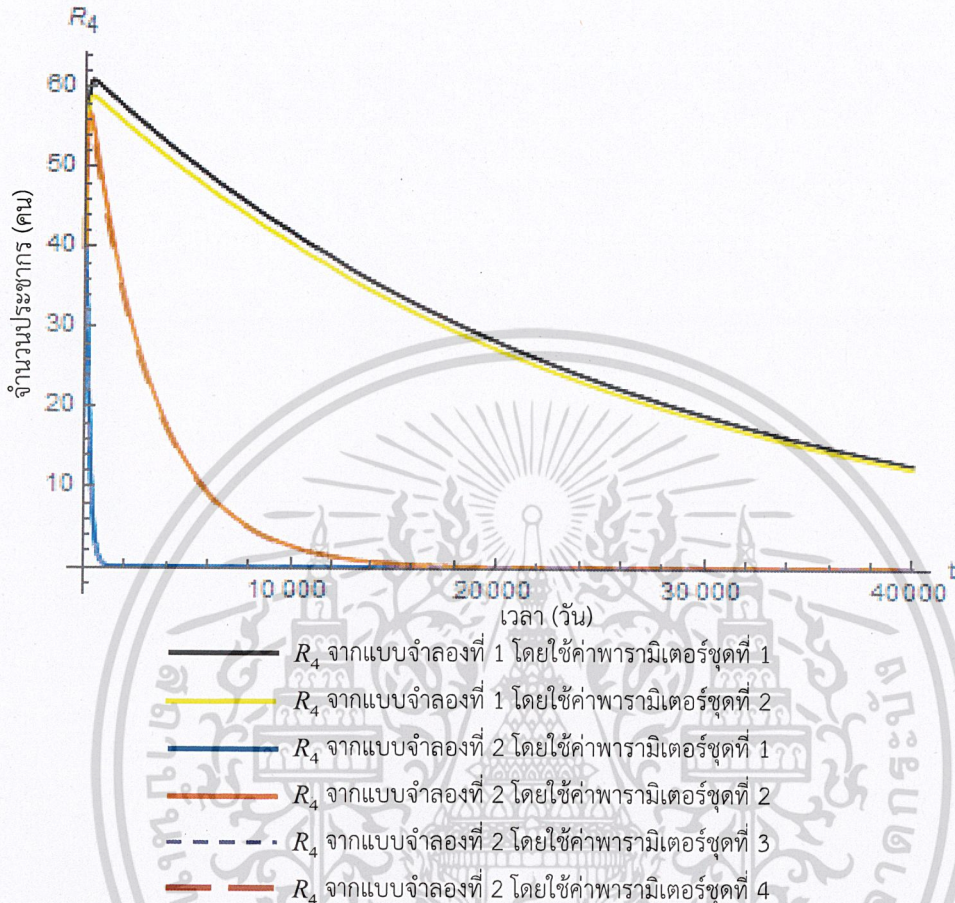


รูปที่ 4.58 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3)

จากรูปที่ 4.58 อธิบายได้ว่า จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองชุดที่ 2 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) ในแบบจำลองที่ 2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 3 ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลน้อยที่สุด นั่นคือ ใช้เวลา 625 วันในการเข้าสู่จุดสมดุล

สำหรับแบบจำลองที่ 1 เนื่องจากหลังจากที่ประชากรได้รับการรักษาแล้วไม่มีการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงอีกครั้ง จึงทำให้ประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ มีแนวโน้มลดลง ช้ากว่ากรณีที่กลับไปเป็นอีก (แบบจำลองที่ 2)

กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษา
 ในระยะที่ 4 (R_4)



รูปที่ 4.59 กราฟเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4)

จากรูปที่ 4.59 อธิบายได้ว่า จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองชุดที่ 2 เปรียบเทียบกับการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) ในแบบจำลองที่ 2 โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 3 ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลน้อยที่สุด นั่นคือ ใช้เวลาประมาณ 1,100 วันในการเข้าสู่จุดสมดุล

สำหรับแบบจำลองที่ 1 เนื่องจากหลังจากที่ประชากรได้รับการรักษาแล้วไม่มีการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงอีกครั้ง จึงทำให้ประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ มีแนวโน้มลดลง ซ้ำกว่ากรณีที่กลับไปเป็นอีก (แบบจำลองที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาพิเศษนี้ได้เสนอรายละเอียดของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Colon cancer) ที่เกิดจากการอักเสบของลำไส้ใหญ่ หรือเกิดเป็นก้อนเนื้อโพลิบของลำไส้ใหญ่ และ พฤติกรรมการกินที่ผิดรวมถึง การดื่มสุราและการสูบบุหรี่ แล้วนำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยเป็น โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ จากนั้นก็พิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยนำเสนอและอธิบาย แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เพื่อลดความเสี่ยงของประชากรไทยในการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

แบบจำลองนี้ เราได้สมมติประชากร อัตราการเกิดและเสียชีวิตของประชากร อัตราการเป็น โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในแต่ละระยะ อัตราการเปลี่ยน ระยะหนึ่งไประยะอีกหนึ่ง อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในแต่ละระยะ และ อัตรา การกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยของแต่ละระยะ ซึ่งได้นำข้อมูลจากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2546 – พ.ศ.2558 และนำมาประยุกต์ใช้ในแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย

จากนั้นได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สองแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยเก้าสมการเชิง อนุพันธ์ในรูปแบบของผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ใน ระยะที่ 1 ผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 ผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 ผู้ ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 ผู้ที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการ รักษาในระยะที่ 1 ผู้ที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 ผู้ที่ หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 และ ผู้ที่หายป่วยจากการ เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 จากนั้นนำสมการมาหาจุดสมดุลและความ เสถียรของจุดสมดุลของทั้งสองแบบจำลอง

จากการศึกษาพบว่า จากแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย (แบบจำลองที่1) ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลของจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในแต่ละระยะ (I_1, I_2, I_3, I_4) และ จำนวนผู้ที่หายป่วย จากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ (R_1, R_2, R_3, R_4) ได้แก่ อัตราการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (β) และ อัตราการเปลี่ยนระยะของโรคในแต่ละระยะ ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$) จากแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง(แบบจำลองที่ 2) ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลของจำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (S) จำนวนผู้ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในแต่ละระยะ (I_1, I_2, I_3, I_4) และ จำนวนผู้ที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในแต่ละระยะ (R_1, R_2, R_3, R_4) ได้แก่ อัตราการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (β) อัตราการเปลี่ยนระยะของโรคในแต่ละระยะ ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$) และ อัตราการกลับมาเป็นผู้เสี่ยงในแต่ละระยะ ($\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$)

จากกราฟเปรียบเทียบของ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทย และ แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง จะได้ว่าแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการเข้าสู่จุดสมดุลน้อยกว่าแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยสำหรับกรณีที่ไม่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง เนื่องจากประชากรที่หายจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่แล้วสามารถย้อนกลับไปเป็นอีกได้นั้นมีผลทำให้สมการเข้าสู่จุดสมดุลเร็วขึ้น นั่นคือจะไม่มีประชากรผู้ป่วยเพิ่มขึ้น จุดสมดุลนั้นๆ แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่สำหรับกรณีที่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยง มีความเหมาะสมกว่า แบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยกรณีที่ไม่มีการย้อนกลับไปเป็นผู้เสี่ยงอีก

5.2 ข้อเสนอแนะ

สามารถพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่อย่างละเอียดในแต่ละระยะของการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ และทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับช่วงอายุของผู้ป่วย การจำแนกผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาในแต่ละวิธีการรักษา การแพร่กระจายของโรค การจำแนกตามการวินิจฉัย และเพศของผู้ป่วย มาใช้ในการวิเคราะห์ในการทำแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล บางกอกน้อย. “ความสัมพันธ์ระหว่างความปวดอาการอ่อนล้า ภาวะซึมเศร้า กับคุณภาพการฟื้นตัวของผู้ป่วย ภายหลังจากการผ่าตัดมะเร็ง ลำไส้ใหญ่และทวารหนัก”. (ผ่องศรี ศรีมรกต). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ns.mahidol.ac.th>.
- [2] คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล บางกอกน้อย. “ปัจจัยทำนายระยะเวลาก่อนการรักษาของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก”. (สุพร ดนัยดุขฎีกุล). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ns.mahidol.ac.th>.
- [3] โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า. “มะเร็งลำไส้ใหญ่ ใน โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พ.ศ.2542-2548 และ อัตราการรอดชีวิตใน 5 ปี”. (บรรลือ เฉลยกิตติ). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://webcache.googleusercontent.com>.
- [4] โรงพยาบาลวัดโชนสธ. “โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และทวารหนัก”. (นพ.วุฒิ สุขเมธโชติเมธา). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.bangkokhospital.com/wattanosoth. [27 มี.ค. 2017].
- [5] สถิติโรคมะเร็ง “CANCER REGISTRY”. (ค.ศ. 2003-2015). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.nci.go.th/th/index1.html>
- [6] สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. “มะเร็งลำไส้”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.chulacancer.net. [25 มี.ค. 2017].
- [7] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). “ปัจจัยเสี่ยงก่อมะเร็งลำไส้”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.thaihealth.or.th. [28 มี.ค. 2017].
- [8] หนังสือตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 2. “มะเร็งลำไส้ใหญ่และไส้ตรง (Colorectal cancer)”. (นพ.สุรเกียรติ์ อาชานานู ภาพ). หน้า 1169-1170.
- [9] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). “ปัจจัยเสี่ยงก่อมะเร็งลำไส้”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.thaihealth.or.th. [28 มี.ค. 2017].
- [10] Leah Edeistein-Keshet, (1988), Mathematical Models in Biology, Duke University
- [11] National Cancer Institute. “Colorectal cancer”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.cancer.gov. [24 มี.ค. 2017].
- [12] Stephen Wolfram, (2017), An Elementary Introduction to the Wolfram Language , Paperback

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าลักษณะเฉพาะของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

MatrixForm[(Z*IdentityMatrix[9]) - ans]

$$\text{MatrixForm} \begin{pmatrix} Z + \beta + \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta & Z + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_1 & Z + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_2 & Z + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma_3 & Z + \lambda + \alpha_4 + \mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha_1 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha_2 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\alpha_4 & 0 & 0 & 0 & Z + \lambda \end{pmatrix}$$

รูปที่ 5 การหาค่าลักษณะเฉพาะของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

Det[(Z*IdentityMatrix[9]) - ans]

$$(Z + \lambda)^9 (Z + \beta + \lambda) (Z + \lambda + \alpha_1 + \gamma_1 + \mu_1) (Z + \lambda + \alpha_2 + \gamma_2 + \mu_2) (Z + \lambda + \alpha_3 + \gamma_3 + \mu_3) (Z + \lambda + \alpha_4 + \mu_4)$$

Solve[(Z*lambda)^4 (Z*beta*lambda) (Z*lambda*Subscript[a, 1]*Subscript[y, 1] - Subscript[m, 1]) (Z*lambda*Subscript[a, 2]*Subscript[y, 2] - Subscript[m, 2]) (Z*lambda*Subscript[a, 3]*Subscript[y, 3] - Subscript[m, 3]) (Z*lambda*Subscript[a, 4]*Subscript[y, 4] - Subscript[m, 4]) == 0, Z]

{(Z + beta*lambda), (Z - lambda), (Z - lambda), (Z - lambda), (Z - lambda), (Z - lambda + alpha_1 + gamma_1 + mu_1), (Z - lambda + alpha_2 + gamma_2 + mu_2), (Z - lambda + alpha_3 + gamma_3 + mu_3), (Z - lambda + alpha_4 + mu_4)}

รูปที่ 6 ค่าความเสถียรของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาผลเฉลยทางตัวเลขของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยแทนพารามิเตอร์

```

Subscript[a, 1]=(1/(365*3.75));
Subscript[a, 2]=(1/(365*2.875));
Subscript[a, 3]=(1/(365*2));
Subscript[a, 4]=(1/(365*0.25));
Subscript[u, 1]=(1/(365*1.25));
Subscript[u, 2]=(1/(365*2.125));
Subscript[u, 3]=(1/(365*3));
Subscript[u, 4]=(1/(365*4.75));
Subscript[y, 1]=(1/(365*2.5));
Subscript[y, 2]=(1/(365*1.5));
Subscript[y, 3]=(1/(365*1));
b=(1/(365*70));
λ=(1/(365*74));
β=(4517/928303903);
n=2000;

```

รูปที่ 7 การหาผลเฉลยทางตัวเลขของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยแทนพารามิเตอร์

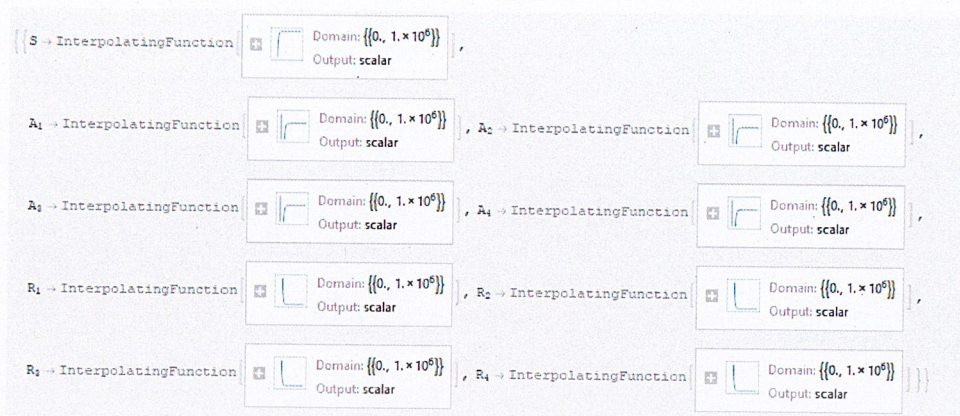
```

ans=NDSolve[S'[t]==b-n S[t]-β S[t]^λ,
Subscript[A, 1]'[t]==S[t]-Subscript[A, 1][t]*(λ Subscript[a, 1] Subscript[y, 1] Subscript[u, 1]),
Subscript[A, 2]'[t]==Subscript[A, 1][t] Subscript[y, 1] Subscript[A, 2][t]*(λ Subscript[a, 2] Subscript[y, 2] Subscript[u, 2]),
Subscript[A, 3]'[t]==Subscript[A, 2][t] Subscript[y, 2] Subscript[A, 3][t]*(λ Subscript[a, 3] Subscript[y, 3] Subscript[u, 3]),
Subscript[A, 4]'[t]==Subscript[A, 3][t] Subscript[y, 3] Subscript[A, 4][t]*(λ Subscript[a, 4] Subscript[u, 4]),
Subscript[R, 1]'[t]==Subscript[A, 1][t] Subscript[a, 1] Subscript[R, 1][t]-λ,
Subscript[R, 2]'[t]==Subscript[A, 2][t] Subscript[a, 2] Subscript[R, 2][t]-λ,
Subscript[R, 3]'[t]==Subscript[A, 3][t] Subscript[a, 3] Subscript[R, 3][t]-λ,
Subscript[R, 4]'[t]==Subscript[A, 4][t] Subscript[a, 4] Subscript[R, 4][t]-λ,
S[0]==800,Subscript[A, 1][0]==60,Subscript[A, 2][0]==100,Subscript[A, 3][0]==520,Subscript[A, 4][0]==350,
Subscript[R, 1][0]==40,Subscript[R, 2][0]==30,Subscript[R, 3][0]==60,Subscript[R, 4][0]==40,
{S,Subscript[A, 1],Subscript[A, 2],Subscript[A, 3],Subscript[A, 4],Subscript[R, 1],Subscript[R, 2],Subscript[R, 3],Subscript[R, 4]},
{t,0,1000000}];

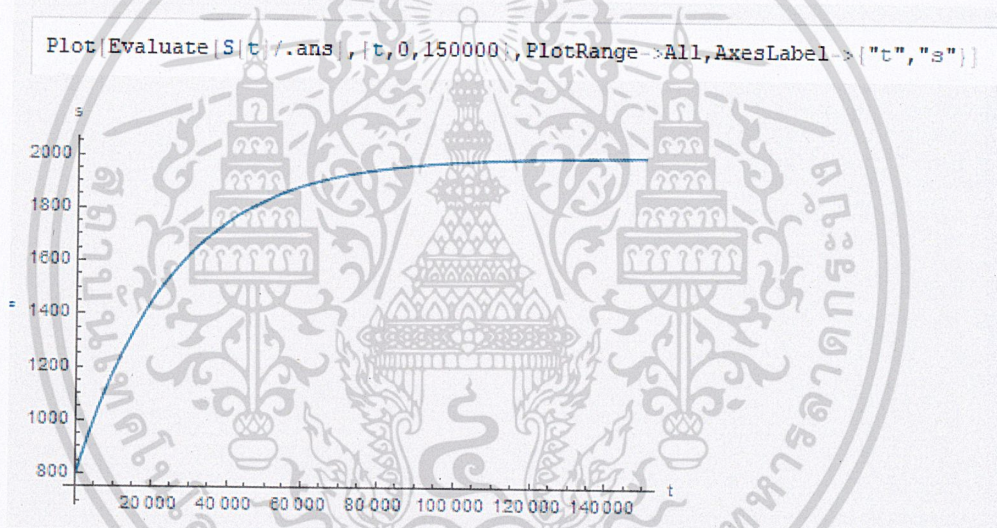
```

รูปที่ 8 การหาผลเฉลยทางตัวเลขของระบบสมการแบบจำลองโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่โดยแทนพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

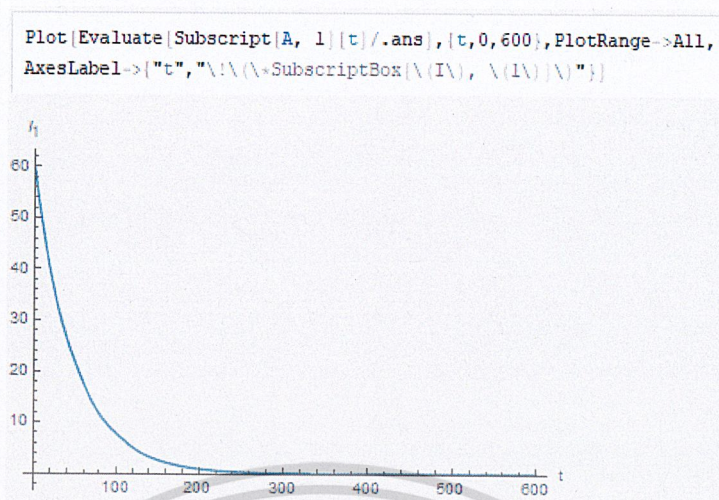


รูปที่ 9 ผลเฉลยที่ได้จากการหาโดยโปรแกรม

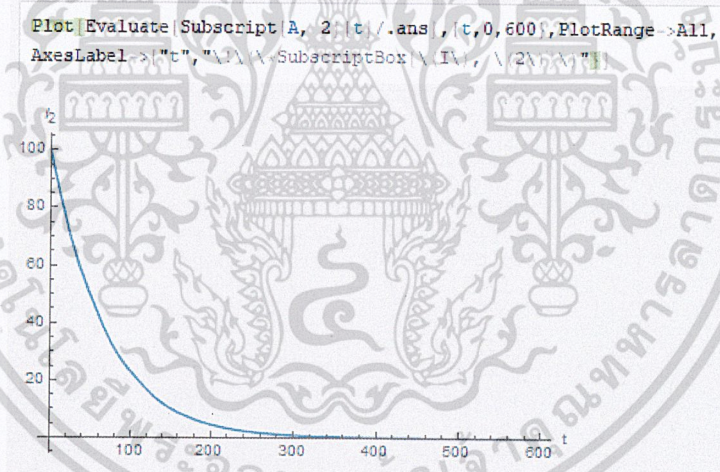


รูปที่ 10 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (s) เทียบกับเวลา (t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

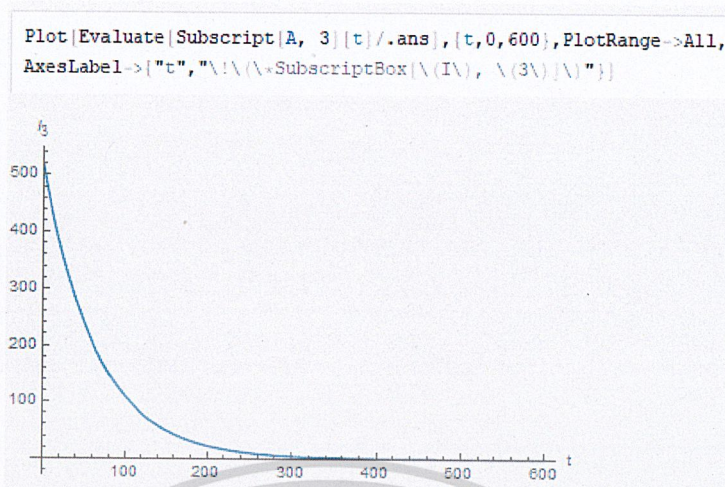


รูปที่ 11 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมาเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 1 (I_1) เทียบกับเวลา (t)

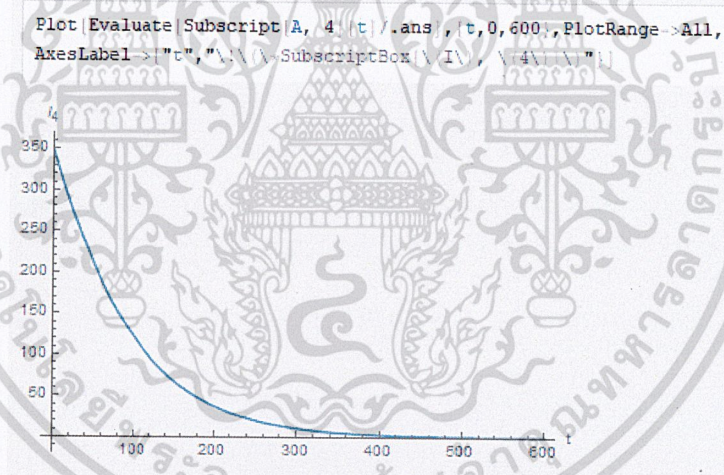


รูปที่ 12 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมาเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 2 (I_2) เทียบกับเวลา (t)

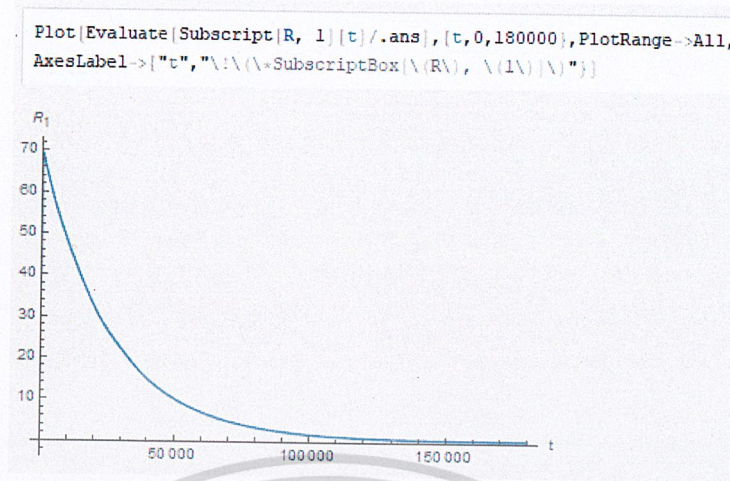
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



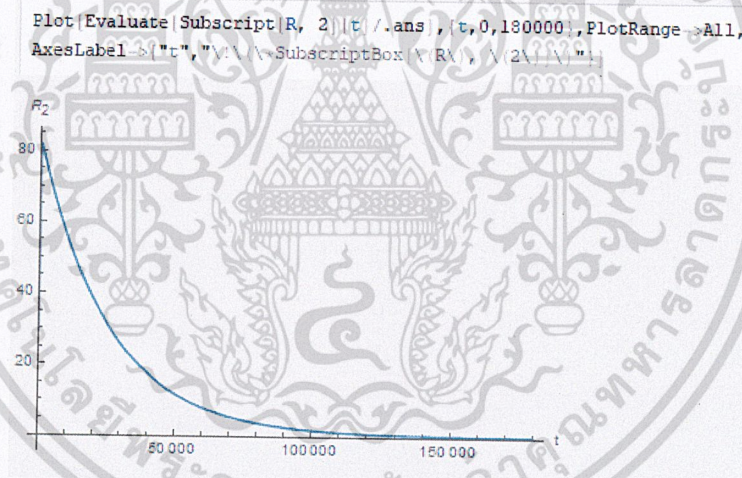
รูปที่ 13 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 3 (I_3) เทียบกับเวลา (t)



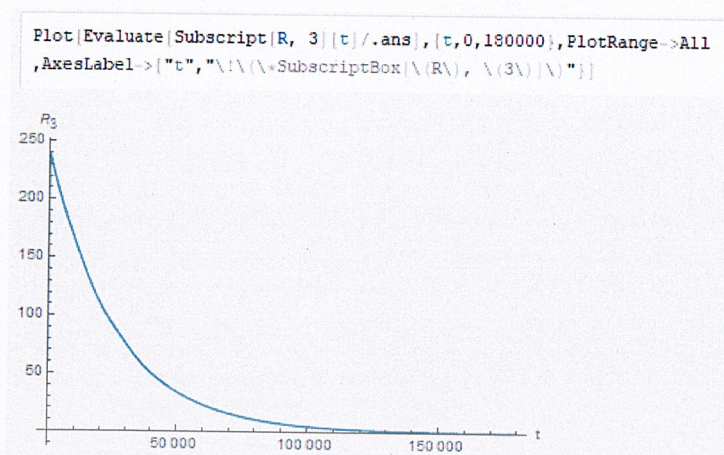
รูปที่ 14 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ 4 (I_4) เทียบกับเวลา (t)



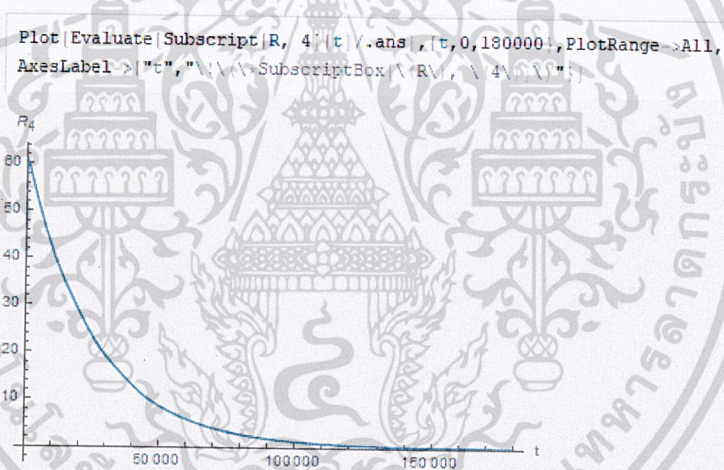
รูปที่ 15 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 1 (R_1) เทียบกับเวลา (t)



รูปที่ 16 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 2 (R_2) เทียบกับเวลา (t)



รูปที่ 17 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 3 (R_3) เทียบกับเวลา (t)



รูปที่ 18 กราฟแสดงจำนวนประชากรที่หายป่วยจากการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่เมื่อได้รับการรักษาในระยะที่ 4 (R_4) เทียบกับเวลา (t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า Routh-Hurwitz criteria

```

Subscript[a, 1]=1/(365*3.75);
Subscript[a, 2]=1/(365*2.875);
Subscript[a, 3]=1/(365*2);
Subscript[a, 4]=1/(365*0.25);
Subscript[μ, 1]=1/(365*1.25);
Subscript[μ, 2]=1/(365*2.125);
Subscript[μ, 3]=1/(365*3);
Subscript[μ, 4]=1/(365*4.75);
Subscript[ω, 1]=1/(365*10);
Subscript[ω, 2]=1/(365*7);
Subscript[ω, 3]=1/(365*4);
Subscript[ω, 4]=1/(365*2);
Subscript[γ, 1]=1/(365*2.5);
Subscript[γ, 2]=1/(365*1.5);
Subscript[γ, 3]=1/(365*1);
b=1/(365*70);
λ=1/(365*74);
β=(4517/828303903);
    
```

รูปที่ 19 การหาค่า Routh-Hurwitz criteria โดยการแทนค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 1

```

aa-ExpandAll[-β Subscript[a, 4] Subscript[γ, 1] Subscript[γ, 2] Subscript[γ, 3] (x.λ.Subscript[ω, 1] (x.λ.Subscript[ω, 2]
(x.λ.Subscript[ω, 3] Subscript[μ, 4] (x.λ.Subscript[a, 4] Subscript[μ, 4] (-β Subscript[a, 3] Subscript[γ, 1] Subscript[γ, 2]
(x.λ.Subscript[a, 1] (x.λ.Subscript[ω, 2] Subscript[μ, 3] (x.λ.Subscript[a, 3] Subscript[γ, 3] Subscript[μ, 3])
(-β Subscript[a, 2] Subscript[γ, 1] (x.λ.Subscript[ω, 1] Subscript[μ, 2] (x.λ.Subscript[a, 2] Subscript[γ, 2] Subscript[μ, 2])
(-β Subscript[a, 1] Subscript[μ, 1] (x.λ.Subscript[a, 1] Subscript[γ, 1] Subscript[μ, 1] (x.λ.Subscript[ω, 1])
(x.λ.Subscript[ω, 2]) (x.λ.Subscript[ω, 3]) (x.λ.Subscript[ω, 4])
1.04184 × 1015 + 2.72395 × 1015 x + 1.60905 × 1014 x2 + 3.99807 × 1014 x3 + 5.47836 × 1013 x4 + 4.55182 × 106 x5 + 0.000235765 x6 + 0.00745538 x7 + 0.131859 x8 + x9
    
```

รูปที่ 20 ผลเฉลยที่ได้จากการแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการที่หาได้จากจาโคเบียน

```

h1-Subscript[a, 1]
0.131859
    
```

รูปที่ 21 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h₁

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
h2-MatrixForm[{{Subscript[a, 1],1},{Subscript[a, 3],Subscript[a, 2]}}
```

```
trixForm=
```

```
( 0.131859      1
  0.000235765  0.00745538 )
```

```
h2-Det[{{Subscript[a, 1],1},{Subscript[a, 3],Subscript[a, 2]}}
```

```
0.000747296
```

รูปที่ 22 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_2

```
h3-MatrixForm[{{Subscript[a, 1],1,0},
{Subscript[a, 3],Subscript[a, 2],Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 5],Subscript[a, 4],Subscript[a, 3]}}
```

```
trixForm=
```

```
( 0.131859      1      0
  0.000235765  0.00745538  0.131859
  5.47836×108  4.55182×106  0.000235765 )
```

```
h3-Det[{{Subscript[a, 1],1,0},
{Subscript[a, 3],Subscript[a, 2],Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 5],Subscript[a, 4],Subscript[a, 3]}}
```

```
1.04268×107
```

รูปที่ 23 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
h4-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]}}
```

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0.131859 & 1 & 0 & 0 \\ 0.000235765 & 0.00745538 & 0.131859 & 1 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55182 \times 10^{-6} & 0.000235765 & 0.00745538 \\ 1.60905 \times 10^{12} & 3.99807 \times 10^{10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55182 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

```
h4-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]}}
```

2.37462×10^{-13}

รูปที่ 24 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_4

```
h5-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5]}}
```

MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 0.131859 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.000235765 & 0.00745538 & 0.131859 & 1 & 0 \\ 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55182 \times 10^{-6} & 0.000235765 & 0.00745538 & 0.131859 \\ 1.60905 \times 10^{12} & 3.99807 \times 10^{10} & 5.47836 \times 10^{-8} & 4.55182 \times 10^{-6} & 0.000235765 \\ 1.04184 \times 10^{18} & 2.72395 \times 10^{15} & 1.60905 \times 10^{12} & 3.99807 \times 10^{10} & 5.47836 \times 10^{-8} \end{pmatrix}$$

```
h5-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5]}}
```

6.14201×10^{-21}

รูปที่ 25 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

h6-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]}}]

```

MatrixForm=

0.131859	1	0	0	0	0
0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0
5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}	0.000235765	0.00745538	0.131859	1
1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}	5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}	0.000235765	0.00745538
1.04184×10^{-16}	2.72395×10^{-15}	1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}	5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}
0	0	1.04184×10^{-16}	2.72395×10^{-15}	1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}

```

h6-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]}}]

```

1.24922×10^{20}

รูปที่ 26 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_6

```

h7-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7]}}]

```

MatrixForm=

0.131859	1	0	0	0	0	0
0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0	0
5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}	0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0
1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}	5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}	0.000235765	0.00745538	0.131859
1.04184×10^{-16}	2.72395×10^{-15}	1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}	5.47836×10^{-8}	4.55182×10^{-6}	0.000235765
0	0	1.04184×10^{-16}	2.72395×10^{-15}	1.60905×10^{-12}	3.99807×10^{-10}	5.47836×10^{-8}
0	0	0	0	1.04184×10^{-16}	2.72395×10^{-15}	1.60905×10^{-12}

```

h7-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7]}}]

```

1.29234×10^{42}

รูปที่ 27 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
h8-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]},
{0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8]}}]
```

trixForm=

0.131859	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0	0	0	0	0
5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0	0	0
1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0
1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1
0	0	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}
0	0	0	0	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

```
h8-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]},
{0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8]}}]
```

3.47545×10^{57}

รูปที่ 28 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_8

```
h9-MatrixForm[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]},
{0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8]},
{0, 0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9]}}]
```

trixForm=

0.131859	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0	0	0	0	0
5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0	0	0
1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1	0	0
1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	0.00745538	0.131859	1
0	0	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	5.47836×10^2	4.55182×10^6	0.000235765	1.60905×10^{12}
0	0	0	0	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}	1.60905×10^{12}	3.99807×10^{10}	1.04184×10^{15}	2.72395×10^{15}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

```
h9-Det[{{Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0, 0, 0},
{Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1, 0, 0},
{Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1], 1},
{Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3], Subscript[a, 2], Subscript[a, 1]},
{0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6], Subscript[a, 5], Subscript[a, 4], Subscript[a, 3]},
{0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8], Subscript[a, 7], Subscript[a, 6]},
{0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9], Subscript[a, 8]},
{0, 0, 0, 0, 0, Subscript[a, 9]}}]
```

3.62087×10^{76}

รูปที่ 29 ผลเฉลยของเมทริกซ์ h_9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้