แบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย
LIVER CANCER MODEL IN THAILAND

รัชฎาภรณ์ บุญวัง
อัจฉรีย์ ขันทอง
อัมรินทร์ ภูศรีฤทธิ์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIVER CANCER MODEL IN THAILAND

RATCHADAPORN BOONWANG
AUJACHAREE KUNTONG
AMMARIN PHUSRIRIT

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED MATHEMATICS)
DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	แบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย Liver Cancer Model in Thailand
ชื่อนักศึกษา	นางสาวรัชฎาภรณ์ บุญวัง รหัสนักศึกษา 58050136 นางสาวอัจฉรีย์ ขันทอง รหัสนักศึกษา 58050196 นายอัมรินทร์ ภูศรีฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 58050198
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.สิริพร วินเทอร์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.ภูษณิศา ล้อมทอง ประธานกรรมการ	
ดร.เทิดขวัญ ช้างเผือก กรรมการ	
รศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.สิริพร วินเทอร์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ แบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย
ชื่อนักศึกษา นางสาวรัชฎาภรณ์ บุญวัง รหัสนักศึกษา 58050136
นางสาวอัจฉรีย์ ขันทอง รหัสนักศึกษา 58050196
นายอัมรินทร์ ภูศรีฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 58050198
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต(คณิตศาสตร์ประยุกต์)
ภาควิชา คณิตศาสตร์
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2561
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สิริพร วินเทอร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะของโรคมะเร็งตับในประเทศไทย 2) เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มลดของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามวิธีวินิจฉัย ตามการแพร่กระจาย ตามช่วงอายุ และตามระยะของโรคมะเร็งตับ 3) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับโรคมะเร็งตับในประเทศไทย และ 4) เพื่อใช้ความรู้และทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับวิทยาการทางการแพทย์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระยะต่างๆของโรคมะเร็งตับ โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของประชากร ซึ่งจะศึกษาโดยใช้แบบจำลองโรคระบาด (SIR MODEL) มาศึกษาพฤติกรรมของจุดสมดุลของแบบจำลอง หาเงื่อนไขที่ทำให้เกิดความเสถียรภาพของจุดสมดุล ผลของการศึกษาคือ จุดสมดุลมีเพียงจุดเดียว และมีความเสถียรภาพ ผลลัพธ์เชิงตัวเลขของแบบจำลองได้ถูกนำมาแสดง เพื่อใช้ในการสนับสนุนสมมติฐานในการศึกษา และผลของการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะนำไปสู่วิธีการควบคุมการลุกลามของโรค การลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วย

คำสำคัญ : โรคมะเร็งตับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองโรคระบาด (SIR MODEL) จุดสมดุล ความเสถียรภาพของจุดสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Liver Cancer Model in Thailand
Students	Miss Ratchadaporn Boonwang Student ID 58050136
	Miss Aujacharee Kuntong Student ID 58050196
	Mr. Ammarin Phusririt Student ID 58050198
Degree	Bachelor of Science (Applied Mathematics)
Department	Mathematics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Assoc Prof.Dr.Puntani Pongsumpun
Co-advisor	Dr.Siripawn H. Winter

Abstract

The purposes of this study is 1) to study liver cancer in Thailand 2) to study the change of number of patients due to liver cancer in each year classified by diagnostic method according to the spread by age and distance of liver cancer 3) to formulate a Mathematical Model for liver cancer in Thailand 4) to apply the knowledge of mathematical theory to medical science by SIR MODEL (S=Susceptible , I=Infective , R=Recovered) to study the behavior of the equilibrium solutions of the model. The stability and numerical solutions of our model are presented. From the result, we will know how to control the spread of the disease and how to reduce the outbreak.

Keyword : Liver Cancer , Mathematical Modelling , SIR MODEL , Equilibrium point, Stability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รศ.ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้ทำปัญหาพิเศษตระหนักถึง ความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และ ดร.สิริพร วินเทอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็น ตรวจสอบ และแก้ไขร่างปัญหาพิเศษมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ ที่ให้ข้อมูลต่างๆที่เอื้อต่อการทำปัญหาพิเศษ และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์วางแผน รวมทั้งแผนงานต่างๆ และสรุปข้อมูลได้อย่างราบรื่น จนทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้ทำปัญหาพิเศษหวังว่า ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานปัญหาพิเศษเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษขอน้อมรับผิด และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาปัญหาพิเศษต่อไป

รัชฎาภรณ์ บุญวัง
อัจฉรีย์ ขันทอง
อัมรินทร์ ภูศรฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการ 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน 3
บทที่ 2 นิยาม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ค่าลักษณะเฉพาะ 4
2.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ 4
2.3 จาโคเบียนเมทริกซ์ 5
2.4 จุดสมดุล 5
2.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 6
2.6 การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ 6
2.6.1 แบบจำลอง *SIR* 7
2.6.2 แบบจำลอง *SIRS* 8
2.6.3 แบบจำลอง *SIRS* (โดยคำนึงถึงอัตราการเกิดและอัตราการตาย) 9
2.6.4 แบบจำลอง *SIS* 10
2.7 โรคมะเร็งตับ 11
2.7.1 ชนิดของโรคมะเร็งตับ 11
2.7.2 สาเหตุของโรคมะเร็งตับ 12
2.7.3 อาการของโรคมะเร็งตับ 12
2.7.4 ระยะของโรคมะเร็งตับ 13
2.7.5 การวินิจฉัยโรคมะเร็งตับ 14
2.7.6 วิธีรักษาโรคมะเร็งตับ 15
2.7.7 วิธีป้องกันโรคมะเร็งตับ 17
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 19
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 19
3.1.1 แบ่งตามวิธีวินิจฉัย 19
3.1.2 แบ่งตามการแพร่กระจายของโรค 22
3.1.3 แบ่งตามช่วงอายุของโรค 24
3.1.4 แบ่งตามระยะของโรค 27
3.2 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย 29
3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองโรคมะเร็งตับ 31
3.4 จุดสมดุล 32
3.5 ความเสถียรภาพของจุดสมดุล 35
บทที่ 4 ผลของการวิจัย 42
4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข 42
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการคำนวนด้วยโปรแกรม Mathematica 45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58
เอกสารอ้างอิง 60
ภาคผนวก 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variable) ต่างๆของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย 30

3.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ต่างๆของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศ 30

4.1 ค่าตัวแปร (variables) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย..... 42

4.2 ค่าตัวเสริม (parameters) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศ 42

4.3 ระยะเวลา (วัน) ณ จุดสมดุล $S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*$ และ R_1^* 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงระยะของโรคมะเร็งตับ 13

2.2 แสดงผลการตรวจวินิจฉัยด้วยวิธีการส่องกล้องตรวจ 15

3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามวิธีวินิจฉัย 20

3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามการแพร่กระจายของโรค 22

3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามช่วงอายุ 24

3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามระยะของโรค 27

3.5 แบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย 29

4.1 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ (S) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่1 (I_1) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่2 (I_2) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่3 (I_3) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่4 (I_4) และสัดส่วนของประชากรที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะ1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน) 45

4.2 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) เพิ่มขึ้นเป็น 0.103082 เทียบกับเวลา (วัน) 46

4.3 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) ลดลงเป็น 0.0034361 เทียบกับเวลา (วัน) 47

4.4 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ $1(\omega_1)$ เพิ่มขึ้นเป็น 0.013698 เทียบกับเวลา (วัน) 48

4.5 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) ลดลงเป็น 0.002739 เทียบกับเวลา (วัน) 49

4.6 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่1 ไประยะที่2 (γ_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.1 เทียบกับเวลา (วัน) 50

4.7 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่1 ไประยะที่2 (γ_1) ลดลงเป็น 0.001 เทียบกับเวลา (วัน) 51

4.8 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่2 ไประยะที่3 (γ_2) เพิ่มขึ้นเป็น 0.2 เทียบกับเวลา (วัน) 52

4.9 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่2 ไประยะที่3 (γ_2) เพิ่มขึ้นเป็น 0.002 เทียบกับเวลา (วัน) 53

4.10 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่3 ไประยะที่4 (γ_3) เพิ่มขึ้นเป็น 0.3 เทียบกับเวลา (วัน) 54

4.11 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่3 ไประยะที่4 (γ_3) เพิ่มขึ้นเป็น 0.003 เทียบกับเวลา (วัน) 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในประเทศไทย โรคมะเร็งตับ (Liver Cancer) เป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยในคนไทย มะเร็งชนิดนี้มีความรุนแรงและรักษายาก จึงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย จะพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ซึ่งมะเร็งตับในประเทศไทยหลักๆจะมี 2 ชนิด ก็คือ มะเร็งเซลล์ตับ (Hepatocellular carcinoma : HCC) และ มะเร็งท่อน้ำดีในตับ (Cholangiocarcinoma : CCA) สำหรับมะเร็งเซลล์ตับ มีปัจจัยความเสี่ยงสำคัญมาจาก ไวรัสตับอักเสบบี และ ไวรัสตับอักเสบซี และภาวะตับแข็ง ส่วนมะเร็งท่อน้ำดีในตับ มักจะพบในภาคเหนือและภาคอีสานของประเทศไทย เนื่องจากมีปัจจัยความเสี่ยงมาจากการรับประทานอาหารพวกปลาดิบ ซึ่งจะมีพยาธิใบไม้ในตับ ส่งผลให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งท่อน้ำดีในตับ โดยปกติโรคมะเร็งตับจะแบ่งเป็น 4 ระยะ โดยเริ่มจากระยะที่ 1 คือระยะเริ่มต้น และหากโรคมีการลุกลามมากขึ้น ระยะของโรคจะเพิ่มขึ้นเป็นระยะที่ 2 ถึง 4

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่ได้รวบรวมจากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2559 และจากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งตับตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 ถึง ปี พ.ศ.2560 มีอัตราการการเพิ่มขึ้นของผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการทำการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งตับขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการป้องกันโรค ลดจำนวนผู้ป่วยและใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการควบคู่กับสถิติการเกิดโรคของประเทศไทยทั่วภูมิภาคของโรคที่เฝ้าระวังของทางสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาลักษณะของโรคมะเร็งตับในประเทศไทย
2) เพื่อศึกษาอัตราการเพิ่มลดของจำนวนผู้ป่วยในแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามวิธีวินิจฉัย ตามการแพร่กระจาย ตามช่วงอายุ และตามระยะของโรคมะเร็งตับ
3) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับโรคมะเร็งตับในประเทศไทย
4) เพื่อใช้ความรู้และทฤษฎีทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับวิทยาการทางการแพทย์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตามระยะของโรคมะเร็งตับ โดยจะศึกษาโดยใช้แบบจำลองโรคระบาด (SIR Model) มาศึกษาพฤติกรรมของจุดสมดุลของแบบจำลอง โดยพิจารณาเสถียรภาพของจุดสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการ

1) หาหัวข้อปัญหาพิเศษ
2) ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาพิเศษ
3) ค้นคว้านิยาม ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง
4) ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
5) เก็บรวมรวมข้อมูลของโรคมะเร็งตับ
6) วิเคราะห์ข้อมูลสถิติของโรคมะเร็งตับ
7) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งตับ
8) วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยต่างๆ
9) ทดสอบและพัฒนาแบบจำลอง
10) จัดทำรูปเล่มรายงานที่สมบูรณ์
11) ตรวจสอบรูปเล่มรายงานปัญหาพิเศษ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นการสร้าง และเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
2) สามารถนำคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการศึกษา การวิจัย ทางด้านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้
3) สามารถนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ และการวิจัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ได้
4) เป็นแนวทางในการวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ดำเนินการ	ระยะเวลาการดำเนินงาน									
	ปี2561					ปี2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.
ก.การเตรียมการ										
1.หาหัวข้อปัญหาพิเศษ	←	→								
2.ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาพิเศษ	←	→								
3.ค้นคว้านิยาม ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง		←	→							
4.ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		←	→							
ข.การเก็บข้อมูล										
5.เก็บรวมรวมข้อมูลของโรคมะเร็งตับ			←	→						
6.วิเคราะห์ข้อมูลสถิติของโรคมะเร็งตับ			←	→						
ค.การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล										
7.สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคมะเร็งตับ				←	→					
8. วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยต่างๆ					←	→				
9.ทดสอบและพัฒนาแบบจำลอง						←	→	←	→	
4.การเขียนรายงาน										
10.จัดทำรูปเล่มรายงานที่สมบูรณ์									←	→
11.ตรวจสอบรูปเล่มรายงานปัญหาพิเศษ										← →

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

นิยาม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ค่าลักษณะเฉพาะ

นิยาม 2.1 ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ และ λ เป็นจำนวนจริง เรียกว่า ค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ของ A ก็ต่อเมื่อ มีเวกเตอร์แนวตั้ง X ใน R^n ที่ไม่เป็นศูนย์ ซึ่งทำให้

$$AX = \lambda X$$

เวกเตอร์ X เรียกว่า เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ของ A ที่สมนัยกับ λ ค่าลักษณะเฉพาะ อาจใช้คำว่า characteristic value และเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ อาจใช้คำว่า characteristic vectors จากสมการ

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

เมื่อ I เป็นเมทริกซ์เอกลักษณะ $n \times n$ เนื่องจาก $X \neq 0$ นั่นคือ X จะเป็นเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของ A

2.2 พหุนามลักษณะเฉพาะ

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

$$C_A(X) = \det(xI - A)$$

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

$$C_A(X) = \det(\lambda I - A) = 0$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จาโคเบียนเมทริกซ์

นิยาม 2.3 ให้ $x=[x_1x_2x_3,...,x_n]^T$ และ $f(x)$ เป็นฟังก์ชันเวกเตอร์ของ x โดยที่ $f(x)=[f_1(x),f_2(x),f_3(x),...,f_m(x)]^T$ ดังนั้น อนุพันธ์ของ $f(x)$ เทียบกับ x จะเรียกว่า จาโคเบียนเมทริกซ์ (Jacobian matrix) หรือ จาโคเบียนของ $f(x)$ นิยามโดย

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

2.4 จุดสมดุล

การหาจุดสมดุลดำเนินการโดยจัดสมการเชิงอนุพันธ์ไม่เชิงเส้น ของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้เท่ากับศูนย์

นิยาม 2.4 จุด $X_e=\mathbb{R}^n$ เป็นจุดสมดุล (Equilibrium Point) ของ

$$\frac{dX}{dt}=f(t,X)$$

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

นิยาม 2.5 ความเสถียรของจุดสมดุล (Stable of equilibrium point) เป็นการหาค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) เพื่ออธิบายคำตอบของสมการเกี่ยวกับค่าความสมดุลสำหรับตรวจสอบว่าเป็น Local Asymptotically Stable พิจารณาจาก ค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) ที่ได้จากการหา $\det(\lambda I-J_f)=0$ ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นการใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบายระบบ รวมถึงเป็นการสร้างหรือออกแบบเพื่อที่จะได้ศึกษาสิ่งที่เราสนใจในระบบหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ซึ่งการสร้างหรือการออกแบบจะต้องอาศัยการประกอบกันของ การจำลองแบบปัญหา, สัญลักษณ์, กราฟต่างๆ และสิ่งที่ได้จากผลการทดลอง ซึ่งแบบจำลองทางคณิศาสตร์ได้ถูกใช้ในสายงาน วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และ เศรษฐศาสตร์

แบบจำลองทางคณิศาสตร์ยังถูกนิยามว่าเป็นการแสดงผลของส่วนสำคัญของระบบที่มีอยู่หรือระบบที่กำลังจะถูกสร้าง เพื่อแสดงความรู้ของระบบในรูปแบบที่สามรถนำมาใช้งานได้ ทั้งนี้แบบจำลองทางคณิศาสตร์ได้ถูกใช้ในสายงาน วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์

2.6 การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ

การสร้างแบบจำลองสำหรับโรคติดเชื้อ มีหลายรูปแบบดังนี้

2.6.1) แบบจำลอง SIR

2.6.2) แบบจำลอง $SIRS$

2.6.3) แบบจำลอง $SIRS$ (โดยคำนึงถึงอัตราการเกิดและอัตราการตาย)

2.6.4) แบบจำลอง SIS

ให้ $N =$ จำนวนประชากรทั้งหมด

$S =$ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากร

$I =$ จำนวนของผู้ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้ของประชากร

$R =$ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ของประชากร

โดย β, ν, γ เป็นค่าคงที่ ดังนี้

$\beta =$ อัตราของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อของประชากรแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ติดเชื้อ (ที่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

$\nu =$ อัตราของผู้ติดเชื้อ (ที่สามารถถ่ายทอดเชื้อได้) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ฟื้นไข้

$\gamma =$ อัตราของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

$\delta =$ อัตราการตายของประชากร

$\alpha =$ อัตราการเกิดของประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ βSI คือ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

νI คือ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

γR คือ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

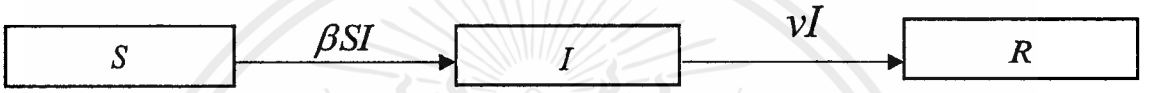
δS คือ จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

SI คือ จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามาถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

δR คือ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิต

αN คือ จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

2.6.1) แบบจำลอง *SIR*



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

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

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

อธิบายรายละเอียดของโมเดลนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= - จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

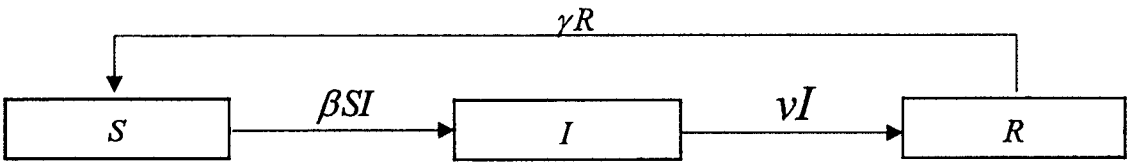
- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

= + จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2) แบบจำลอง *SIRS*



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

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

$$\frac{dR}{dt} = \nu I - \gamma R$$

อธิบายรายละเอียดของโมเดลนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= - จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

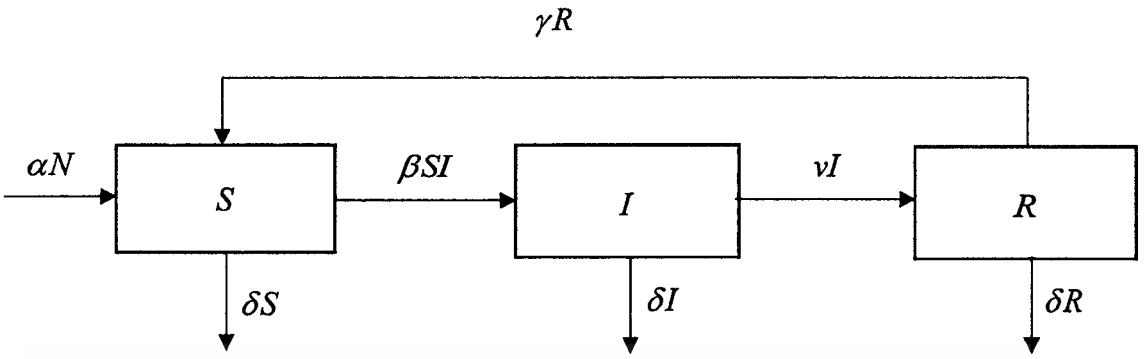
อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

= + จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3) แบบจำลอง *SIRS* (โดยคำนึงถึงอัตราการเกิดและอัตราการตาย)



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

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

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

อธิบายรายละเอียดของโมเดลนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามาถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ฟื้นไข้

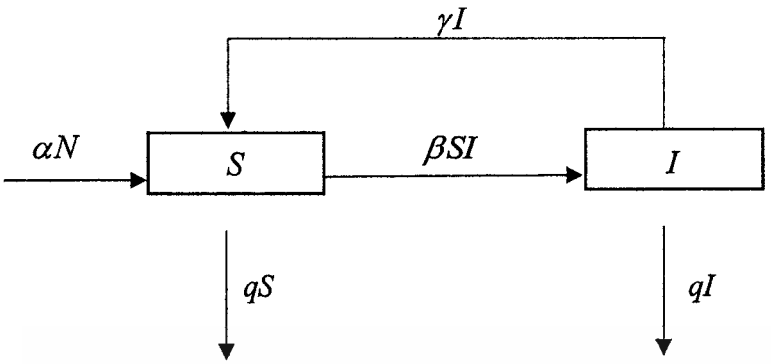
= + จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่พักฟื้นไข้

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้ที่เสียชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4) แบบจำลอง *SIS*



นำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

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

อธิบายรายละเอียดของโมเดลนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

= + จำนวนของผู้ที่เกิดใหม่

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

+ จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

- จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่เสียชีวิต

อัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ติดเชื้อ (และสามารถถ่ายทอดเชื้อได้)

= + จำนวนของผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อแล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่ติดเชื้อและสามารถถ่ายทอดเชื้อได้

- จำนวนของผู้ที่ติดเชื้อและสามาถถ่ายทอดเชื้อได้ที่เสียชีวิต

- จำนวนของผู้ที่ฟื้นไข้แล้วเปลี่ยนไปเป็นผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โรคมะเร็งตับ

เป็นโรคมะเร็งที่พบได้มากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของโรคมะเร็งที่เกิดในผู้ชายไทย และพบมากเป็นอันดับ 4 ของผู้ป่วยมะเร็งรวมทั้ง 2 เพศ มักพบในคนอายุ 30-70 ปี และพบได้ในผู้ชายมากกว่าผู้หญิงประมาณ 2-3 เท่า โรคนี้จัดเป็นโรครุนแรงมาก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้มากที่สุดโรคหนึ่ง เพราะโรคมะเร็งตับในระยะแรกมักไม่ค่อยแสดงอาการ ซึ่งผู้ป่วยกว่าจะได้รับการวินิจฉัยครั้งแรกก็มักจะอยู่ในระยะท้ายของโรคซึ่งไม่มีทางรักษาให้หายได้แล้ว

2.7.1 ชนิดของโรคมะเร็งตับ

มะเร็งตับสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือมะเร็งตับที่เกิดจากเนื้อเยื่อของตับเอง เรียกว่า มะเร็งเซลล์ตับปฐมภูมิ (Primary liver cancer) และมะเร็งตับที่เกิดจากการแพร่กระจายมาจากอวัยวะอื่น เรียกว่า มะเร็งเซลล์ตับทุติยภูมิ (Secondary liver cancer) โดยโรคมะเร็งตับที่เกิดจากเนื้อเยื่อของตับเอง เช่น มะเร็งเซลล์ตับ (Hepatocellular carcinoma : HCC) และ มะเร็งท่อน้ำดี (Cholangiocarcinoma : CCA) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มะเร็งตับที่เกิดขึ้นจะเป็น มะเร็งเซลล์ตับ มะเร็งเซลล์ตับและมะเร็งท่อน้ำดีในตับ มีลักษณะดังนี้

1) มะเร็งท่อน้ำดีในตับ (Cholangiocarcinoma : CCA) หมายถึง มะเร็งที่เกิดจากเซลล์ที่บุภายในท่อน้ำดีส่วนที่อยู่ภายในตับ (Biliary tree) ซึ่งพบร่วมกับโรคพยาธิใบไม้ตับ เป็นชนิดที่พบได้มากรองลงมา คือ ประมาณ 13% ของมะเร็งตับ ในประเทศไทยพบโรคมะเร็งท่อน้ำดีได้มากทางภาคอีสาน โดยจะพบในผู้ชายบ่อยกว่าผู้หญิงเล็กน้อย และมักพบในผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 50-60 ปี คนทางภาคอีสานจะคุ้นเคยกับโรคนี้อันเป็นภาวะแทรกซ้อนของโรคพยาธิใบไม้ตับเป็นอย่างดี และเนื่องจากผู้ป่วยจะมีอาการตับโตเป็นสำคัญ จึงนิยมเรียกโรคนี้ในอีกชื่อหนึ่งว่า “โรคตับโต”

2) มะเร็งท่อน้ำดีในตับ (Cholangiocarcinoma : CCA) หมายถึง มะเร็งที่เกิดจากเซลล์ที่บุภายในท่อน้ำดีส่วนที่อยู่ภายในตับ (Biliary tree) ซึ่งพบร่วมกับโรคพยาธิใบไม้ตับ เป็นชนิดที่พบได้มากรองลงมา คือ ประมาณ 13% ของมะเร็งตับ ในประเทศไทยพบโรคมะเร็งท่อน้ำดีได้มากทางภาคอีสาน โดยจะพบในผู้ชายบ่อยกว่าผู้หญิงเล็กน้อย และมักพบในผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 50-60 ปี คนทางภาคอีสานจะคุ้นเคยกับโรคนี้อันเป็นภาวะแทรกซ้อนของโรคพยาธิใบไม้ตับเป็นอย่างดี และเนื่องจากผู้ป่วยจะมีอาการตับโตเป็นสำคัญ จึงนิยมเรียกโรคนี้ในอีกชื่อหนึ่งว่า “โรคตับโต”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 สาเหตุของโรคมะเร็งตับ

1) มะเร็งเซลล์ตับ (HCC) พบว่าส่วนใหญ่มีสาเหตุสัมพันธ์กับผู้ที่ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบชนิดบีและซี (ชนิดบีพบได้บ่อยกว่า) , ผู้ป่วยตับแข็ง และผู้ที่ดื่มแอลกอฮอล์จัด นอกจากนี้ยังพบว่า สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งเป็นสารพิษที่มักพบปนเปื้อนอยู่ในถั่วลิสง (โดยเฉพาะถั่วลิสงบด) พริกแห้ง กระเทียม หัวหอม เต้าเจี้ยว ข้าวโพด ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ แหนม องุ่นแห้ง ปลาตากแห้ง มันสำปะหลัง ธัญพืชเปียกชื้นอื่น ๆ เป็นต้น ก็เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคมะเร็งชนิดนี้ด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเป็นการเสริมให้เกิดมะเร็งเซลล์ตับในผู้ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี
2) มะเร็งท่อน้ำดีในตับ (CCA) พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับแบบเรื้อรัง โดยเกิดจากพยาธิใบไม้ตับ (Opisthorchis viverrini) ซึ่งเป็นพยาธิที่มีอยู่ในปลาน้ำจืดตามหนองบึง เมื่อคนกินปลาแบบดิบ ๆ หรือปลาดิบ ๆ สุก ๆ ที่มีพยาธิชนิดนี้เข้าไป ตัวอ่อนของพยาธิก็จะเข้าไปเจริญเติบโตและอาศัยอยู่ที่ท่อน้ำดีในตับอย่างถาวร (สามารถอยู่ได้นานถึง 25 ปี) หากปล่อยไว้ไม่รักษาก็จะทำให้เกิดการอักเสบและความผิดปกติของตับ เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นเซลล์ท่อน้ำดีก็จะกลายพันธุ์เป็นมะเร็งท่อน้ำดีในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การได้รับสารไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเป็นสารพิษที่พบได้ในอาหารจำพวกโปรตีนหมัก (เช่น ปลาร้า ปลาส้ม หมูส้ม แหนม เป็นต้น) อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ที่ผสมดินประสิว (เช่น ไส้กรอก กุนเชียง เนื้อเค็ม ปลาเค็ม เป็นต้น) และอาหารรมควัน (เช่น ไส้กรอกรมควัน ปลารมควัน) ก็เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดมะเร็งชนิดนี้ได้ด้วย

2.7.3 อาการของโรคมะเร็งตับ

ผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งตับในระยะแรกมักไม่ค่อยแสดงอาการเพราะตับยังคงทำงานได้เกือบปกติ แต่เมื่อก้อนมะเร็งลุกลามมากขึ้นถึงขั้นแสดงอาการจึงจะสังเกตได้ดังนี้

1) น้ำหนักลดลงโดยไม่ทราบสาเหตุ
2) เบื่ออาหาร รู้สึกอิ่มแม้รับประทานไปเพียงเล็กน้อย
3) คลื่นไส้ อาเจียน
4) เจ็บช่องท้องส่วนบน โดยมักจะปวดบริเวณด้านขวา
5) ท้องบวมขึ้น หายใจลำบาก
6) อาจคลำพบก้อนที่ชายโครงด้านซ้ายเนื่องจากม้ามโต
7) ผิวหนังและตาเหลือง (ดีซ่าน)
8) อุจจาระอาจมีสีซีดลง
9) อ่อนแรงและเหนื่อยล้า
10) มีอาการคัน
11) เป็นไข้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ระยะของโรคมะเร็งตับ

ระยะที่ 1 โรคยังไม่ลุกลาม

คือ ก้อนเนื้อมะเร็งมีขนาดเล็ก ยังไม่ลุกลามเข้าหลอดเลือดในตับ และมีเพียงก้อนเนื้อเดียว

ระยะที่ 2 โรคได้มีการลุกลามออกไปเล็กน้อย

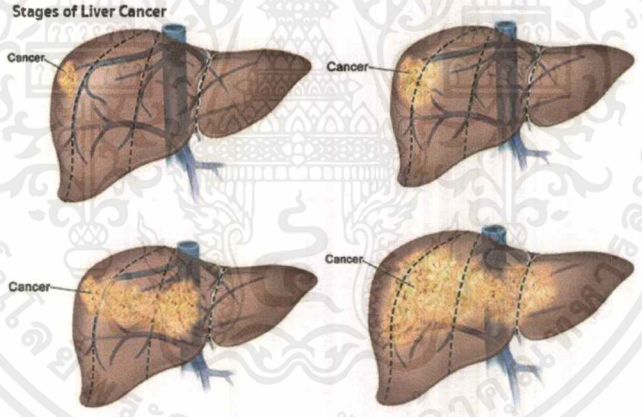
คือ มีการลุกลามของก้อนเนื้อเข้าหลอดเลือดในตับ และมีก้อนเนื้อหลายก้อน แต่ยังเป็นก้อนเล็กๆขนาดไม่เกิน 5 ซม.

ระยะที่ 3 โรคได้ลุกลามออกไปมาก

คือ ก้อนเนื้อมะเร็งโตมาก มีหลายก้อน แต่ละก้อนโตมากกว่า 5 ซม. จัดเป็น “ระยะ 3A” และมีการลุกลามเข้าสู่เนื้อเยื่อข้างเคียงตับ ถ้าเข้าสู่หลอดเลือดดำใหญ่ในท้อง จัดเป็น “ระยะ3B” และ หากลุกลามเข้าสู่เยื่อบุช่องท้อง จัดเป็น “ระยะ3C”

ระยะที่ 4 โรคได้มีการแพร่กระจายออกไปยังส่วนต่างๆแล้ว

คือ โรคมะเร็งลุกลามเข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองที่ติดกับตับ จัดเป็น “ระยะ4A” ถ้าหากแพร่กระจายทางกระแสเลือด ไปยังส่วนอื่นๆ เช่น สมอง กระดูก หรือแม้กระทั่งแพร่กระจายเข้าสู่ต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ไกลออกไปจากตับ เช่น ในช่องท้อง หรือ บริเวณไหปลาร้า จัดเป็น “ระยะ4B”



ที่มา:https://medthai.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%9A/

รูปที่ 2.1 แสดงระยะของโรคมะเร็งตับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

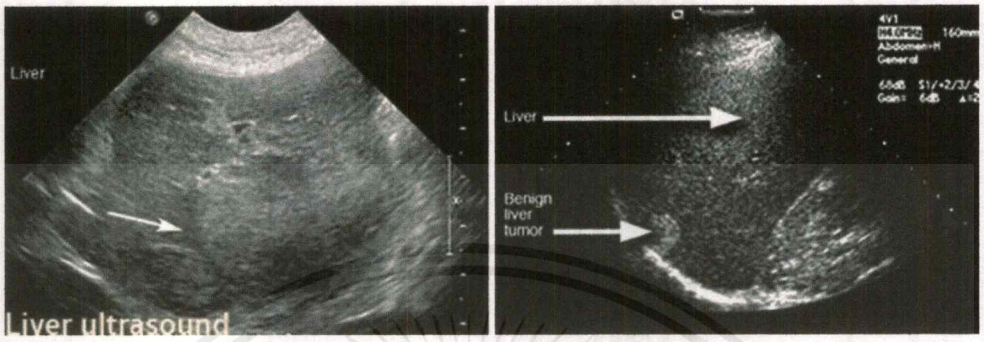
2.7.5 การวินิจฉัยโรคมะเร็งตับ

การตรวจหามะเร็งตับสามารถแบ่งออกได้ 2 กรณี คือ ในกรณีที่ผู้ป่วยยังไม่มีอาการใด ๆแต่อาจมีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งตับ เช่น ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบชนิดบีหรือซีเรื้อรัง เป็นโรคตับจากสาเหตุต่าง ๆ หรือมีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งตับ และอีกกรณีหนึ่งคือ เมื่อสงสัยว่ามีอาการจากโรคมะเร็งตับแล้ว คือ คลำได้ก้อนและตรวจพบค่าเลือดผิดปกติ

1) การวินิจฉัยโรคจะเริ่มจากการซักประวัติการเจ็บป่วยในอดีตและปัจจุบัน (ประวัติการดื่มสุรา การรับประทานอาหาร ถิ่นที่พักอาศัย) และการตรวจร่างกายและอาการที่แสดงของผู้ป่วย เช่น อาการอ่อนเพลีย รูปร่างผอม ปวดชายโครงขวา ตรวจพบตับโตผิดปกติ คือ คลำได้ก้อนแข็งผิวขรุขระที่บริเวณใต้ชายโครงขวา และอาจพบอาการท้องมาน เท้าบวม 2 ข้าง ดีซ่าน หรือไข้ต่ำ ๆ ส่วนในรายที่มีโรคตับแข็งร่วมด้วยมักตรวจพบฝ่ามือแดง จุดแดงรูปแมงมุมขึ้นที่หน้าอก เป็นต้น
2) ส่วนการตรวจวินิจฉัยผู้ที่ยังไม่มีอาการใด ๆ หรือการตรวจคัดกรอง (Screening) แพทย์มักใช้วิธีการตรวจอัลตราซาวนด์ (Ultrasound) ทางช่องท้องเพื่อตรวจดูตับเป็นหลัก ร่วมกับการเจาะเลือดตรวจดูระดับสารอัลฟาฟีโตโปรตีน (Alpha-fetoprotein : AFP) ซึ่งในผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งตับจะพบระดับของสารอัลฟาฟีโตโปรตีนในเลือดสูงกว่าปกติ (ในมะเร็งตับสูงได้ถึง 40%) โดยในการตรวจคัดกรองนี้แพทย์จะแนะนำให้ผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงตรวจคัดกรองทุก ๆ 6 เดือน
3) ส่วนการตรวจในกรณีที่สงสัยว่าเป็นมะเร็งตับแล้ว แพทย์มักจะใช้การตรวจเริ่มต้นด้วยการตรวจอัลตราซาวนด์ (Ultrasound) และตรวจเลือดดูระดับสารอัลฟาฟีโตโปรตีน (AFP) เหมือนกัน แต่จะมีการตรวจที่ละเอียดเพิ่มเติมด้วยการใช้เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT scan) หรือบางครั้งอาจใช้การตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI) ซึ่งจะให้รายละเอียดเพิ่มเติมได้อย่างชัดเจน เช่น บอกขนาด รูปร่าง จำนวน ปริมาณเลือดที่มาเลี้ยง การกัดกินของอวัยวะข้างเคียง การกินเข้าในหลอดเลือดดำ หรือกระจายไปยังอวัยวะอื่น ๆ ได้ (เช่น ปอด ต่อมน้ำเหลือง ต่อมหมวกไต กระดูก เป็นต้น) อย่างไรก็ตาม การตรวจที่แน่นอนและเชื่อถือได้ 100% คือ การตรวจชิ้นเนื้อตรงตำแหน่งก้อนเนื้อโดยตรง (Biopsy) เมื่อแพทย์มั่นใจแล้วว่าเป็นโรคมะเร็งตับก็อาจจะมีการตรวจอวัยวะอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีการกระจายไปยังอวัยวะสำคัญอื่น ๆ เช่น การเอกซเรย์ปอด และการสแกนกระดูก (Bone Scan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) นอกจากนี้ยังมีการตรวจวินิจฉัยด้วยวิธีการส่องกล้องตรวจ (Laparoscopy) เข้าไปในช่องท้องเพื่อดูว่ามะเร็งได้แพร่กระจายเข้าท้อง หรือใช้ในการวางแผนก่อนการผ่าตัด และการตรวจเอกซเรย์หลอดเลือด (Angiography) โดยการฉีดสีเข้าไปในเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงตับ เพื่อใช้ในการวางแผนการผ่าตัด เป็นต้น



ที่มา:https://medthai.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B9%8A/

รูปที่ 2.2 แสดงผลการตรวจวินิจฉัยด้วยวิธีการส่องกล้องตรวจ

2.7.6 วิธีรักษาโรคมะเร็งตับ

วิธีการที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งตับนี้จะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค ขนาดและลักษณะของก้อนมะเร็ง ระยะของโรคและการแพร่กระจายของมะเร็ง รวมไปถึงอายุและสุขภาพโดยรวมของผู้ป่วย

1) ถ้าพบเป็นมะเร็งตับระยะแรก เช่น การตรวจคัดกรองพบโรคนี้ในกลุ่มเสี่ยงที่ยังไม่มีอาการ แพทย์อาจให้การรักษาด้วยการผ่าตัดเอาก้อนมะเร็งออกหรือปลูกถ่ายตับ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีชีวิตอยู่ได้ยืนยาวหรือช่วยให้หายขาดได้
   1.1 การผ่าตัด (Surgical resection) เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับผู้ป่วยมะเร็งตับที่ไม่เป็นโรคตับแข็งร่วมด้วย และก้อนมะเร็งต้องมีขนาดไม่เกิน 2 cm. หรือมะเร็งอยู่เฉพาะที่ตับและไม่มีการกระจายออกไปนอกตับหรือลุกลามไปยังส่วนอื่นๆ โดยพบว่าหากมะเร็งเป็นก้อนเดี่ยวและการทำงานของตับยังดีอยู่ ผู้ป่วยจะมีโอกาสรอดชีวิตที่ 5 ปี ได้ถึง 60-70%
   1.2 การปลูกถ่ายตับ (Liver transplantation) เป็นทางเลือกหนึ่งของการรักษาโรคมะเร็งตับ ซึ่งจะเป็นการตัดตับเดิมออกทั้งหมด ลดโอกาศในการกลับมาเป็นของโรค ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยากและต้องอาศัยความชำนาญของแพทย์พอสมควร โดยวิธีการนี้จะเป็นทางเลือกแรกสำหรับผู้ป่วยที่มีก้อนมะเร็งเดี่ยวขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 5 เซนติเมตร หรือในผู้ป่วยที่มีก้อนมะเร็งขนาดเล็กหลายก้อน (ไม่เกิน 3 ก้อน และแต่ละก้อนมีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 3 cm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ถ้าตรวจพบมะเร็งตับระยะท้าย ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่ตรวจพบเมื่อแสดงอาการชัดเจนแล้ว มักจะไม่สามารถรักษาให้หายได้ และโดยเฉลี่ยผู้ป่วยมักจะเสียชีวิตภายใน 6-12 เดือน (แต่ถ้าผู้ป่วยได้รับการดูแลรักษาที่ดี ได้รับกำลังใจ ผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองได้ ก็อาจมีชีวิตที่มีคุณภาพ และอยู่ได้ยืนยาวหลายปี) ซึ่งการรักษานั้นจะมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อควบคุมอาการของผู้ป่วยให้ทรงตัวได้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งก็มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีและอาจต้องใช้ร่วมกันหลายวิธี เช่น

2.1 การรักษาแบบประคับประคองไปตามอาการ (Palliative care) เพื่อลดอันตรายและเพื่อให้มคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

2.2 การให้ยาเคมีบำบัด (Cancer chemotherapy) หรือที่นิยมเรียกกันว่า“ยาต้านมะเร็ง” หรือ “ยาคีโม” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เซลล์มะเร็งตายหรือหยุดยั้งการเจริญเติบโต แต่พบว่าผลการรักษาด้วยวิธีนี้ยังให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ เพราะผู้ป่วยมักมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 6 เดือน

2.3 การรักษามะเร็งด้วยเข็มความร้อน (Radiofrequency ablation – RFA) เป็นวิธีที่เหมาะกับก้อนมะเร็งตับที่มีขนาดเล็กกว่า 4-5 เซนติเมตร ที่ไม่สามารถรักษาได้ด้วยการผ่าตัด (อาจเพราะผู้ป่วยมีภาวะตับแข็งหรือภาวะตับอักเสบร่วมด้วย) หรืออาจใช้เป็นการรักษาร่วมกับการรักษาด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การฉายรังสี การให้ยาเคมีบำบัด เป็นต้น

2.4 การฉีดยาต้านมะเร็งและสารอุดตันเข้าหลอดเลือดแดงที่เข้าไปเลี้ยงก้อนมะเร็งให้ยุบลง (Chemoembolization) เป็นการรักษาแบบประคับประคอง ในผู้ป่วยมะเร็งตับที่ไม่สามารถผ่าตัดได้

2.5 การฉีดสารกัมมันตภาพรังสี (Selective internal radiation therapy – SIRT หรือ Radioembolization) เป็นการรักษาแบบใหม่ที่เหมาะกับมะเร็งตับ ที่มีการลุกลามเข้าไปในหลอดเลือดดำของตับ (แต่ตับยังพอใช้ได้อยู่)

2.6 การฉายรังสี หรือ รังสีรักษา (Radiation therapy) ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้เนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่ตอบสนองต่อการรักษา

2.7 การใช้ฮอร์โมนบำบัด (Hormone therapy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.7 วิธีป้องกันโรคมะเร็งตับ

1) ลดหรือหลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์จัด
2) หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) เช่น ถั่วลิสงบด ข้าวโพด หัวหอม พริกแห้ง กระเทียมที่มีราขึ้น
3) หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารไนโตรซามีน (Nitrosamine) เช่น อาหารจำพวกโปรตีนหมัก (เช่น ปลาร้า ปลาส้ม หมูส้ม แหนม เป็นต้น) อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ที่ผสมดินประสิว (เช่น ไส้กรอก กุนเชียง เนื้อเค็ม ปลาเค็ม เป็นต้น) และอาหารรมควัน (เช่น ปลารมควัน) แต่หากจะรับประทานควรทำให้สุกเสียก่อน เพราะสารนี้ถูกทำลายได้ด้วยความร้อน
4) ไม่รับประทานปลาน้ำจืดแบบดิบ ๆ และถ่ายอุจจาระลงในส้วมที่มิดชิด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ
5) ผู้ที่อยู่ในถิ่นระบาดของโรคพยาธิใบไม้ตับหรือเป็นผู้ที่นิยมรับประทานปลาน้ำจืดแบบดิบ ๆ ควรไปพบแพทย์เพื่อขอรับการตรวจอุจจาระเพื่อตรวจหาไข่ของพยาธิใบไม้ตับ ถ้าพบว่าเป็นโรคพยาธิใบไม้ตับ ควรรีบรักษาให้หายขาด ทั้งนี้เพื่อเป็นการรักษาโรคให้หายก่อนที่จะเกิดอาการของท่อน้ำดีอักเสบซึ่งอาจกลายเป็นโรคมะเร็งของเซลล์ท่อน้ำดีได้
6) ควรมีมาตรการในการป้องกันสารเคมีต่าง ๆ ทั้งในผู้บริโภคและคนงานมิให้ได้รับสารเคมีเหล่านี้ เช่น สารหนู สารไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) เป็นต้น
7) ควรฉีดวัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบบีตั้งแต่แรกเกิดให้แก่เด็กทุกราย รวมทั้งให้ความแก่ประชาชนถึงวิธีการติดต่อของไวรัสตับอักเสบบีและซี
8) รักษาสุขอนามัยพื้นฐานโดยการปฏิบัติตามหลักสุขบัญญัติแห่งชาติ 10 ประการ เพื่อให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรงและลดโอกาสการติดเชื้อโรคต่าง ๆ
9) รีบไปพบแพทย์เสมอเมื่อมีอาการผิดปกติดังกล่าว หรือเมื่อมีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งตับทั้ง 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศ.ดร.เจนส์ ริค ทำการวิจัย SORAMIC เพื่อรักษาโรคมะเร็งตับ (HCC) ซึ่งอยู่ในระยะลุกลามหรือแพร่กระจายไปนอกตับ สามารถรักษาได้ด้วยการผ่าตัดก้อนเนื้อร้าย หรือปลูกถ่ายตับเพื่อให้อยู่รอดได้นานขึ้น ซึ่งการรักษาด้วย Y-90 resin microspheres ตามด้วย sorafenib ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้ทำให้ร่างการเป็นพิษเพิ่ม

Michele Obeid , Ramzy C. Khabbaz , Kelly D. Garcia , Kyle M. Schachtschneider และRon C. Gaba ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโมเดลสัตว์สำหรับโรคมะเร็งตับ โมเดลสัตว์มีความสำคัญมากในการศึกษาเซลล์ตับ (HCC) การพัฒนาโมเดลสัตว์ในอุดมคติจะต้องเป็นรูปแบบที่สมบูรณ์ที่จะถอดแบบโรคทางพันธุกรรมของมนุษย์กายวิภาคทางสรีรวิทยา และทางพยาธิวิทยา บทสรุปภาพรวมของโมเดลสัตว์ที่มีอยู่ในปัจจุบันสำหรับโรคมะเร็งตับ โดยมุ่งเน้นเกี่ยวกับผลประโยชน์และข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้อง

Caviglia JM และ Schwabe RF ได้ทำการศึกษา Mouse models เกี่ยวกับโรคดมะเร็งตับ ปัญหาในการรักษา HCC เป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงในสภาะแวดล้อมของตับ แบบจำลองของ HCC ช่วยอธิบายบทบาทสภาพแวดล้อมของเนื้องอกและใช้เป็นแบบจำลองการศึกษา preclinical เนื่องจากไม่มีโมเดลสัตว์ตัวใดเหมาะที่จะศึกษาข้อมูลทั้งหมด นอกจากนี้ยังมี protocols สำหรับแบบจำลองที่เลือก HCC ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรมทางเคมี หรือโดยการปลูกถ่ายเซลล์มะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

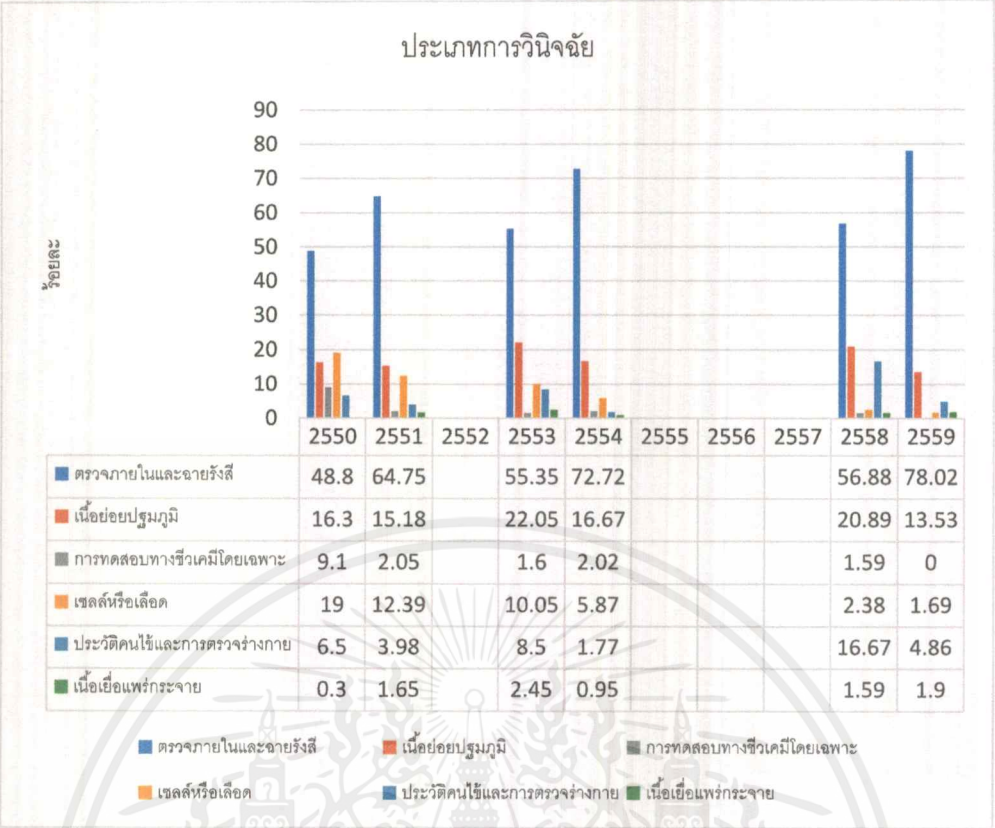
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยโรคมะเร็งตับของประชากรในประเทศไทยแต่ละปี ซึ่งแบ่งตามวิธีวินิจฉัย ตามการแพร่กระจาย ตามช่วงอายุ และตามระยะของโรคมะเร็งตับ ตั้งแต่ ปีพ.ศ.2550 – พ.ศ.2559 โดยนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบร้อยละของประชากรที่เป็นโรคมะเร็งตับ

3.1.1 แบ่งตามวิธีวินิจฉัย

1) ตรวจภายในและฉายรังสี (Endoscopy & Radiology)
2) เนื้อเยื่อปฐมภูมิ (Histology of Primary)
3) การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ (Specific Biochem/Immuno tests)
4) เซลล์หรือเลือด (Cytology or Hematology)
5) ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย (History & Physical examination)
6) เนื้อเยื่อแพร่กระจาย (Histology of Metastasis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ ปี 2552,2555,2556 และ 2557 ไม่ปรากฏข้อมูล
ที่มา: สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html)

รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามวิธีวินิจฉัย

- ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 258 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี 126 คน หรือร้อยละ 48.8 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 42 คน หรือร้อยละ 16.3 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 23 คน หรือร้อยละ 9.1 เซลล์หรือเลือด 49 คน หรือร้อยละ 19 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 17 คน หรือร้อยละ 6.5 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 1 คน หรือร้อยละ 0.3
- ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 180 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี 117 คน หรือร้อยละ 64.75 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 27 คน หรือร้อยละ 15.18 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 4 คน หรือร้อยละ 2.05 เซลล์หรือเลือด 22 คน หรือร้อยละ 12.39 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 7 คน หรือร้อยละ 3.98 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 3 คน หรือร้อยละ 1.65
- ปี 2552 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามวิธีวินิจฉัย

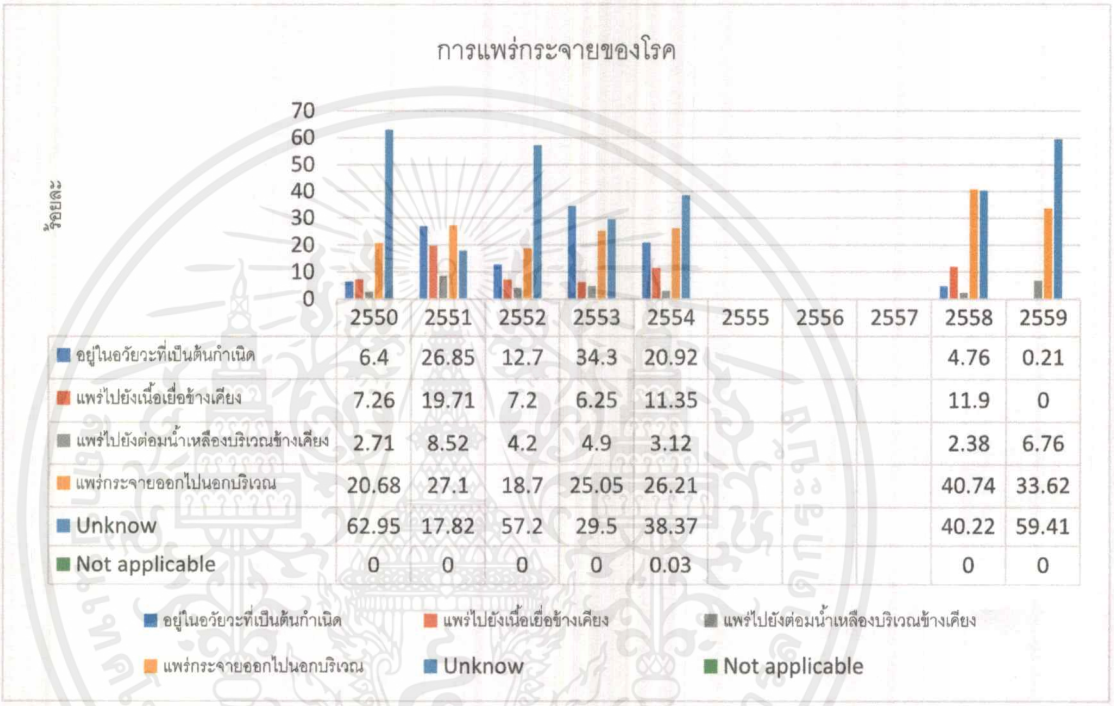
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 251 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี139 คน หรือร้อยละ 55.35 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 56 คน หรือร้อยละ 22.05 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 4 คน หรือร้อยละ 1.6 เซลล์หรือเลือด 25 คน หรือร้อยละ 10.05 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 21 คน หรือร้อยละ 8.5 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 6 คน หรือร้อยละ 2.45
- ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 276 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี 201 คน หรือร้อยละ 72.72 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 46 คน หรือร้อยละ 16.67 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 6 คน หรือร้อยละ 2.02 เซลล์หรือเลือด 16 คน หรือร้อยละ 5.87 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 5 คน หรือร้อยละ 1.77 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 2 คน หรือร้อยละ 0.95
- ปี 2555 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามวิธีวินิจฉัย
- ปี 2556 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามวิธีวินิจฉัย
- ปี 2557 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามวิธีวินิจฉัย
- ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 348 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี 215 คน หรือร้อยละ 56.88 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 79 คน หรือร้อยละ 20.89 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 6 คน หรือร้อยละ 1.59เซลล์หรือเลือด 9 คน หรือร้อยละ 2.38 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 63 คน หรือร้อยละ 16.67 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 6 คน หรือร้อยละ 1.59
- ปี 2559 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 471 คน แบ่งตามวิธีวินิจฉัย ดังนี้ ตรวจภายในและฉายรังสี 376 คน หรือร้อยละ 78.02 เนื้อเยื่อปฐมภูมิ 64 คน หรือร้อยละ 13.53 การทดสอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะ 0 คน หรือร้อยละ 0 เซลล์หรือเลือด 8 คน หรือร้อยละ 1.69 ประวัติคนไข้และการตรวจร่างกาย 23 คน หรือร้อยละ 4.86 เนื้อเยื่อแพร่กระจาย 9 คน หรือร้อยละ 1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แบ่งตามการแพร่กระจายของโรค

1) อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด (Localized)
2) แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง (Direct extension)
3) แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง (Regional lymph nodes)
4) แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ (Distance metastasis)
5) ไม่สามารถประเมินได้ (Unknown)
6) Not applicable



	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559
อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด	6.4	26.85	12.7	34.3	20.92				4.76	0.21
แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง	7.26	19.71	7.2	6.25	11.35				11.9	0
แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง	2.71	8.52	4.2	4.9	3.12				2.38	6.76
แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ	20.68	27.1	18.7	25.05	26.21				40.74	33.62
Unknow	62.95	17.82	57.2	29.5	38.37				40.22	59.41
Not applicable	0	0	0	0	0.03				0	0

หมายเหตุ ปี 2555,2556 และ 2557 ไม่ปรากฏข้อมูล

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

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามการแพร่กระจายของโรค

- ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 258 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 17 คน หรือร้อยละ 6.4 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 19 คน หรือร้อยละ 7.26 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 7 คน หรือร้อยละ 2.71 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 53 คน หรือร้อยละ 20.68 ไม่สามารถประเมินได้ 162 คน หรือร้อยละ 62.95 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0
- ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 180 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 48 คน หรือร้อยละ 26.85 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 36 คน หรือร้อยละ 19.71 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 15 คน หรือร้อยละ 8.52 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 49 คน หรือร้อยละ 27.1 ไม่สามารถประเมินได้ 32 คน หรือร้อยละ 17.82 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0

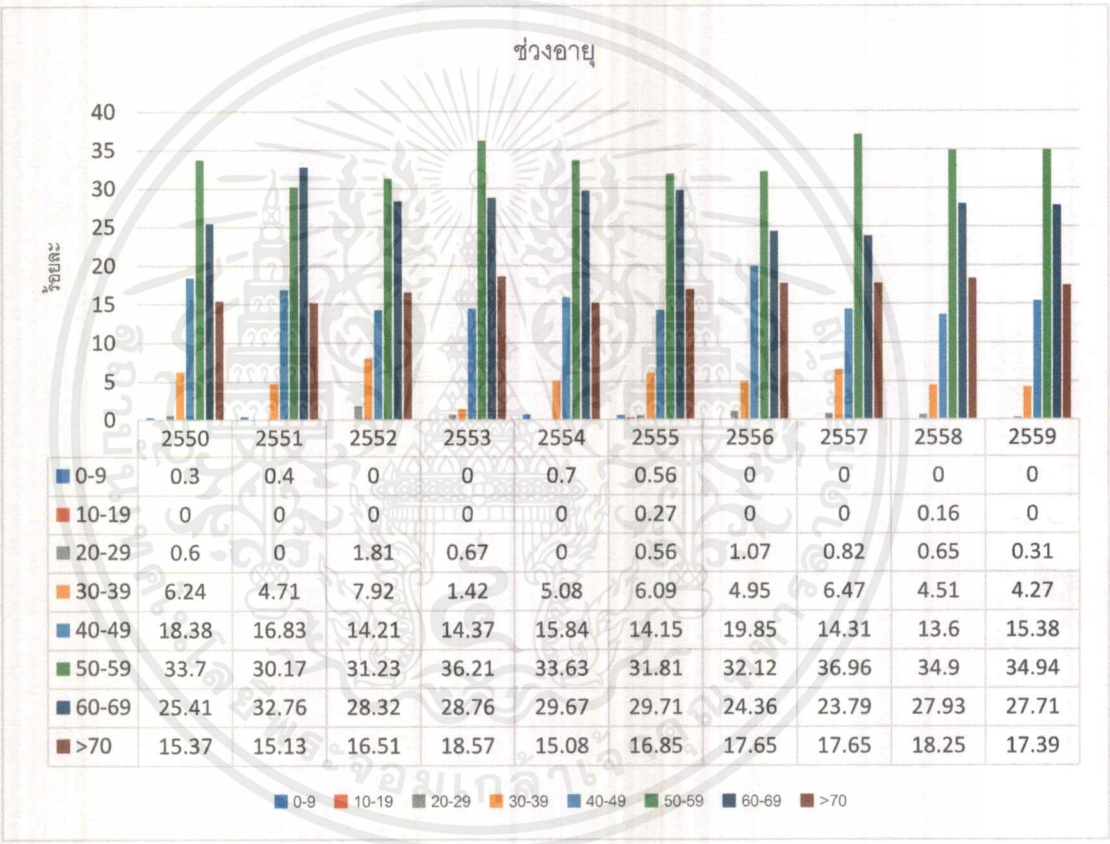
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 236 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 30 คน หรือร้อยละ 12.7 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 17 คน หรือร้อยละ 7.2 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 10 คน หรือร้อยละ 4.2 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 44 คน หรือร้อยละ 18.7 ไม่สามารถประเมินได้ 135 คน หรือร้อยละ 52.7 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0
- ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 251 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 86 คน หรือร้อยละ 34.3 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 16 คน หรือร้อยละ 6.25 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 12 คน หรือร้อยละ 4.9 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 63 คน หรือร้อยละ 25.05 ไม่สามารถประเมินได้ 74 คน หรือร้อยละ 29.5 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0
- ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 276 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 58 คน หรือร้อยละ 20.92 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 31 คน หรือร้อยละ 11.35 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 8 คน หรือร้อยละ 3.12 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 72 คน หรือร้อยละ 26.21 ไม่สามารถประเมินได้ 106 คน หรือร้อยละ 38.37 Not applicable 1 คน หรือร้อยละ 0.03
- ปี 2555 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามการแพร่กระจาย
- ปี 2556 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามการแพร่กระจาย
- ปี 2557 ไม่มีการบันทึกข้อมูลตามการแพร่กระจาย
- ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 378 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 18 คน หรือร้อยละ 4.76 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 45 คน หรือร้อยละ 11.9 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 9 คน หรือร้อยละ 2.38 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 154 คน หรือร้อยละ 40.74 ไม่สามารถประเมินได้ 152 คน หรือร้อยละ 40.22 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0
- ปี 2559 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 471 คน แบ่งตามการแพร่กระจาย ดังนี้ อยู่ในอวัยวะที่เป็นต้นกำเนิด 1 คน หรือร้อยละ 0.21 แพร่ไปยังเนื้อเยื่อข้างเคียง 0 คน หรือร้อยละ 0 แพร่ไปยังต่อมน้ำเหลืองบริเวณข้างเคียง 32 คน หรือร้อยละ 6.76 แพร่กระจายออกไปนอกบริเวณ 158 คน หรือร้อยละ 33.62 ไม่สามารถประเมินได้ 280 คน หรือร้อยละ 59.41 Not applicable 0 คน หรือร้อยละ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 แบ่งตามช่วงอายุของโรค

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) อายุ 70 ปีขึ้นไป



	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559
0-9	0.3	0.4	0	0	0.7	0.56	0	0	0	0
10-19	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0.16	0
20-29	0.6	0	1.81	0.67	0	0.56	1.07	0.82	0.65	0.31
30-39	6.24	4.71	7.92	1.42	5.08	6.09	4.95	6.47	4.51	4.27
40-49	18.38	16.83	14.21	14.37	15.84	14.15	19.85	14.31	13.6	15.38
50-59	33.7	30.17	31.23	36.21	33.63	31.81	32.12	36.96	34.9	34.94
60-69	25.41	32.76	28.32	28.76	29.67	29.71	24.36	23.79	27.93	27.71
>70	15.37	15.13	16.51	18.57	15.08	16.85	17.65	17.65	18.25	17.39

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

รูปที่ 3.3 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามช่วงอายุ

- ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 258 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 1 คน หรือร้อยละ 0.3 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.6 อายุ 30-39 ปี 16 คน หรือร้อยละ 6.24 อายุ 40-49 ปี 47 คน หรือร้อยละ 18.38 อายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50-59 ปี 87 คน หรือร้อยละ 33.7 อายุ 60-69 ปี 65 คน หรือร้อยละ 25.41 อายุ 70 ปีขึ้นไป 40 คน หรือร้อยละ 15.37

- ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 180 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 1 คน หรือร้อยละ 0.4 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 30-39 ปี 8 คน หรือร้อยละ 4.71 อายุ 40-49 ปี 30 คน หรือร้อยละ 16.83 อายุ 50-59 ปี 55 คน หรือร้อยละ 30.17 อายุ 60-69 ปี 59 คน หรือร้อยละ 32.76 อายุ 70 ปีขึ้นไป 27 คน หรือร้อยละ 15.13
- ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 236 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 4 คน หรือร้อยละ 1.81 อายุ 30-39 ปี 19 คน หรือร้อยละ 7.92 อายุ 40-49 ปี 33 คน หรือร้อยละ 14.21 อายุ 50-59 ปี 74 คน หรือร้อยละ 31.23 อายุ 60-69 ปี 67 คน หรือร้อยละ 28.32 อายุ 70 ปีขึ้นไป 39 คน หรือร้อยละ 16.51
- ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 251 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.67 อายุ 30-39 ปี 3 คน หรือร้อยละ 1.42 อายุ 40-49 ปี 36 คน หรือร้อยละ 14.37 อายุ 50-59 ปี 91 คน หรือร้อยละ 36.21 อายุ 60-69 ปี 72 คน หรือร้อยละ 28.76 อายุ 70 ปีขึ้นไป 47 คน หรือร้อยละ 18.57
- ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 276 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.7 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 30-39 ปี 14 คน หรือร้อยละ 5.08 อายุ 40-49 ปี 44 คน หรือร้อยละ 15.84 อายุ 50-59 ปี 93 คน หรือร้อยละ 33.63 อายุ 60-69 ปี 82 คน หรือร้อยละ 29.67 อายุ 70 ปีขึ้นไป 41 คน หรือร้อยละ 15.08
- ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 285 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.56 อายุ 10-19 ปี 1 คน หรือร้อยละ 0.27 อายุ 20-29 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.56 อายุ 30-39 ปี 17 คน หรือร้อยละ 6.09 อายุ 40-49 ปี 40 คน หรือร้อยละ 14.15 อายุ 50-59 ปี 90 คน หรือร้อยละ 31.81 อายุ 60-69 ปี 85 คน หรือร้อยละ 29.71 อายุ 70 ปีขึ้นไป 48 คน หรือร้อยละ 16.85
- ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 323 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 3 คน หรือร้อยละ 1.07 อายุ 30-39 ปี 16 คน หรือร้อยละ 4.95 อายุ 40-49 ปี 64 คน หรือร้อยละ 19.85 อายุ 50-59 ปี 104 คน หรือร้อยละ 32.12 อายุ 60-69 ปี 79 คน หรือร้อยละ 24.36 อายุ 70 ปีขึ้นไป 57 คน หรือร้อยละ 17.65

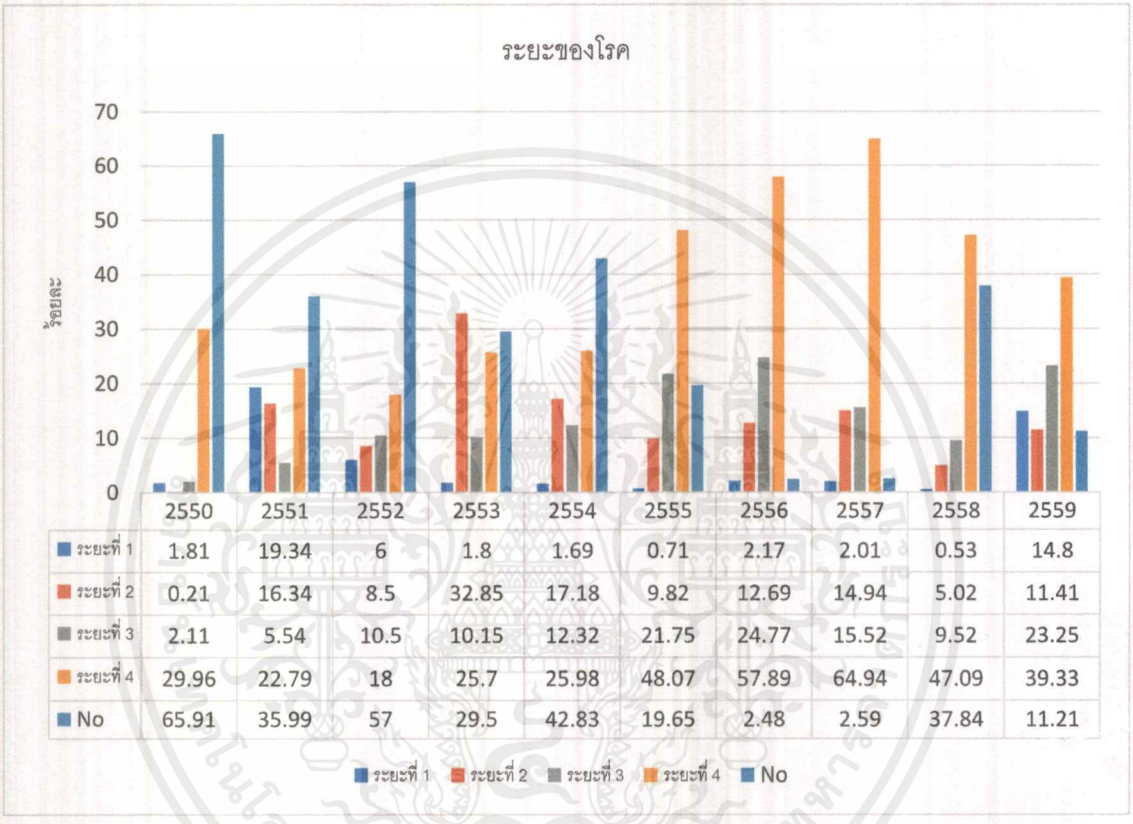
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 348 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 3 คน หรือร้อยละ 0.82 อายุ 30-39 ปี 22 คน หรือร้อยละ 6.47 อายุ 40-49 ปี 50 คน หรือร้อยละ 14.31 อายุ 50-59 ปี 129 คน หรือร้อยละ 36.96 อายุ 60-69 ปี 83 คน หรือร้อยละ 23.79 อายุ 70 ปีขึ้นไป 61 คน หรือร้อยละ 17.65
- ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 378 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 1 คน หรือร้อยละ 0.16 อายุ 20-29 ปี 2 คน หรือร้อยละ 0.65 อายุ 30-39 ปี 17 คน หรือร้อยละ 4.51 อายุ 40-49 ปี 51 คน หรือร้อยละ 13.6 อายุ 50-59 ปี 132 คน หรือร้อยละ 34.9 อายุ 60-69 ปี 106 คน หรือร้อยละ 27.93 อายุ 70 ปีขึ้นไป 69 คน หรือร้อยละ 18.25
- ปี 2559 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 471 คน แบ่งตามช่วงอายุ ดังนี้ อายุ 0-9 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 10-19 ปี 0 คน หรือร้อยละ 0 อายุ 20-29 ปี 1 คน หรือร้อยละ 0.31 อายุ 30-39 ปี 20 คน หรือร้อยละ 4.27 อายุ 40-49 ปี 72 คน หรือร้อยละ 15.38 อายุ 50-59 ปี 165 คน หรือร้อยละ 34.94 อายุ 60-69 ปี 131 คน หรือร้อยละ 27.71 อายุ 70 ปีขึ้นไป 82 คน หรือร้อยละ 17.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 แบ่งตามระยะของโรค

1) ระยะที่ 1 (Stage I)
2) ระยะที่ 2 (Stage II)
3) ระยะที่ 3 (Stage III)
4) ระยะที่ 4 (Stage IV)
5) ไม่สามารถประเมินระยะได้ (Unknown Stage)



	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559
ระยะที่ 1	1.81	19.34	6	1.8	1.69	0.71	2.17	2.01	0.53	14.8
ระยะที่ 2	0.21	16.34	8.5	32.85	17.18	9.82	12.69	14.94	5.02	11.41
ระยะที่ 3	2.11	5.54	10.5	10.15	12.32	21.75	24.77	15.52	9.52	23.25
ระยะที่ 4	29.96	22.79	18	25.7	25.98	48.07	57.89	64.94	47.09	39.33
No	65.91	35.99	57	29.5	42.83	19.65	2.48	2.59	37.84	11.21

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

รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนผู้ป่วยโรงมะเร็งตับแยกตามระยะของโรค

- ปี 2550 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 258 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 5 คน หรือร้อยละ 1.81 ระยะที่ 2 1 คน หรือร้อยละ 0.21 ระยะที่ 3 5 คน หรือร้อยละ 2.11 ระยะที่ 4 77 คน หรือร้อยละ 29.96 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 170 คน หรือร้อยละ 65.91
- ปี 2551 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 180 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 35 คน หรือร้อยละ 19.34 ระยะที่ 2 29 คน หรือร้อยละ 16.34 ระยะที่ 3 10 คน หรือร้อยละ 5.54 ระยะที่ 4 41 คน หรือร้อยละ 22.79 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 65 คน หรือร้อยละ 35.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปี 2552 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 236 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 14 คน หรือร้อยละ 6 ระยะที่ 2 20 คน หรือร้อยละ 8.5 ระยะที่ 3 25 คน หรือร้อยละ 10.5 ระยะที่ 4 42 คน หรือร้อยละ 18 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 135 คน หรือร้อยละ 57
- ปี 2553 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 251 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 5 คน หรือร้อยละ 1.8 ระยะที่ 2 82 คน หรือร้อยละ 32.85 ระยะที่ 3 25 คน หรือร้อยละ 10.15 ระยะที่ 4 65 คน หรือร้อยละ 25.7 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 74 คน หรือร้อยละ 29.5
- ปี 2554 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 276 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 5 คน หรือร้อยละ 1.69 ระยะที่ 2 47 คน หรือร้อยละ 17.18 ระยะที่ 3 34 คน หรือร้อยละ 12.32 ระยะที่ 4 72 คน หรือร้อยละ 25.98 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 118 คน หรือร้อยละ 42.83
- ปี 2555 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 285 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 2 คน หรือร้อยละ 0.71 ระยะที่ 2 28 คน หรือร้อยละ 9.82 ระยะที่ 3 62 คน หรือร้อยละ 21.75 ระยะที่ 4 137 คน หรือร้อยละ 48.07 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 56 คน หรือร้อยละ 19.65
- ปี 2556 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 323 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 7 คน หรือร้อยละ 2.17 ระยะที่ 2 41 คน หรือร้อยละ 12.69 ระยะที่ 3 80 คน หรือร้อยละ 24.77 ระยะที่ 4 187 คน หรือร้อยละ 57.89 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 8 คน หรือร้อยละ 2.48
- ปี 2557 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 348 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 7 คน หรือร้อยละ 2.01 ระยะที่ 2 52 คน หรือร้อยละ 14.94 ระยะที่ 3 54 คน หรือร้อยละ 15.52 ระยะที่ 4 226 คน หรือร้อยละ 64.94 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 9 คน หรือร้อยละ 2.59
- ปี 2558 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 378 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 2 คน หรือร้อยละ 0.53 ระยะที่ 2 19 คน หรือร้อยละ 5.02 ระยะที่ 3 36 คน หรือร้อยละ 9.52 ระยะที่ 4 178 คน หรือร้อยละ 47.09 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 143 คน หรือร้อยละ 37.84
- ปี 2559 จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งตับทั้งหมด 471 คน แบ่งตามระยะของโรค ดังนี้ ระยะที่ 1 70 คน หรือร้อยละ 14.8 ระยะที่ 2 54 คน หรือร้อยละ 11.41 ระยะที่ 3 109 คน หรือร้อยละ 23.25 ระยะที่ 4 185 คน หรือร้อยละ 39.33 ไม่สามารถประเมินระยะได้ 53 คน หรือร้อยละ 11.21

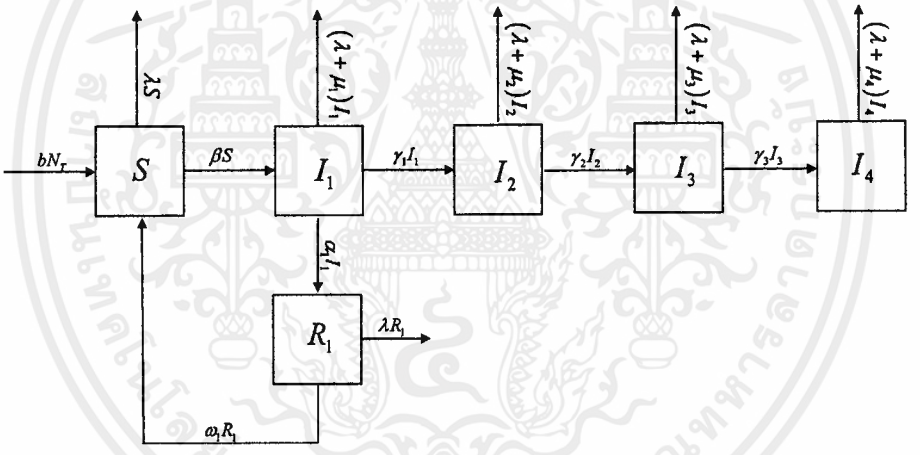
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

ในปัญหาพิเศษนี้ผู้จัดทำจะนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโรคมะเร็งตับ ซึ่งจำนวนประชากรมีขนาดไม่คงที่ เนื่องจากมีการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งตับของแต่ละกลุ่มประชากร โดยจะแบ่งประชากรออกเป็น 6 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ แทนด้วย S
2. กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 แทนด้วย I_1
3. กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่2 แทนด้วย I_2
4. กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่3 แทนด้วย I_3
5. กลุ่มประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่4 แทนด้วย I_4
6. กลุ่มประชากรที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 แทนด้วย R_1

สำหรับแบบจำลองโรคมะเร็งตับนี้ กำหนดให้กลุ่มประชากรที่เมื่อเป็นโรคมะเร็งตับในระยะที่1 สามารถรักษาหายป่วยจากโรคได้ ส่วนกลุ่มประชากรที่เป็นโรคมะเร็งตับในระยะ2 ระยะที่3 และระยะที่4 ไม่สามารถหายป่วยจากโรคนี้ได้ และเสียชีวิตในที่สุด มีแบบจำลองดังนี้



รูปที่ 3.5 แบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์แสดงตัวแปร (variable) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
S	จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ	คน
I_1	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	คน
I_2	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่2	คน
I_3	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่3	คน
I_4	จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่4	คน
R_1	จำนวนประชาการที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	คน
N_T	จำนวนประชากรทั้งหมด	คน

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์แสดงตัวแปรเสริม (parameters) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
b	อัตราการเกิดของประชากร	ต่อวันต่อคน
β	อัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ	ต่อวันต่อคน
λ	อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	ต่อวันต่อคน
μ_1	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่1	ต่อวันต่อคน
μ_2	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่2	ต่อวันต่อคน
μ_3	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่3	ต่อวันต่อคน
μ_4	อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่4	ต่อวันต่อคน
γ_1	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่1 ไประยะที่2	ต่อวันต่อคน
γ_2	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่2 ไประยะที่3	ต่อวันต่อคน
γ_3	อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่3 ไประยะที่4	ต่อวันต่อคน
α_1	อัตราการหายจากการเป็นโรคมะเร็งตับในระยะที่1 เมื่อได้รับการรักษา	ต่อวันต่อคน
ω_1	อัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	ต่อวันต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สมการคณิตศาสตร์จากแบบจำลองโรคมะเร็งตับ

จากแบบจำลอง สามารถเขียนสมการอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มได้ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = bN_T - \lambda S - \beta S + \omega_1 R_1 \tag{3.1}$$

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

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

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

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

$$\frac{dR_1}{dt} = \alpha_1 I_1 - (\lambda + \omega_1) R_1 \tag{3.6}$$

โดยที่ $N_T = S + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + R_1$

กำหนดให้ $\overline{S} = \frac{S}{N_T}, \overline{I_1} = \frac{I_1}{N_T}, \overline{I_2} = \frac{I_2}{N_T}, \overline{I_3} = \frac{I_3}{N_T}, \overline{I_4} = \frac{I_4}{N_T}$ และ $\overline{R_1} = \frac{R_1}{N_T}$

จากระบบสมการ $(3.1)-(3.6)$ สามารถเขียนใหม่ได้เป็นระบบสมการที่ (3.7) ดังนี้

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{d\overline{S}}{dt} = b - (\lambda + \beta)\overline{S} + \omega_1 \overline{R_1} \\ \frac{d\overline{I_1}}{dt} = \beta \overline{S} - (\lambda + \mu_1 + \gamma_1 + \alpha_1)\overline{I_1} \\ \frac{d\overline{I_2}}{dt} = \gamma_1 \overline{I_1} - (\lambda + \mu_2 + \gamma_2)\overline{I_2} \\ \frac{d\overline{I_3}}{dt} = \gamma_2 \overline{I_2} - (\lambda + \mu_3 + \gamma_3)\overline{I_3} \\ \frac{d\overline{I_4}}{dt} = \gamma_3 \overline{I_3} - (\lambda + \mu_4)\overline{I_4} \\ \frac{d\overline{R_1}}{dt} = \alpha_1 \overline{I_1} - (\lambda + \omega_1)\overline{R_1} \end{array}\right\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 จุดสมดุล

หาจุดสมดุลของระบบสมการ

ให้ $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ เป็นจุดสมดุลของระบบสมการ (3.7)

$$b-(\lambda+\beta)S^* + \omega_1 R_1^* = 0 \tag{3.8}$$

$$\beta S^* - (\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)I_1^* = 0 \tag{3.9}$$

$$\gamma_1 I_1^* - (\lambda+\mu_2+\gamma_2)I_2^* = 0 \tag{3.10}$$

$$\gamma_2 I_2^* - (\lambda+\mu_3+\gamma_3)I_3^* = 0 \tag{3.11}$$

$$\gamma_3 I_3^* - (\lambda+\mu_4)I_4^* = 0 \tag{3.12}$$

$$\alpha_1 I_1^* - (\lambda+\omega_1)R_1^* = 0 \tag{3.13}$$

จาก (3.13) จะได้ $I_1^* = \dfrac{(\lambda+\omega_1)R_1^*}{\alpha_1}$

แทนค่า I_1^* ที่หามาได้ลงใน (3.9) จะได้

$$\beta S^* - (\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)\left(\frac{(\lambda+\omega_1)R_1^*}{\alpha_1}\right) = 0 \tag{3.14}$$

คูณด้วย $\dfrac{\beta}{(\lambda+\beta)}$ ทั้งสองข้างของ (3.8) จะได้

$$\frac{\beta b}{(\lambda+\beta)} - \beta S^* + \frac{\beta\omega_1 R_1^*}{(\lambda+\beta)} = 0 \tag{3.15}$$

นำ (3.14) + (3.15) จะได้

$$\frac{\beta b}{(\lambda+\beta)} + \frac{\beta\omega_1 R_1^*}{(\lambda+\beta)} - (\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)\left(\frac{(\lambda+\omega_1)R_1^*}{\alpha_1}\right) = 0$$

$$\left[-\frac{\beta\omega_1}{(\lambda+\beta)} + (\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)\left(\frac{(\lambda+\omega_1)}{\alpha_1}\right)\right]R_1^* = \frac{\beta b}{(\lambda+\beta)}$$

$$\left[\frac{-\beta\alpha_1\omega_1 + (\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\beta)}{(\lambda+\beta)\alpha_1}\right]R_1^* = \frac{\beta b}{(\lambda+\beta)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_1^* = \frac{\beta b \alpha_1}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta\alpha_1\omega_1}$$

$$R_1^* = \frac{b\beta\alpha_1}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

แทนค่า R_1^* ที่หามาได้ลงใน (3.8) จะได้

$$b-(\lambda+\beta)S^*+\omega_1\left(\frac{b\beta\alpha_1}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)=0$$

$$(\lambda+\beta)S^* = b+\omega_1\left(\frac{b\beta\alpha_1}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)$$

$$S^* = \frac{b}{(\lambda+\beta)}+\left(\frac{b\beta\alpha_1\omega_1}{(\lambda+\beta)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)$$

$$S^* = \frac{b(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta(\omega_1\alpha_1)}$$

แทนค่า S^* ที่หามาได้ลงใน (3.9) จะได้

$$\beta\left(\frac{b(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta(\omega_1\alpha_1)}\right)-(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)I_1^*=0$$

$$I_1^* = \left(\frac{b\beta(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta(\omega_1\alpha_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)}\right)$$

$$I_1^* = \left(\frac{b\beta(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta(\omega_1\alpha_1)}\right)$$

$$I_1^* = \frac{b\beta(\lambda+\omega_1)}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

แทนค่า I_1^* ที่มาได้ลงใน (3.10) จะได้

$$\gamma_1\left(\frac{b\beta(\lambda+\omega_1)}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)-(\lambda+\mu_2+\gamma_2)I_2^*=0$$

$$I_2^* = \left(\frac{b\beta\gamma_1(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\mu_2+\gamma_2)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)$$

แทนค่า I_2^* ที่มาได้ลงใน (3.11) จะได้

$$\gamma_2\left(\frac{b\beta\gamma_1(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\mu_2+\gamma_2)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)-(\lambda+\mu_3+\gamma_3)I_3^*=0$$

$$I_3^* = \left(\frac{b\beta\gamma_1\gamma_2(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\mu_2+\gamma_2)(\lambda+\mu_3+\gamma_3)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า I_3^* ที่มาได้ลงใน (3.12) จะได้

$$\gamma_3\left(\frac{b\beta\gamma_1\gamma_2(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\mu_2+\gamma_2)(\lambda+\mu_3+\gamma_3)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}\right)-(\lambda+\mu_4)I_4^*=0$$

$$I_4^*=\frac{b\beta\gamma_1\gamma_2\gamma_3(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\mu_2+\gamma_2)(\lambda+\mu_3+\gamma_3)(\lambda+\mu_4)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

ดังนั้น จุดสมดุล (Equilibrium point) ของระบบสมการนี้มีเพียงจุดเดียวคือ

$$S^*=\frac{b(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)}{(\lambda+\beta)(\lambda+\omega_1)(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)-\beta(\omega_1\alpha_1)}$$

$$I_1^*=\frac{b\beta(\lambda+\omega_1)}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

$$I_2^*=\frac{b\beta\gamma_1(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\gamma_2+\mu_2)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

$$I_3^*=\frac{b\beta\gamma_1\gamma_2(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\gamma_2+\mu_2)(\lambda+\gamma_3+\mu_3)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

$$I_4^*=\frac{b\beta\gamma_1\gamma_2\gamma_3(\lambda+\omega_1)}{(\lambda+\gamma_2+\mu_2)(\lambda+\gamma_3+\mu_3)(\lambda+\mu_4)\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

$$R_1^*=\frac{b\beta\alpha_1}{\left(\beta\lambda^2+\lambda^3+\beta\lambda\alpha_1+\lambda^2\alpha_1+\beta\lambda\gamma_1+\lambda^2\gamma_1+\beta\lambda\mu_1+\lambda^2\mu_1+\beta\lambda\omega_1+\lambda^2\omega_1+\lambda\alpha_1\omega_1+\beta\gamma_1\omega_1+\lambda\gamma_1\omega_1+\beta\mu_1\omega_1+\lambda\mu_1\omega_1\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ความเสถียรภาพของจุดสมดุล

ความเสถียรภาพของจุดสมดุลสามารถพิจารณาค่าลักษณะเฉพาะของเมทริกซ์จาโคเบียนจากระบบสมการเชิงอนุพันธ์สามัญ (ordinary differential equations) ของสมการ (3.7) ดังนี้

$$\frac{d\overline{S}}{dt} = b - (\lambda + \beta)\overline{S} + \omega_1 \overline{R_1} \qquad = f_s$$

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

$$\frac{d\overline{I_2}}{dt} = \gamma_1 \overline{I_1} - (\lambda + \mu_2 + \gamma_2)\overline{I_2} \qquad = f_{I_2}$$

$$\frac{d\overline{I_3}}{dt} = \gamma_2 \overline{I_2} - (\lambda + \mu_3 + \gamma_3)\overline{I_3} \qquad = f_{I_3}$$

$$\frac{d\overline{I_4}}{dt} = \gamma_3 \overline{I_3} - (\lambda + \mu_4)\overline{I_4} \qquad = f_{I_4}$$

$$\frac{d\overline{R_1}}{dt} = \alpha_1 \overline{I_1} - (\lambda + \omega_1)\overline{R_1} \qquad = f_{R_1}$$

นำระบบสมการดังกล่าวทั้งหมดมาเขียนในรูปจาโคเบียนเมทริกซ์ โดยกำหนดจาโคเบียนเมทริกซ์ขนาด 6×6 คือ

$$J_f = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} & J_{14} & J_{15} & J_{16} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} & J_{24} & J_{25} & J_{26} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} & J_{34} & J_{35} & J_{36} \\ J_{41} & J_{42} & J_{43} & J_{44} & J_{45} & J_{46} \\ J_{51} & J_{52} & J_{53} & J_{54} & J_{55} & J_{56} \\ J_{61} & J_{62} & J_{63} & J_{64} & J_{65} & J_{66} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จุดสมดุล $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ โดยที่

แถวที่ 1 จะได้

$$J_{11} = \frac{\partial}{\partial s} f_S = -\left(\lambda + \beta\right)$$

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

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

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

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

$$J_{16} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_S = \omega_1$$

แถวที่ 2 จะได้

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

$$J_{22} = \frac{\partial}{\partial I_1} f_{I_1} = -\left(\lambda + \mu_1 + \gamma_1 + \alpha_1\right)$$

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวที่ 3 จะได้

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

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

$$J_{33} = \frac{\partial}{\partial I_2} f_{I_2} = -(\lambda + \mu_2 + \gamma_2)$$

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

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

$$J_{36} = \frac{\partial}{\partial R_1} f_{I2} = 0$$

แถวที่ 4 จะได้

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

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

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

$$J_{44} = \frac{\partial}{\partial I_3} f_{I_3} = -(\lambda + \mu_3 + \gamma_3)$$

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถวที่ 5 จะได้

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

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

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

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

$$J_{55} = \frac{\partial}{\partial I_4} f_{I_4} = -(\lambda + \mu_4)$$

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

แถวที่ 6 จะได้

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$J_f = \begin{bmatrix} -(\lambda+\beta) & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_1 \\ \beta & -(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & -(\lambda+\mu_2+\gamma_2) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_2 & -(\lambda+\mu_3+\gamma_3) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_3 & -(\lambda+\mu_4) & 0 \\ 0 & \alpha_1 & 0 & 0 & 0 & -(\lambda+\omega_1) \end{bmatrix}.$$

พิจารณาหาค่าลักษณะเฉพาะได้จากสมการลักษณะเฉพาะ

$$det\left(ZI_6 - J_f\right) = 0$$

เมื่อ I_6 คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ขนาด 6×6 หรือ $I_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

จะได้

$$ZI_6 - J_f = \begin{bmatrix} Z-(-(\lambda+\beta)) & 0 & 0 & 0 & 0 & -\omega_1 \\ -\beta & Z-(-(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_1 & Z-(-(\lambda+\mu_2+\gamma_2)) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_2 & Z-(-(\lambda+\mu_3+\gamma_3)) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma_3 & Z-(-(\lambda+\mu_4)) & 0 \\ 0 & -\alpha_1 & 0 & 0 & 0 & Z-(-(\lambda+\omega_1)) \end{bmatrix}$$

$$det\left(ZI_6 - J_f\right) = \begin{bmatrix} Z-(-(\lambda+\beta)) & 0 & 0 & 0 & 0 & -\omega_1 \\ -\beta & Z-(-(\lambda+\mu_1+\gamma_1+\alpha_1)) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_1 & Z-(-(\lambda+\mu_2+\gamma_2)) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma_2 & Z-(-(\lambda+\mu_3+\gamma_3)) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\gamma_3 & Z-(-(\lambda+\mu_4)) & 0 \\ 0 & -\alpha_1 & 0 & 0 & 0 & Z-(-(\lambda+\omega_1)) \end{bmatrix}$$

$$= 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

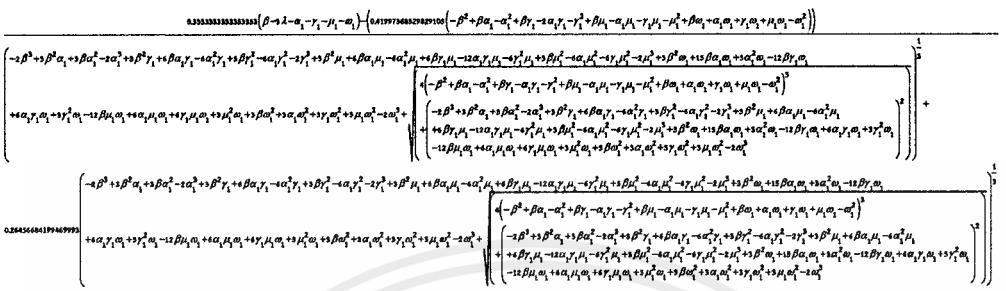
จุดสมดุล $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ จากการคำนวนค่าลักษณะ คือ

$$Z_1 = -\left(\lambda + \gamma_2 + \mu_2\right),$$

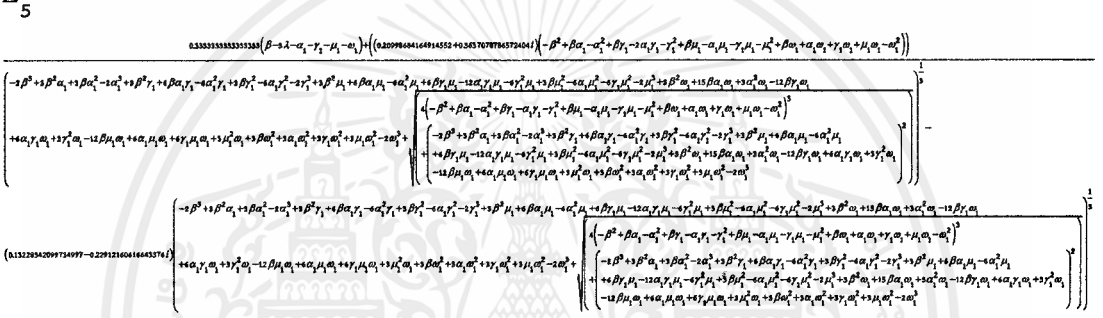
$$Z_2 = -\left(\lambda + \gamma_3 + \mu_3\right),$$

$$Z_3 = -\left(\lambda + \mu_4\right),$$

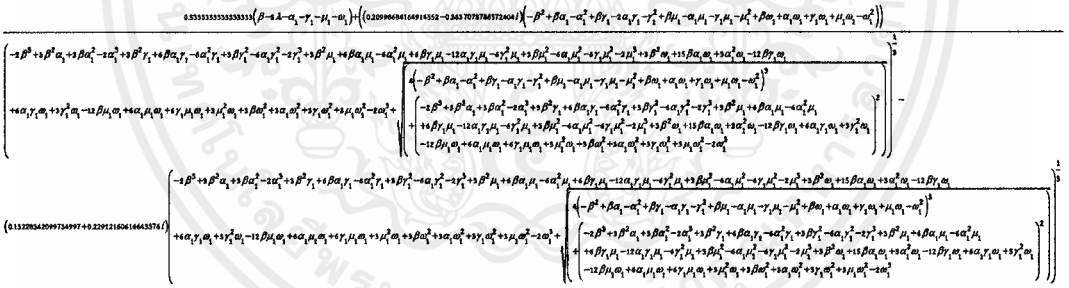
$$Z_4 =$$



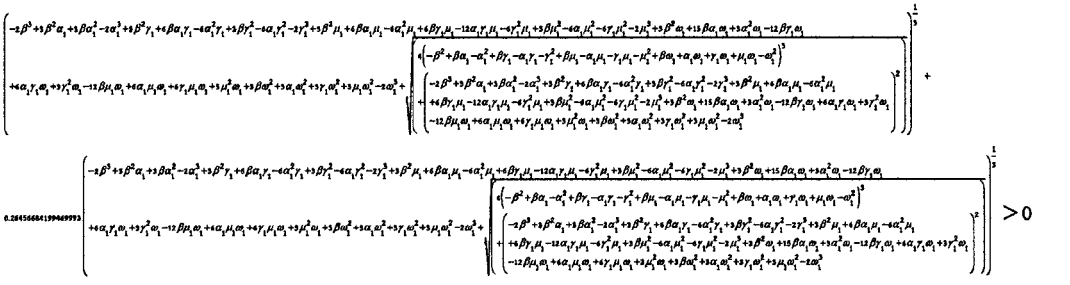
$$Z_5 =$$



$$Z_6 =$$



พบว่า Z_4 มีค่าเป็นลบก็ต่อเมื่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า Z_5 มีค่าเป็นลบก็ต่อเมื่อ

$$\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+4\beta\alpha_1\gamma_1-4\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-4\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+4\beta\alpha_1\mu_1-4\alpha_1^2\mu_1+6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-4\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1\\ +4\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1-12\beta\mu_1\omega_1+4\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3+\end{array}\right.$$
$$\left.\sqrt{\left(\begin{array}{l}4\left(-\beta^2+\beta\alpha_1-\alpha_1^2+\beta\gamma_1-\alpha_1\gamma_1-\gamma_1^2+\beta\mu_1-\alpha_1\mu_1-\gamma_1\mu_1-\mu_1^2+\beta\omega_1+\alpha_1\omega_1+\gamma_1\omega_1+\mu_1\omega_1-\omega_1^2\right)^3\\ +\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+6\beta\alpha_1\gamma_1-6\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-6\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+6\beta\alpha_1\mu_1-6\alpha_1^2\mu_1\\ +6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-6\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1+6\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1\\ -12\beta\mu_1\omega_1+6\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3\end{array}\right)^2\end{array}\right)}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\left(0.13228854209973499 7-0.22912160616645337 6i\right)\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+4\beta\alpha_1\gamma_1-4\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-4\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+4\beta\alpha_1\mu_1-4\alpha_1^2\mu_1+6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-4\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1\\ +4\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1-12\beta\mu_1\omega_1+4\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3+\end{array}\right.$$
$$\left.\sqrt{\left(\begin{array}{l}4\left(-\beta^2+\beta\alpha_1-\alpha_1^2+\beta\gamma_1-\alpha_1\gamma_1-\gamma_1^2+\beta\mu_1-\alpha_1\mu_1-\gamma_1\mu_1-\mu_1^2+\beta\omega_1+\alpha_1\omega_1+\gamma_1\omega_1+\mu_1\omega_1-\omega_1^2\right)^3\\ +\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+6\beta\alpha_1\gamma_1-6\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-6\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+6\beta\alpha_1\mu_1-6\alpha_1^2\mu_1\\ +6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-6\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1+6\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1\\ -12\beta\mu_1\omega_1+6\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3\end{array}\right)^2\end{array}\right)}\right)^{\frac{1}{3}}>0$$

พบว่า Z_6 มีค่าเป็นลบก็ต่อเมื่อ

$$\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+4\beta\alpha_1\gamma_1-4\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-4\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+4\beta\alpha_1\mu_1-4\alpha_1^2\mu_1+6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-4\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1\\ +4\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1-12\beta\mu_1\omega_1+4\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3+\end{array}\right.$$
$$\left.\sqrt{\left(\begin{array}{l}4\left(-\beta^2+\beta\alpha_1-\alpha_1^2+\beta\gamma_1-\alpha_1\gamma_1-\gamma_1^2+\beta\mu_1-\alpha_1\mu_1-\gamma_1\mu_1-\mu_1^2+\beta\omega_1+\alpha_1\omega_1+\gamma_1\omega_1+\mu_1\omega_1-\omega_1^2\right)^3\\ +\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+6\beta\alpha_1\gamma_1-6\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-6\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+6\beta\alpha_1\mu_1-6\alpha_1^2\mu_1\\ +6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-6\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1+6\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1\\ -12\beta\mu_1\omega_1+6\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3\end{array}\right)^2\end{array}\right)}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\left(0.13228854209973499 0.22912160616645337 6i\right)\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+4\beta\alpha_1\gamma_1-4\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-4\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+4\beta\alpha_1\mu_1-4\alpha_1^2\mu_1+6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-4\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1\\ +4\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1-12\beta\mu_1\omega_1+4\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3+\end{array}\right.$$
$$\left.\sqrt{\left(\begin{array}{l}4\left(-\beta^2+\beta\alpha_1-\alpha_1^2+\beta\gamma_1-\alpha_1\gamma_1-\gamma_1^2+\beta\mu_1-\alpha_1\mu_1-\gamma_1\mu_1-\mu_1^2+\beta\omega_1+\alpha_1\omega_1+\gamma_1\omega_1+\mu_1\omega_1-\omega_1^2\right)^3\\ +\left(\begin{array}{l}-2\beta^3+3\beta^2\alpha_1+3\beta\alpha_1^2-2\alpha_1^3+3\beta^2\gamma_1+6\beta\alpha_1\gamma_1-6\alpha_1^2\gamma_1+3\beta\gamma_1^2-6\alpha_1\gamma_1^2-3\gamma_1^3+3\beta^2\mu_1+6\beta\alpha_1\mu_1-6\alpha_1^2\mu_1\\ +6\beta\gamma_1\mu_1-12\alpha_1\gamma_1\mu_1-6\gamma_1^2\mu_1+3\beta\mu_1^2-6\alpha_1\mu_1^2-6\gamma_1\mu_1^2-2\mu_1^3+3\beta^2\omega_1+15\beta\alpha_1\omega_1+3\alpha_1^2\omega_1-12\beta\gamma_1\omega_1+6\alpha_1\gamma_1\omega_1+3\gamma_1^2\omega_1\\ -12\beta\mu_1\omega_1+6\alpha_1\mu_1\omega_1+6\gamma_1\mu_1\omega_1+3\mu_1^2\omega_1+3\beta\omega_1^2+3\alpha_1\omega_1^2+3\gamma_1\omega_1^2+3\mu_1\omega_1^2-2\omega_1^3\end{array}\right)^2\end{array}\right)}\right)^{\frac{1}{3}}>0$$

จากค่าลักษณะเฉพาะทั้งหมด คือ $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$ มีค่าเป็นลบ

แสดงว่า จุดสมดุลมีความเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขโดยการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดโรคมะเร็งในระยะต่างๆ มีค่าต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าตัวแปร (variables) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

ข้อความ	สัญลักษณ์	ค่าเริ่มต้น	หน่วย
จำนวนประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ	S	1080	คน
จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	I_1	150	คน
จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่2	I_2	370	คน
จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่3	I_3	400	คน
จำนวนประชากรที่ติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่4	I_4	900	คน
จำนวนประชาการที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	R_1	100	คน
จำนวนประชากร	N_T	3000	คน

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวเสริม (parameters) ต่างๆ ของแบบจำลองโรคมะเร็งตับในประเทศไทย

ข้อความ	สัญลักษณ์	ค่าเริ่มต้น	หน่วย
อัตราการเกิดของประชากร	b	$\frac{1}{365\times 74.237}$	คนต่อวัน
อัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ	β	$\frac{25.08333}{365}$	คนต่อวัน
อัตราการเสียชีวิตโดยธรรมชาติ	λ	$\frac{1}{365\times 74.229}$	คนต่อวัน
อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่1	μ_1	$\frac{69\times 5}{365\times 100}$	คนต่อวัน
อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่2	μ_2	$\frac{89\times 5}{365\times 100}$	คนต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่3	μ_3	$\frac{89\times5}{365\times100}$	คนต่อวัน
อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับในระยะที่4	μ_4	$\frac{97\times5}{365\times100}$	คนต่อวัน
อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่2	γ_1	0.001	คนต่อวัน
อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่3	γ_2	0.002	คนต่อวัน
อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่4	γ_3	0.003	คนต่อวัน
อัตราการหายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 เมื่อได้รับการรักษา	α_1	$\frac{31\times5}{365\times100}$	คนต่อวัน
อัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1	ω_1	$\frac{2.75}{365}$	คนต่อวัน

คำอธิบายค่าตัวแปรเสริมแบบจำลองในตารางที่4.2

b คือ อัตราการเกิดของประชากร คิดจากอายุเฉลี่ยของประชากรต่อคนในช่วงปีที่นำมาวิจัย

ดังนั้น จะได้ $b = \frac{1}{365\times74.237}$ /วัน

β คือ อัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ คิดจาก อัตราเฉลี่ยของประชากรที่เป็นโรคมะเร็งตับในช่วงปีที่นำมาวิจัย

ดังนั้น จะได้ $\beta = \frac{25.08333}{365}$ /วัน

λ คือ อัตราการเสียชีวิตของประชากร (เสียชีวิตโดยธรรมชาติ) คิดจาก อัตราการเสียชีวิตเฉลี่ยของประชากรต่อคนในช่วงปีที่นำมาวิจัย

ดังนั้น จะได้ $\lambda = \frac{1}{365\times74.229}$ /วัน

μ_1 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับระยะที่ 1 (การรอดชีวิตใน5ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 31% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 69%)

ดังนั้น จะได้ $\mu_1 = \frac{69\times5}{365\times100}$ /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μ_2 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับระยะที่ 2 (การรอดชีวิตใน5ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 11% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 89%)

ดังนั้น จะได้ $\mu_2 = \frac{89\times5}{365\times100}$ /วัน

μ_3 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับระยะที่ 3 (การรอดชีวิตใน5ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 11% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 89%)

ดังนั้น จะได้ $\mu_3 = \frac{89\times5}{365\times100}$ /วัน

μ_4 คือ อัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคมะเร็งตับระยะที่ 4 (การรอดชีวิตใน5ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 3% นั่นคือจะมีโอกาสเสียชีวิตประมาณ 97%)

ดังนั้น จะได้ $\mu_4 = \frac{97\times5}{365\times100}$ /วัน

γ_1 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_1 = 0.001$ /วัน

γ_2 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_2 = 0.002$ /วัน

γ_3 คือ อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า $\gamma_3 = 0.001$ /วัน

α_1 คือ อัตราการหายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 เมื่อได้รับการรักษา (การรอดชีวิตใน 5 ปีของผู้ป่วยหลังได้รับการรักษา โดยจะมีโอกาสรอดชีวิตประมาณ 31%)

ดังนั้น จะได้ว่า $\alpha_1 = \frac{31\times5}{365\times100}$ /วัน

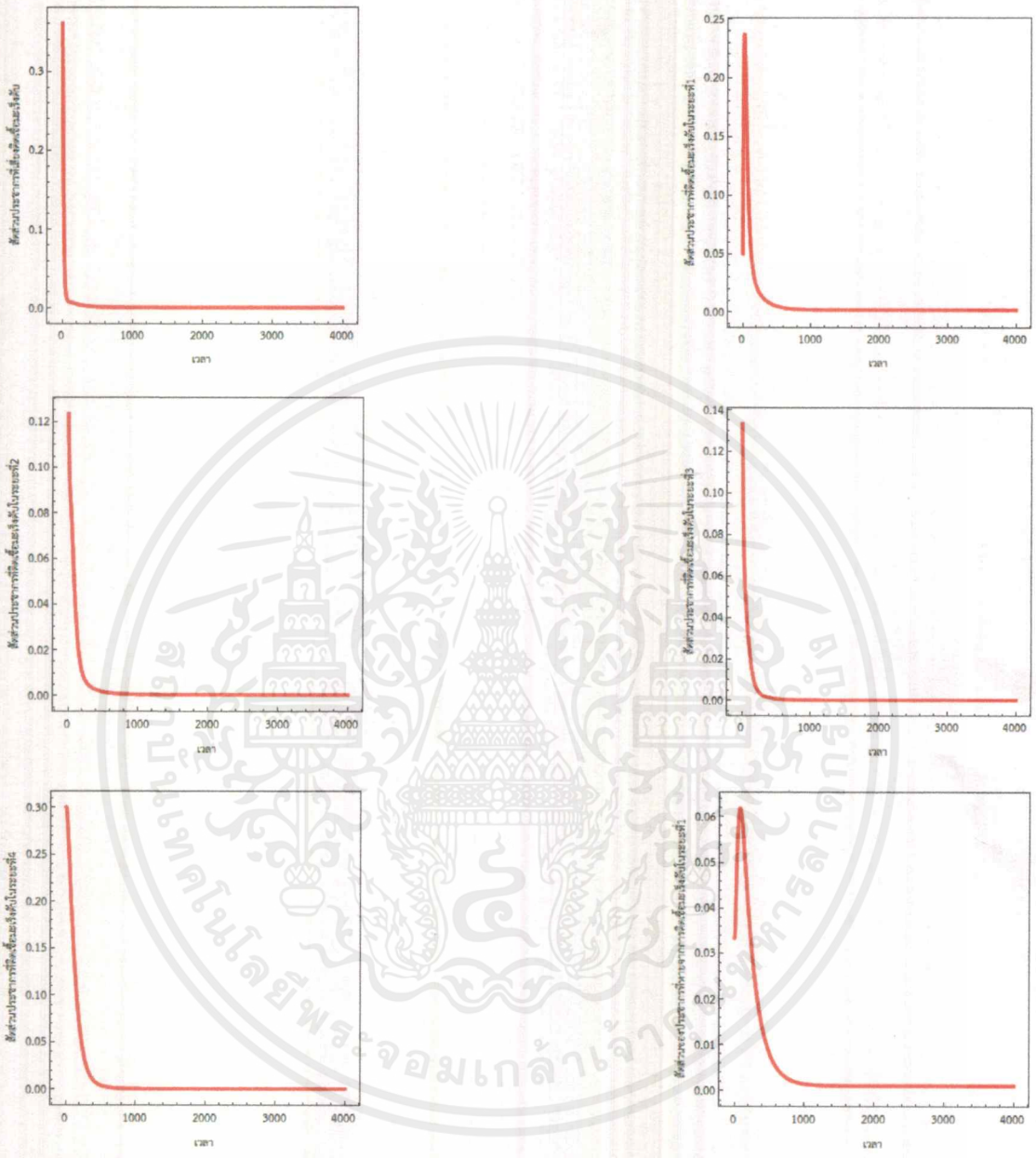
ω_1 คือ อัตราการกลับไปเป็นผู้เสี่ยงของผู้ป่วยระยะที่ 1 สมมติให้ประมาณ

ดังนั้น จะได้ว่า $\omega_1 = \frac{2.75}{365}$ /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Mathematica

จากการศึกษาเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวมาคำนวณแล้ว ทำให้ได้กราฟดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ (S) สัดส่วนประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 1 (I_1) สัดส่วนประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 2 (I_2) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 3 (I_3) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 4 (I_4) และประชากรที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะ1 (R_1) เทียบกับเวลา (วัน)

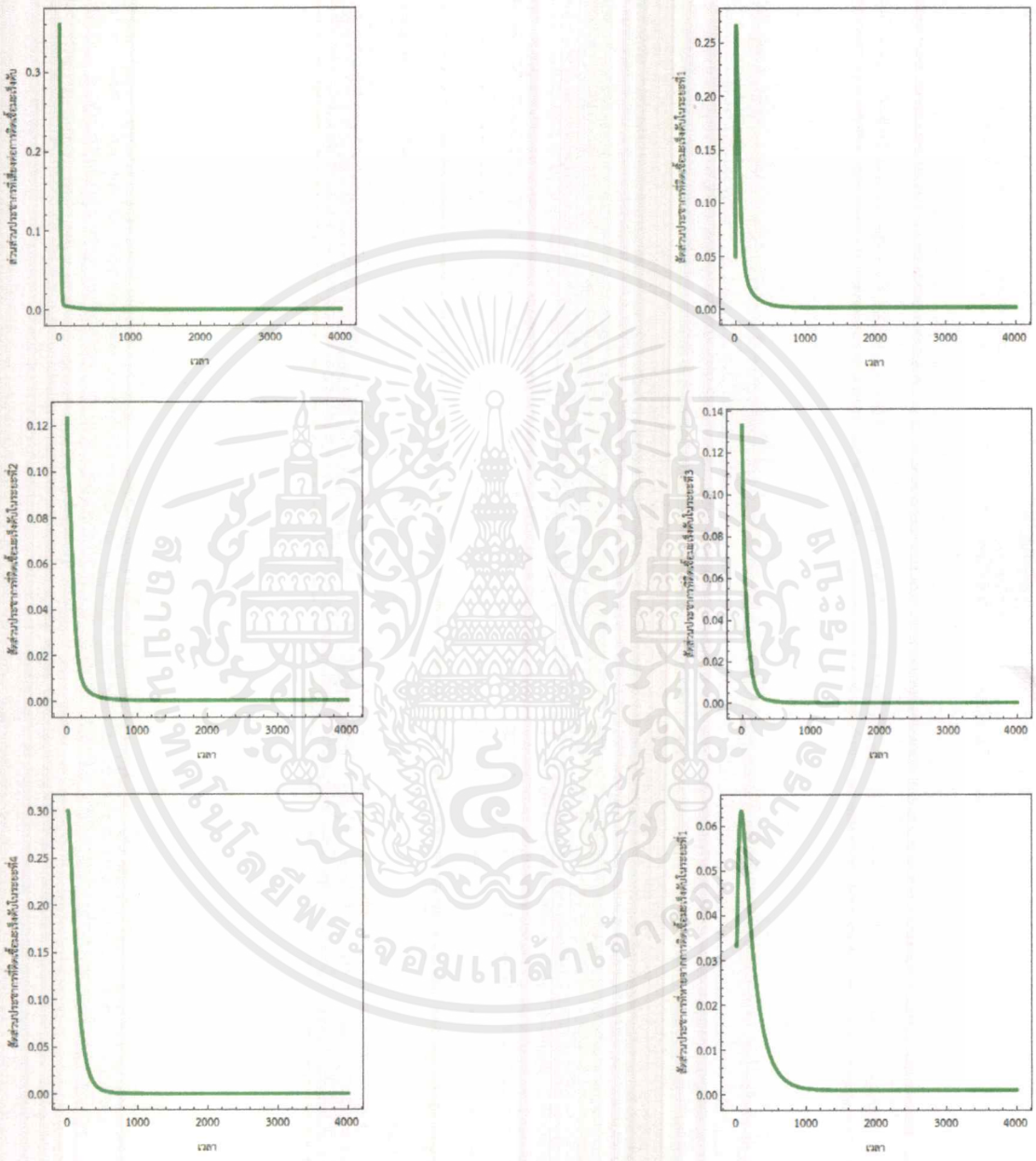
จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.00065292, 0.0018904, 0.00586557, 0.002778, 0.000625462, 0.001603)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $\beta,\omega_1,\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3$ เป็นค่าพารามิเตอร์ไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ เราจึงนำมาพิจารณาในกรณีต่างๆ ดังนี้

กรณีที่1 เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) เพิ่มขึ้นเป็น 0.103082



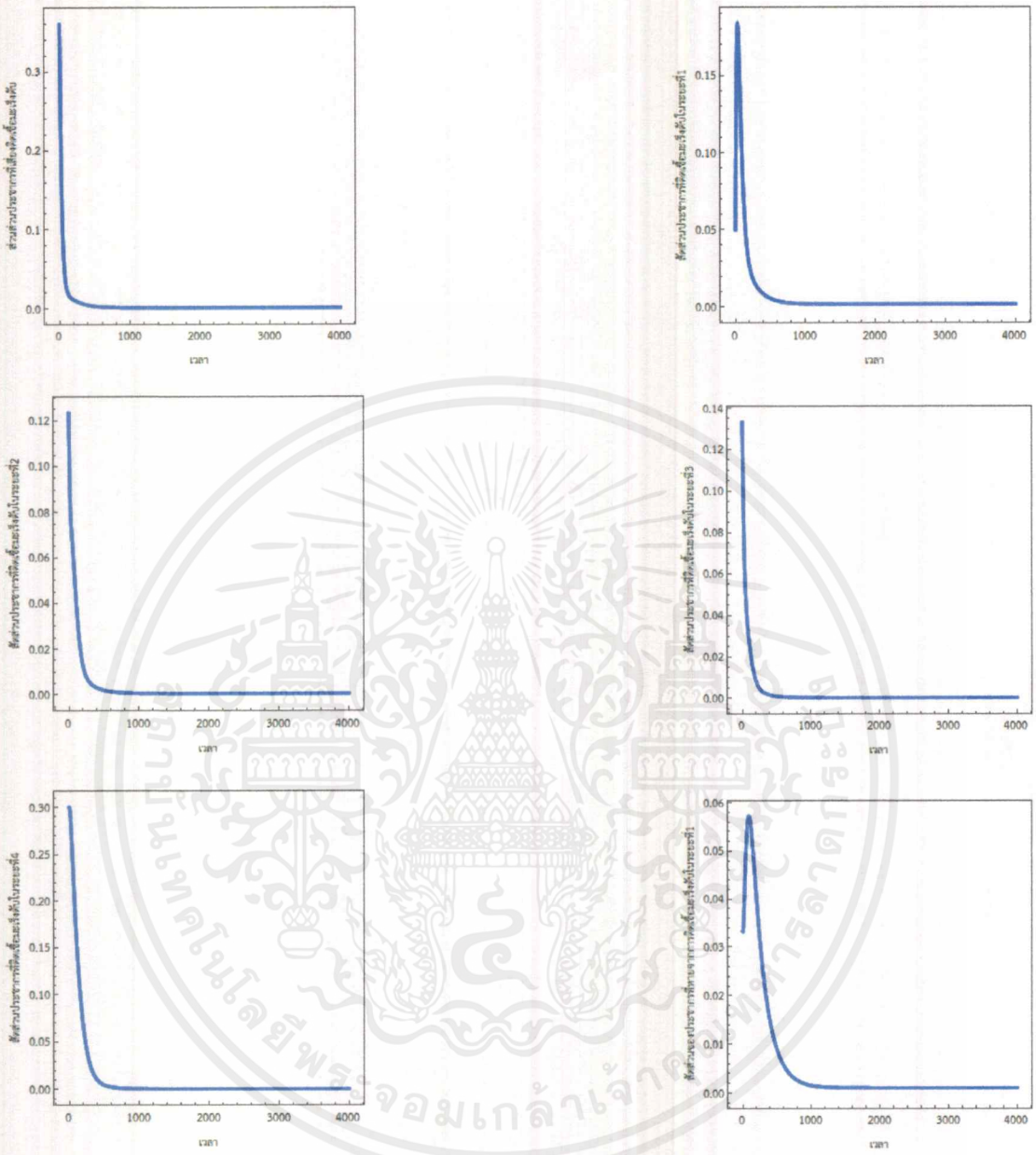
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) เพิ่มขึ้นเป็น 0.103082 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*,I_1^*,I_2^*,I_3^*,I_4^*,R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.000435376, 0.00189081, 0.000586685, 0.000277861, 0.000625598, 0.00106053)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่2 เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) ลดลงเป็น 0.034361



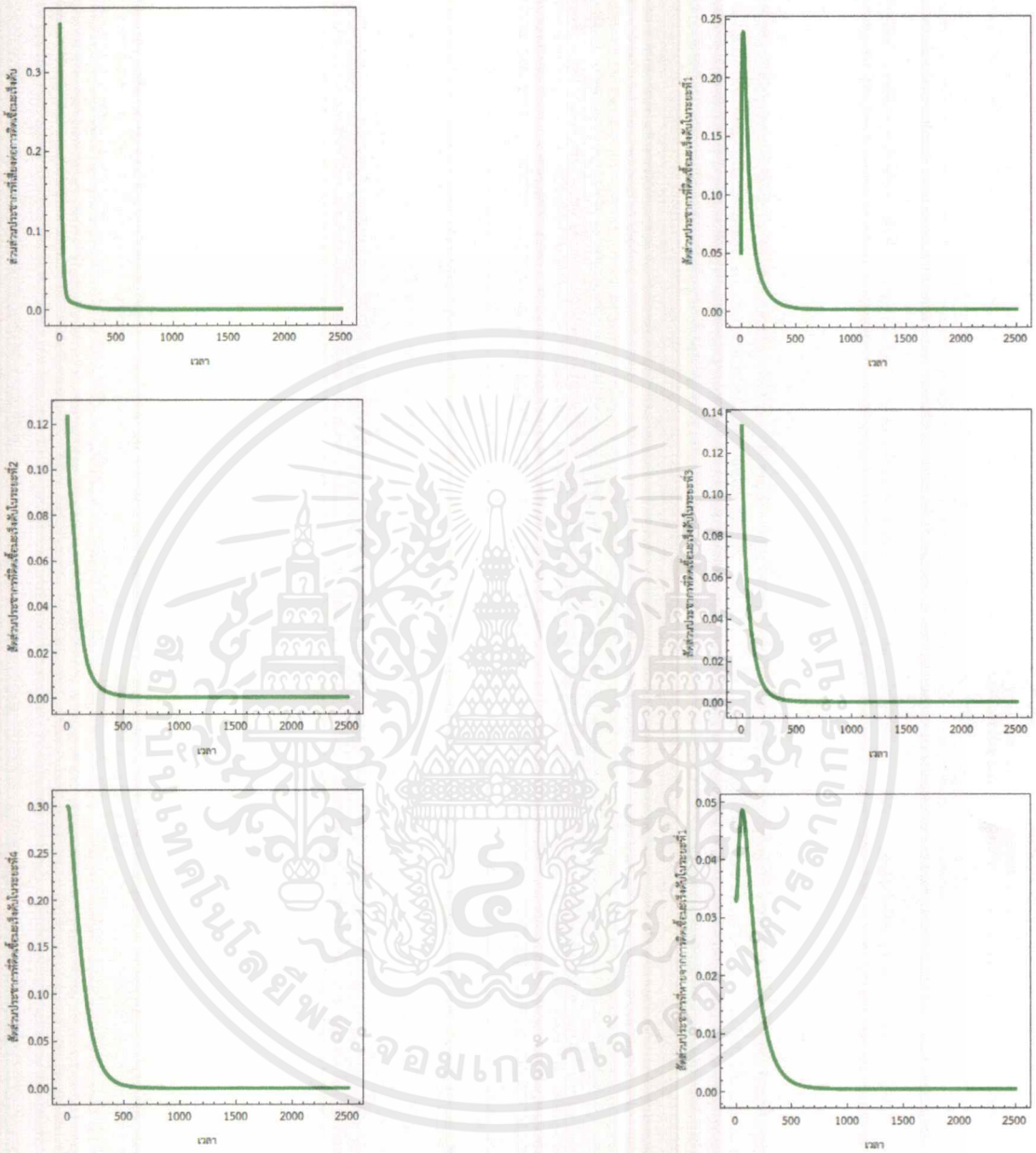
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) ลดลงเป็น 0.034361 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.00130498, 0.00188916, 0.000586175, 0.000277619, 0.000625053, 0.00105961)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่3 ปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หาย จากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.013698



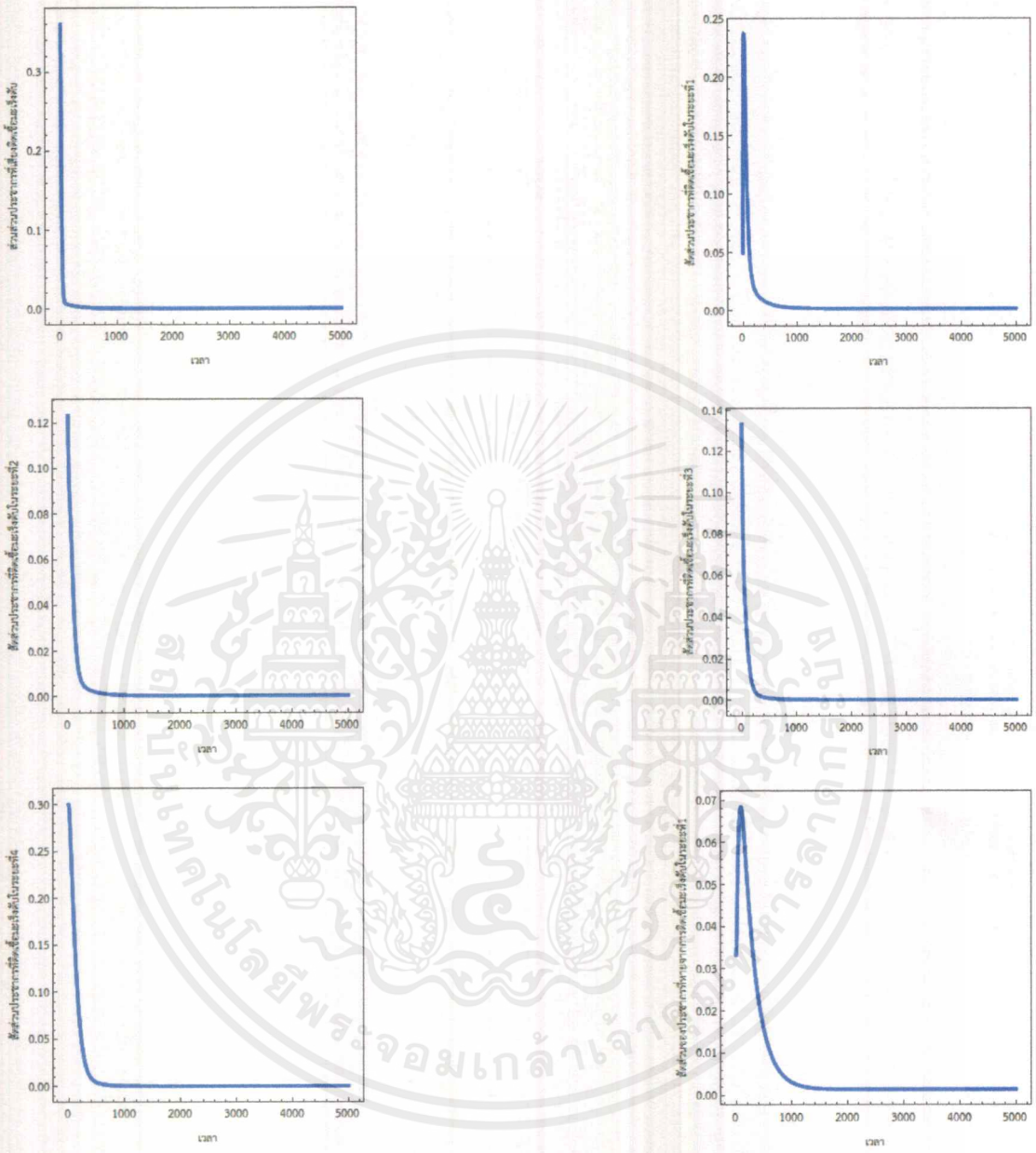
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.013698 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.000653231, 0.0018913, 0.000586837, 0.000277933, 0.000625759, 0.000584727)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่4 ปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หาย จากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) ลดลงเป็น 0.005479



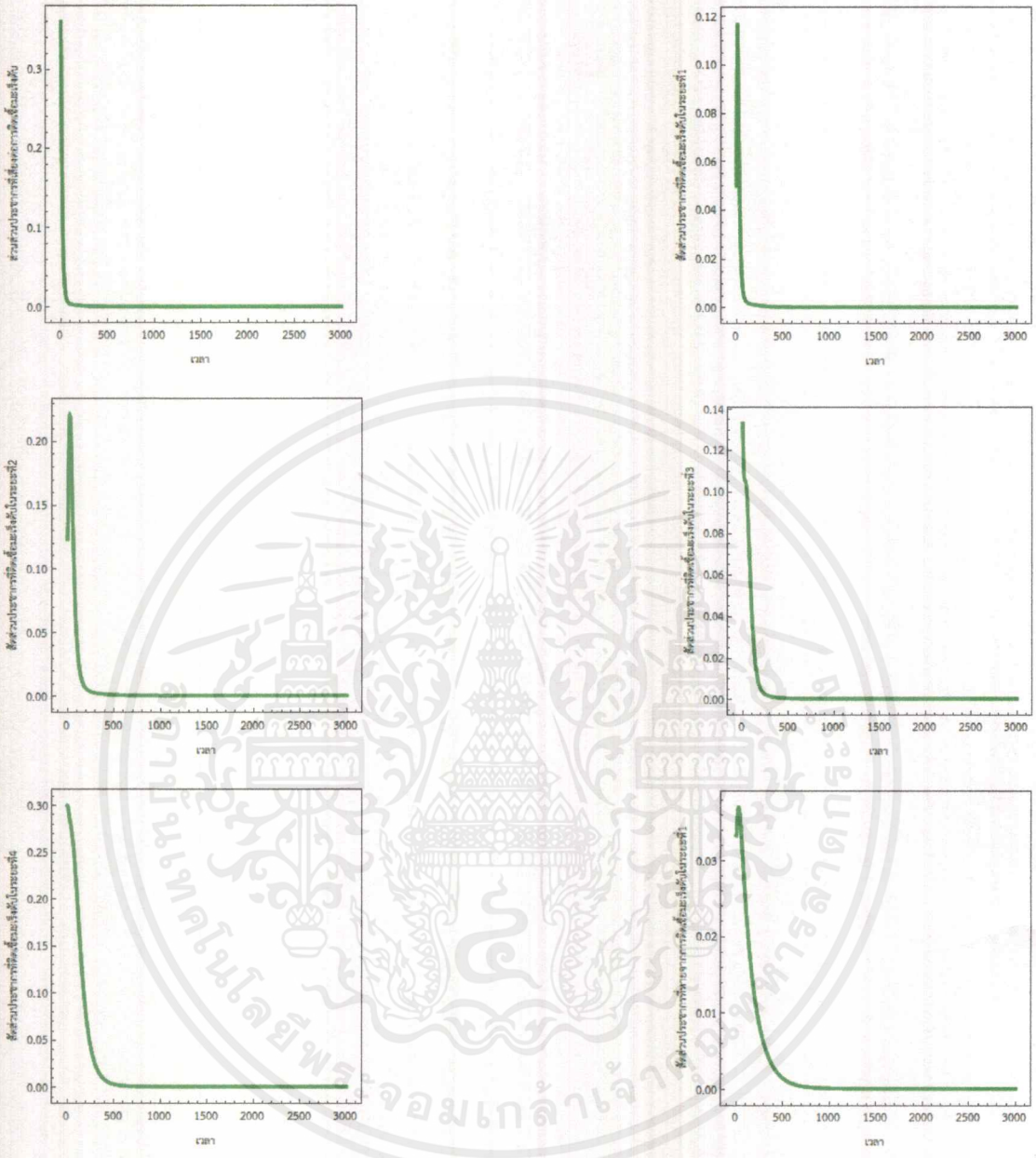
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) ลดลงเป็น 0.005479 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.000652662, 0.00188965, 0.000586326, 0.000277691, 0.000625215, 0.00145468)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่5 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2(γ_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.1



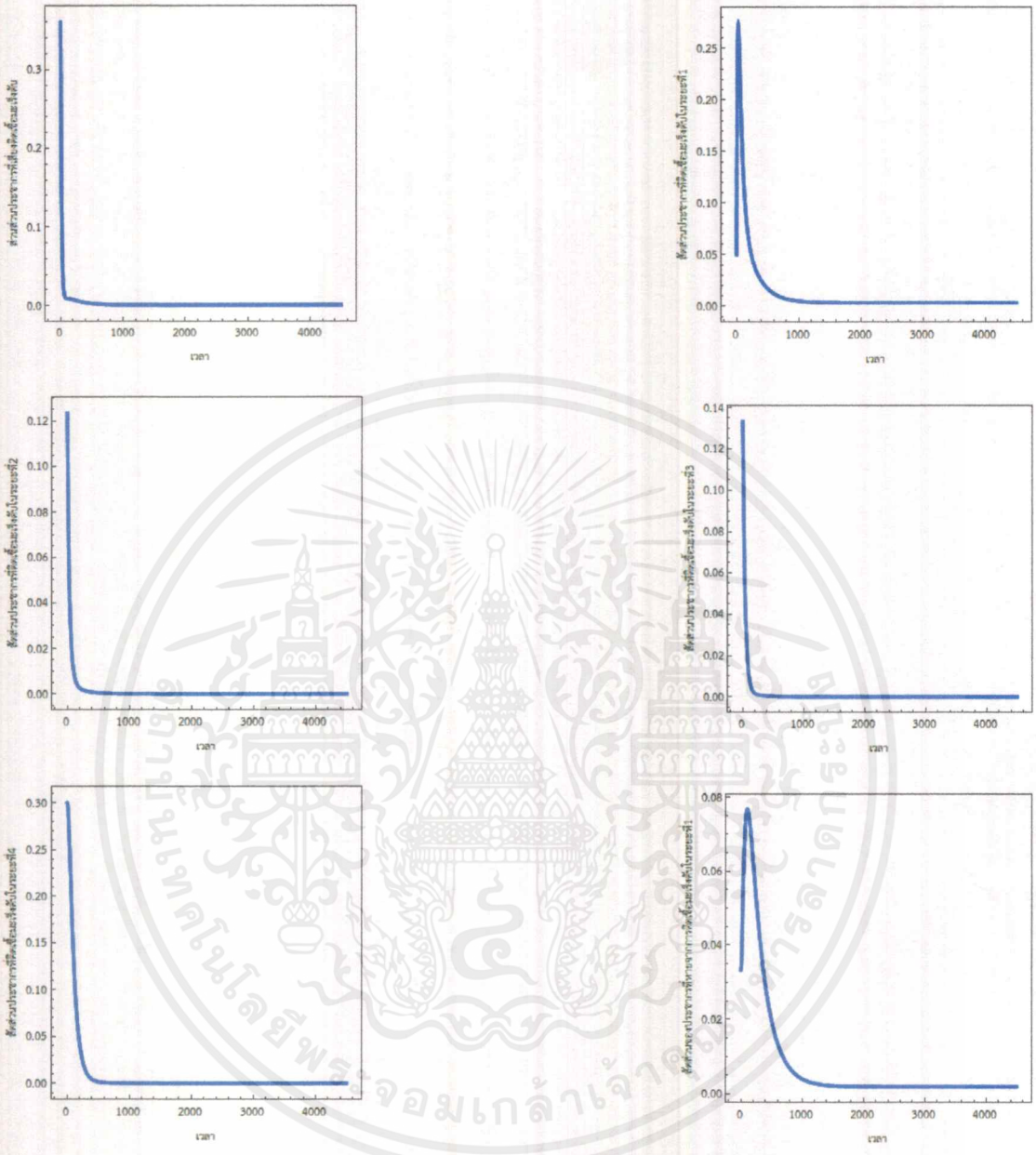
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่2(γ_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.1 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.000557437, 0.000336816, 0.00104508, 0.000494962, 0.0.0011144, 0.000188916)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่6 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2(γ_1) ลดลงเป็น 0.001



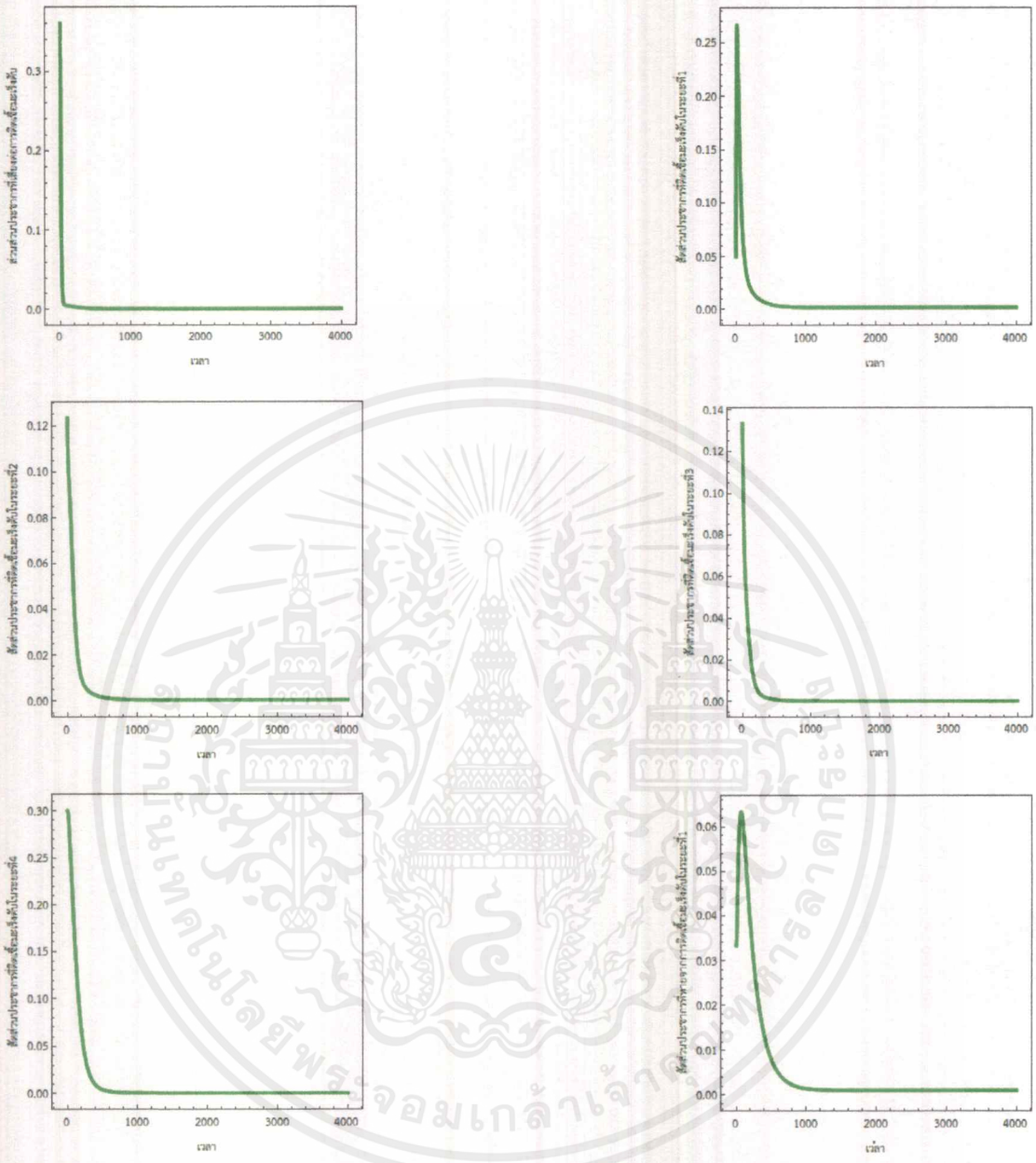
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2(γ_1) ลดลงเป็น 0.001 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.000752393, 0.0035089, 0.000108875, 0.0000515645, 0.0.000116096, 0.0019681)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่7 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3(γ_2) เพิ่มขึ้นเป็น 0.2



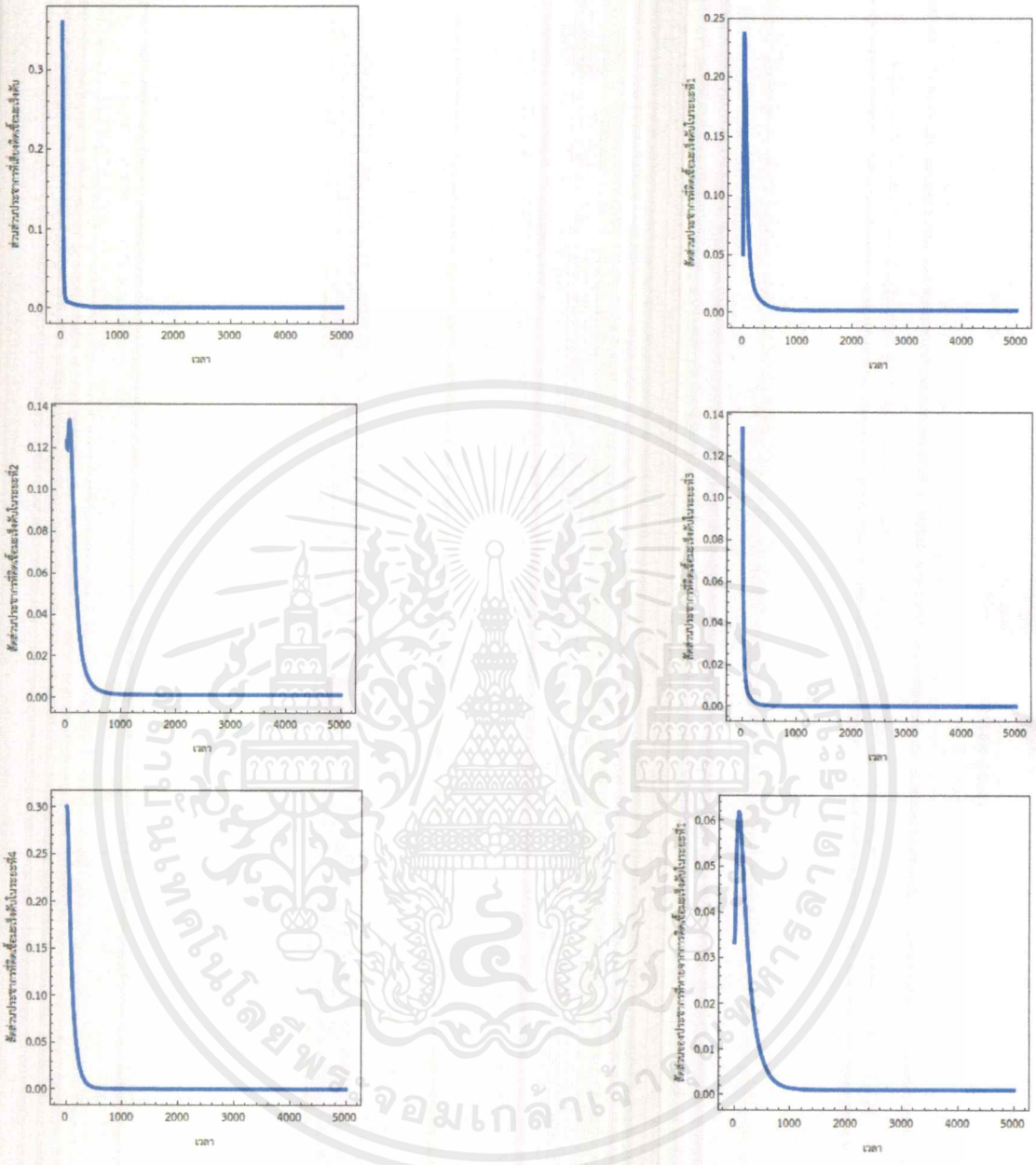
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3(γ_2) เพิ่มขึ้นเป็น 0.2 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.0.00065292, 0.0018904, 0.0000890736, 0.000421863, 0.000949815, 0.0010603)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่8 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3(γ_2) ลดลงเป็น 0.002



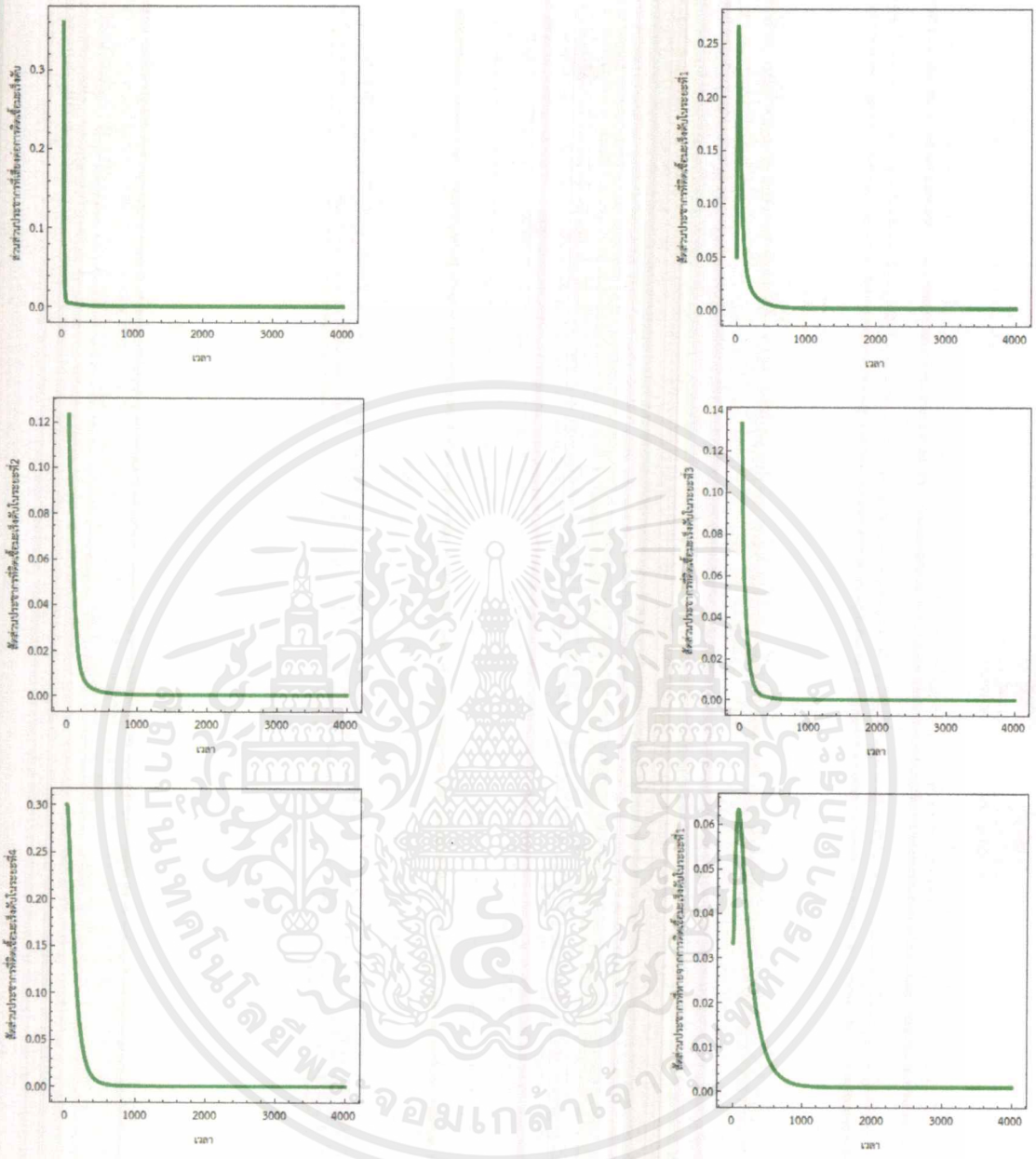
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3(γ_2) ลดลงเป็น 0.002 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.00065292, 0.0018904, 0.00132858, 0.0000629232, 0.00014167, 0.0010603)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่9 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4(γ_3)เพิ่มขึ้นเป็น 0.3



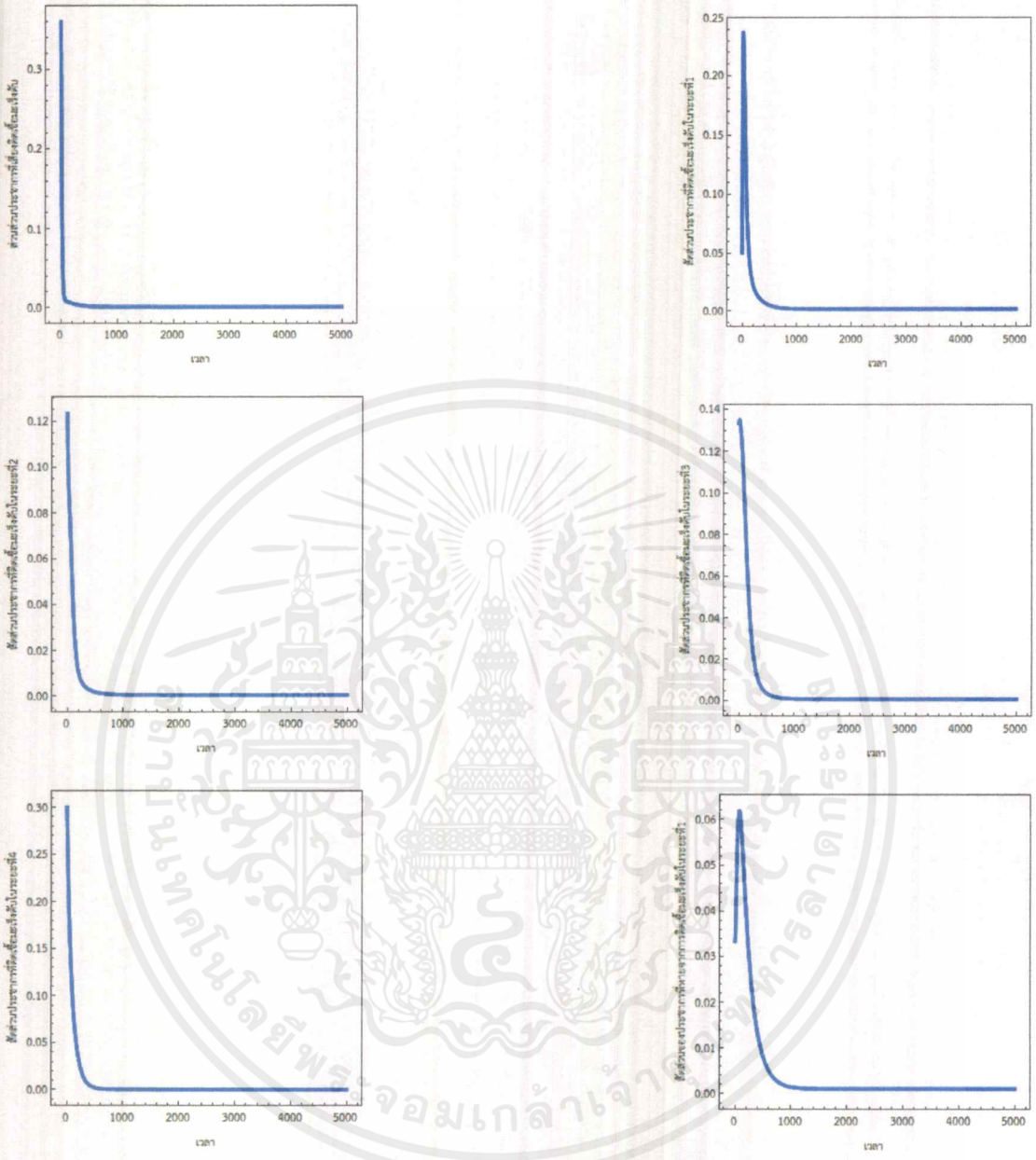
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4(γ_3)เพิ่มขึ้นเป็น 0.3 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.00065292, 0.0018904, 0.000586557, 0.0000375723, 0.000845932, 0.0010603)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่10 ปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4(γ_3) ลดลงเป็น 0.003



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากร เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4(γ_3) ลดลงเป็น 0.003 เทียบกับเวลา (วัน)

จากกราฟ จะเห็นได้ว่าผลเฉลย $\left(S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*, R_1^*\right)$ ลู่เข้าจุดสมดุล คือ

$(0.00065292, 0.0018904, 0.000586557, 0.000770332, 0.000173439, 0.0010603)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1- 4.11 จะได้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลดังนี้

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลา (วัน) ณ จุดสมดุล $S^*, I_1^*, I_2^*, I_3^*, I_4^*$ และ R_1^*

จุดสมดุล	รูปที่ 4.1	รูปที่ 4.2	รูปที่ 4.3	รูปที่ 4.4	รูปที่ 4.5	รูปที่ 4.6	รูปที่ 4.7	รูปที่ 4.8	รูปที่ 4.9	รูปที่ 4.10	รูปที่ 4.11
	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา	ลู่เข้าณเวลา
S^*	3026	2889	2829	1883	4660	2452	4055	3273	4184	3002	3077
I_1^*	2889	2886	3503	1818	3867	2146	4016	3151	2910	2780	2851
I_2^*	3564	3280	3333	1907	4442	2102	3774	3349	4087	3790	4811
I_3^*	3538	3043	3385	1877	3846	2410	4117	3279	4567	2975	4672
I_4^*	3311	3286	3743	1987	4521	2184	4147	3957	4525	3176	3006
R_1^*	3319	3333	3342	1960	4600	2707	5218	3806	4569	3085	4432

อธิบายได้ว่า

จากรูปที่ 4.2 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) เพิ่มขึ้นเป็น 0.103082 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S, I_1, I_2, I_3, I_4 เร็วขึ้น และส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ R_1 ช้าลง

จากรูปที่ 4.3 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) ลดลงเป็น 0.034361 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S, I_2, I_3 เร็วขึ้น และส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ I_1, I_4, R_1 ช้าลง

จากรูปที่ 4.4 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 (ω_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.013698 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ $S, I_1, I_2, I_3, R_1, I_4$ เร็วขึ้น

จากรูปที่ 4.5 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่1 (ω_1) ลดลงเป็น 0.005479 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ $S, I_1, I_2, I_3, R_1, I_4$ ช้าลง

จากรูปที่ 4.6 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่1 ไประยะที่2 (γ_1) เพิ่มขึ้นเป็น 0.1 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ $S, I_1, I_2, I_3, I_4, R_1$ เร็วขึ้น

จากรูปที่ 4.7 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่1 ไประยะที่2 (γ_1) ลดลงเป็น 0.001 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ $S, I_1, I_2, I_3, I_4, R_1$ ช้าลง

จากรูปที่ 4.8 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่2 ไประยะที่3 (γ_2) เพิ่มขึ้นเป็น 0.2 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ I_2, I_3 เร็วขึ้น และส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S, I_1, I_4, R_1 ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่2 ไประยะที่3(γ_2) ลดลงเป็น 0.002 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S,I_1,I_2,I_3,I_4,R_1 ช้าลง

จากรูปที่ 4.10 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่3 ไประยะที่4 (γ_3) เพิ่มขึ้นเป็น 0.3 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S,I_1,I_3,I_4,R_1 เร็วขึ้น และส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ I_2 ช้าลง

จากรูปที่ 4.11 สรุปผลได้ว่า เมื่อปรับค่าอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่3 ไประยะที่4 (γ_3) ลดลงเป็น 0.003 ส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ I_1,I_4 เร็วขึ้น และส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ S,I_2,I_3,R_1 ช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาพิเศษนี้ได้เสนอรายละเอียดของโรคมะเร็งตับ (Liver cancer) ซึ่งประกอบไปด้วย สาเหตุ อาการ ระยะ การวินิจฉัย วิธีรักษา และวิธีป้องกันโรคมะเร็งตับ โดยนำเสนอและอธิบายโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อลดความเสี่ยงของประชากรไทยในการเป็นโรคมะเร็งตับ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการเกิดโรคมะเร็งตับ โดยการรวบรวมข้อมูลจากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ (พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2559) มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ โดยมีกลุ่มประชากรดังนี้

1) ผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ (S)
2) ผู้ที่ติดเชื้อโรคมะเร็งตับในระยะที่ 1 (I_1)
3) ผู้ที่ติดเชื้อโรคมะเร็งตับในระยะที่ 2 (I_2)
4) ผู้ที่ติดเชื้อโรคมะเร็งตับในระยะที่ 3 (I_3)
5) ผู้ที่ติดเชื้อโรคมะเร็งตับในระยะที่ 4 (I_4)
6) ผู้ที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (R_1)

โดยการนำสมการมาหาจุดสมดุล ความเสถียรภาพของจุดสมดุล และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข

จากการศึกษาพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเวลาการลู่เข้าสู่จุดสมดุลของ ประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ (S) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 1 (I_1) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 2 (I_2) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 3 (I_3) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 4 (I_4) และประชากรที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะ1 (R_1) ได้แก่ อัตราการเป็นโรคมะเร็งตับ (β) อัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 1 ไประยะที่ 2 (γ_1) อัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 2 ไประยะที่ 3 (γ_2) และอัตราการเปลี่ยนระยะจากระยะที่ 3 ไประยะที่ 4 (γ_3)

ทำให้ทราบว่าเมื่อเพิ่มค่าอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) จะส่งผลให้เวลาที่ลู่เข้าสู่จุดสมดุลของประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับ (S) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 1 (I_1) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 2 (I_2) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 3 (I_3) ประชากรที่ติดเชื้อในระยะที่ 4 (I_4) และประชากรที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะ1 (R_1) เร็วขึ้นมากที่สุด ดังนั้นการเพิ่มอัตราการย้อนกลับไปเป็นประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมะเร็งตับของผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อมะเร็งตับในระยะที่ 1 (ω_1) ทำให้สามารถลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งตับ และสามารถทำให้ควบคุมการลุกลามของโรคมะเร็งตับได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผู้อ่านสามารถพัฒนาทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของโรคมะเร็งตับอย่างละเอียดในแต่ระยะของการเป็นโรคมะเร็งตับ และทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการจำแนกตามช่วงอายุของผู้ป่วย การจำแนกตามการวินิจฉัย หรือการจำแนกตามการแพร่กระจายของโรค มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อทำการวิจัยต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] มูลนิธิหมอชาวบ้าน. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 334 คอลัมน์: สารานุกรมทันโรค. **“มะเร็งตับ”**. (นพ.สุรเกียรติ อาชานานุภาพ). [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://www.doctor.or.th/article/detail/4084. 2561.

[2] รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทิพย์โยธา. 2559. คู่มือโปรแกรม Mathematica. เอกสารเผยแพร่เพื่อการศึกษา ฉลอง 100 ปี. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.math.sc.chula.ac.th/~tdumrong/book/Mathematica_09Oct2016.pdf. 2562

[3] สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. **“ข้อมูลทะเบียนมะเร็ง.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.nci.go.th/th/cancer_record/cancer_rec1.html. 2561

[4] หาหมอดอทคอม. **“มะเร็งตับ (Liver cancer)”**. (ศ.เกียรติคุณ พญ.พวงทอง ไกรพิบูลย์). [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://haamor.com/th/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%9A/. 2561.

[5] MedThai. **“มะเร็งตับ อาการ สาเหตุ และการรักษาโรคมะเร็งตับ 15 วิธี !!”**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%9A/. 2561.

[6] Wikipedia. **“SIR model.”** [Online]. Available : https://simple.wikipedia.org/wiki/SIR_model. 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาจุดสมดุลของระบบสมการ

```
NSolve[{b - (λ + β) * S* + (ω1 * R1*) == 0,
  (β * S*) - (λ + μ1 + γ1 + α1) * L1* == 0,
  (γ1 * L1*) - (λ + μ2 + γ2) * L2* == 0,
  (γ2 * L2*) - (λ + μ3 + γ3) * L3* == 0,
  (γ3 * L3*) - (λ + μ4) * L4* == 0,
  (α1 * L1*) - (λ + ω1) * R1* == 0}, {S*, L1*, L2*, L3*, L4*, R1*}]
```

การหาค่าลักษณะเฉพาะของระบบสมการ

```
A = {{-(λ + β), 0, 0, 0, 0, ω1},
  {β, -(λ + μ1 + γ1 + α1), 0, 0, 0, 0},
  {0, γ1, -(λ + μ2 + γ2), 0, 0, 0},
  {0, 0, γ2, -(λ + μ3 + γ3), 0, 0},
  {0, 0, 0, γ3, -(λ + μ4), 0},
  {0, α1, 0, 0, 0, -(λ + ω1)}}

MatrixForm[A]

Det[Z * IdentityMatrix[6] - A]

NSolve[(Z + λ + γ2 + μ2) (Z + λ + γ3 + μ3) (Z + λ + μ4) (-β α1 ω1 + (Z + β + λ) (Z + λ + α1 + γ1 + μ1) (Z + λ + ω1)) == 0, Z]
```

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

$$\left\{a = \frac{1}{365 * 74.237}, b = \frac{25.08333}{365}, c = \frac{1}{365 * 74.229}, d = \frac{69 * 5}{365 * 100}, e = \frac{89 * 5}{365 * 100}, f = \frac{89 * 5}{365 * 100}, g = \frac{97 * 5}{365 * 100},\right.$$
$$\left. h = 0.01, j = 0.02, k = 0.03, m = \frac{31 * 5}{365 * 100}, n = \frac{2.75}{365}\right\}$$

```
Sol = NDSolveSolve[{sh'[t] == a - (c + b) * sh[t] + (n * R1h[t]),
   I1h'[t] == (b * sh[t]) - (c + d + h + m) * I1h[t],
   I2h'[t] == (h * I1h[t]) - (c + e + j) * I2h[t],
   I3h'[t] == (j * I2h[t]) - (c + f + k) I3h[t],
   I4h'[t] == (k * I3h[t]) - (c + g) * I4h[t],
   R1h'[t] == (m * I1h[t]) - (c + n) * R1h[t]}]

Sol = NDSolve[{sh'[t] == 0.00003690512853964008` + 0.007534246575342466` R1h[t] - 0.06875836116076924` sh[t],
   I1h'[t] == -0.02373553924296102` I1h[t] + 0.06872145205479452` sh[t], I2h'[t] == 0.01` I1h[t] - 0.032228689927892525` I2h[t],
   I3h'[t] == 0.02` I2h[t] - 0.042228689927892527` I3h[t], I4h'[t] == 0.03` I3h[t] - 0.013324580338851429` I4h[t],
   R1h'[t] == 31 I1h[t] / 7300 - 0.007571155681317183` R1h[t], sh[0] == 1080, I1h[0] == 150, I2h[0] == 370, I3h[0] == 400, I4h[0] == 900, R1h[0] == 100},
  {sh[t], I1h[t], I2h[t], I3h[t], I4h[t], R1h[t]}, {t, 6000}]

SH1 = ParametricPlot[Evaluate[{t, sh[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[sh[t] /. Sol, {t, 0, 4984, 1}]

IH11 = ParametricPlot[Evaluate[{t, I1h[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[I1h[t] /. Sol, {t, 0, 4270, 1}]

IH21 = ParametricPlot[Evaluate[{t, I2h[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[I2h[t] /. Sol, {t, 0, 5257, 1}]

IH31 = ParametricPlot[Evaluate[{t, I3h[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[I3h[t] /. Sol, {t, 0, 5240, 1}]

IH41 = ParametricPlot[Evaluate[{t, I4h[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[I4h[t] /. Sol, {t, 0, 5460, 1}]

RH11 = ParametricPlot[Evaluate[{t, R1h[t]} /. Sol], {t, 0, 6000}, Frame → True, PlotStyle → {Red, Thickness[0.01]},
  PlotRangeClipping → True, FrameTicks → {{Automatic, None}, {Automatic, None}}, PlotRange → All, AspectRatio → 1]

DATA1 = Table[R1h[t] /. Sol, {t, 0, 5096, 1}]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้