การคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยใช้ตัวแบบหลายสถานะ

นายวิริยะ เก้าเอี้ยน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PREMIUM CALCULATION FOR COLORECTAL CANCER INSURANCE RIDER USING MULTI-STATE MODEL

Mr. Viriya Kao-ian

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Insurance
Department of Statistics
Faculty of Commerce and Accountancy
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงโดยใช้ตัวแบบหลายสถานะ
โดย	นายวิริยะ เก้าเอี้ยน
สาขาวิชา	การประกันภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร. พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวดี ชัยวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุไรวรรณ เจริญกีรติกุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิริยะ เก้าเอี้ยน : การคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยใช้ตัวแบบหลายสถานะ (PREMIUM CALCULATION FOR COLORECTAL CANCER INSURANCE RIDER USING MULTI-STATE MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์, 240 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่จ่ายผลประโยชน์ตามระยะของโรค 4 ระยะหลัก โดยใช้ข้อมูลจากอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจากสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งประเทศไทยและงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่เป็นประชากรไทย ซึ่งได้มีการระบุอัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปีและอัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะ สำหรับอัตราการเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุจะใช้อัตรามรณะตามตารางมรณะไทยประจำปีพ.ศ. 2560 ของสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) วิธีการหาความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องจะใช้ตัวแบบหลายสถานะและกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ เพื่อให้สอดคล้องกับการแบ่งระยะของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

การคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิใช้หลักการของการเท่ากันของมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัย โดยผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายการประกันภัยตัวอย่างกำหนดไว้แบ่งเป็น 2 กรณีคือกรณีที่ 1 ให้ผลประโยชน์ 1,000,000 บาทจ่ายเมื่อวินิจฉัยพบว่าเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับทุกระยะของโรคหรือเสียชีวิตด้วยโรคดังกล่าว และกรณีที่ 2 ที่กำหนดให้ผลประโยชน์สำหรับแต่ละระยะของมะเร็งไม่เท่ากัน โดยผลประโยชน์จ่ายเมื่อวินิจฉัยพบหรือเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1 เท่ากับ 1,000,000 บาท ส่วนระยะที่ 2,3, และ 4 จะมีค่าเป็น 2,3 และ 4 เท่าของระยะที่ 1 ในขณะที่ระยะเวลาคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย 5 ปี และ กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยคงที่ตลอดการคุ้มครองเท่ากับร้อยละ 4 ต่อปี

ผลการศึกษาพบว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของผู้เอาประกันภัย เมื่อกำหนดผลประโยชน์ในกรณีที่ 1 เบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าอยู่ระหว่าง 56.28 บาทถึง 1451.45 บาทสำหรับเพศชายและมีค่าระหว่าง 33.11 บาทถึง 1027.95 บาทสำหรับเพศหญิง และเมื่อกำหนดผลประโยชน์ในกรณีที่ 2 เบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าอยู่ระหว่าง 173.02 บาทถึง 4487.95 บาทสำหรับเพศชายและมีค่าระหว่าง 101.85 บาทถึง 3175.32 บาทสำหรับเพศหญิง

เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชายมีค่าสูงกว่าของเพศหญิง โดยมีความแตกต่างไม่สม่ำเสมอในแต่ละอายุทั้งสองกรณี ในขณะที่เบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อกำหนดผลประโยชน์แบบกรณีที่ 2 มีค่าสูงกว่าแบบกรณีที่ 1 ทุกอายุและเพศ

เมื่อเปรียบเทียบกับเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตที่มีระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปีที่ใช้อัตราดอกเบี้ยเท่ากับร้อยละ 4 ต่อปี โดยให้ผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตทุกสาเหตุเท่ากับ 1,000,000 บาทพบว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิของกรณีที่ 1 คิดเป็นประมาณร้อยละ 3.48-7.37 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 4.09-12.83 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง ส่วนในกรณีที่ 2 คิดเป็นประมาณร้อยละ 10.71-22.70 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 12.63-39.50 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การประกันภัย ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5881577226 : MAJOR INSURANCE
KEYWORDS: CANCER INSURANCE RIDER / COLORECTAL CANCER / MULTI-STATE MODEL / MARKOV CHAIN / TMN CANCER STAGING SYSTEM

VIRIYA KAO-IAN: PREMIUM CALCULATION FOR COLORECTAL CANCER INSURANCE RIDER USING MULTI-STATE MODEL. ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SUWANEE SURASIENGSUNK, 240 pp.

The purpose of this research is to calculate the net premium for colorectal cancer insurance rider according the 4 stages of cancer. Data used in this research are the mean annual age-standardized incidence rate of colorectal cancer from Thailand's National Cancer Institute, 5-year survival rate and ratio of cancer patient in each stage from research about colorectal patient in Thailand's population. For Thailand general population's death rate, this research uses Thai Mortality Ordinary 2017 issued by the Office of Insurance Commission of Thailand. For the calculation of the related probabilities, this research uses multistate model and Markov chain process.

The calculation of net premium uses the principle of equivalent value of actuarial present value according to the example rider which are detailed in two cases. First case is the equal benefit of 1,000,000 units paid for diagnosis of or death from colorectal cancer for all stage of the cancer. Second case is the tiered benefit paid for diagnosis of or death from colorectal cancer with the diagnosis of or death from the cancer stage I's benefit is 1,000,000 units and ratio for the benefit covering the diagnosis of the cancer stage II, III, and IV is 2, 3, and 4 times the benefit for the stage I. The rider coverage and payment time is 5 years for both case. The interest rate is 4 percent per year and constant throughout the coverage period.

The results show the net premium increases as the age of the insured increases. According to the benefit for the first case, the net premium is between 56.28 and 1451.45 baht for the male insured and between 33.11 and 1027.95 baht for the female insured. According to the benefit for the second case , the net premium is between 173.02 and 4487.95 baht for the male insured and between 101.85 and 3175.32 baht for the female insured.

The net premium for the male insured is higher than the net premium for the female insured disproportionally throughout the age in both cases. The net premium according to the rider in the second case is higher than the net premium according to the rider in the first case for both genders and all age.

Comparing the net premium of the rider to the net premium of the life insurance with benefit of 1,000,000 baht covering all cause of death with the same coverage time and payment time of 5 years and the same constant interest rate show that the net premium for the rider in the first case is approximately 3.48-7.37 percent of the 5-year temporary life insurance's net premium for the male insured and approximately 4.09-12.83 percent of the life 5-year temporary life insurance's net premium for the female insured. Meanwhile, the net premium for the rider in the second case is approximately 10.71-22.70 percent of the 5-year temporary life life insurance's net premium for the male insured and approximately 12.63-39.50 percent of the 5-year temporary life life insurance's net premium for the female insured.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Statistics
Field of Study: Insurance
Academic Year: 2017

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุวาณี สุรเสียงสังข์ ผู้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ประกันภัย วิธีการวิจัยและให้คำแนะนำในการทำโครงร่างนำเสนอและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ข้าพเจ้า ผู้ทำการวิจัยอย่างเต็มความสามารถ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องและคอยติดตามการทำวิทยานิพนธ์ให้ได้ตามมาตรฐานของมหาวิทยาลัยและสาขาวิชาตลอดช่วงเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในบุญคุณที่อาจารย์มีต่อข้าพเจ้า จึงใคร่กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวดี ชัยวัฒน์ ประธานคณะกรรมการการสอบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุไรวรรณ เจริญกีรติกุล ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้ข้อเสนอแนะต่างๆที่มีประโยชน์ทั้งในเรื่องการทำวิทยานิพนธ์ ความรู้เกี่ยวกับการประกันภัยและประสบการณ์ที่อาจารย์เคยประสบมา ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ที่เป็นประโยชน์ในทางวิชาการแก่ข้าพเจ้า รวมทั้ง สถาบันวิจัยมะเร็งแห่งชาติและกระทรวงสาธารณสุข ที่กรุณาให้ข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณผู้ร่วมชั้นเรียนไม่ว่าจะเป็นรุ่นพี่ รุ่นน้องหรือรุ่นเดียวกัน ในภาควิชาสถิติ สาขาวิชาการประกันภัย ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ท

สารบัญรูปและแผนภูมิ ..... ผ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.1.1 โรคมะเร็งและผลกระทบ 1

1.1.2 โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง 4

1.1.3 ธุรกิจการประกันสุขภาพภาคเอกชน 13

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 14

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 14

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 15

1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย 16

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 18

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 19

1.8 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ 20

1.9 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย 21

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 22

2.1.1 กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Process) 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.1.2 ตัวแบบการลดลงแบบพหุ (Multiple Decrement Model) 25
2.1.3 การประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม (Cubic Spline Interpolation) 27
2.1.4 กฎของเครเมอร์ (Cramer's Rule) 29
2.1.5 วิธีการทางตัวเลขสำหรับแก้สมการตัวแปรเดียวของนิวตันและราฟสัน (Newton-Raphson's Method) 30
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
2.2.1 แนวคิดทางคณิตศาสตร์ประกันภัยที่เกี่ยวข้อง 31
2.2.2 แนวคิดและงานวิจัยทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง 33
บทที่ 3 การคำนวณหาค่าพลังความรุนแรงและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ 35
3.1 การหาค่าพลังความรุนแรงของอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละช่วงปี 35
3.2 การหาค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี 50
3.3 การหาค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง 57
บทที่ 4 การคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง 104
4.1 ลักษณะของสัญญาแนบท้ายประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตัวอย่าง 105
4.2 การคำนวณเบี้ยประกันภัยตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่าง 107
4.3 ตัวอย่างการคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิตามเงื่อนไขของสัญญาแนบท้ายตัวอย่าง 108
4.3.1 เบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่างกรณีที่จ่ายผลประโยชน์ตามกรณีที่ 1 109
4.3.2 เบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่างกรณีที่จ่ายผลประโยชน์ตามกรณีที่ 2 116
4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง ตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้าย 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายแบบผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ (กรณีที่ 1) และผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะ (กรณีที่ 2) 131

4.6 การเปรียบเทียบสัดส่วนของเบี้ยประกันภัยสุทธิตามผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายคุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงกับเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี 134

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 142

5.1 สรุปผลการวิจัย 142

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 143

5.3 ข้อเสนอแนะ 144

รายการอ้างอิง 146

ภาคผนวก 149

ภาคผนวก ก อัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรแบ่งช่วงกลุ่มละ 5 ปี ของประชากรไทย 100,000 คนต่อปี ปีพ.ศ. 2553-2555 จากสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งประเทศไทย 150

ภาคผนวก ข ค่าดิเทอร์มิแนนท์ของเมทริกซ์ $A(b_j)$ และ A 151

ภาคผนวก ค ตารางมรณะไทยปีพ.ศ. 2560 ที่ใช้สำหรับคำนวณทางคณิตศาสตร์ประกันภัยซึ่งแสดงความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยอายุ x จะเสียชีวิตในช่วงเวลา 1 ปีและผลการคำนวณแปลงค่าเป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่เสียชีวิตแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปี 152

ภาคผนวก ง-1 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 30 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 156

ภาคผนวก ง-2 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 31 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 156

หน้า

ภาคผนวก ง-3 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 32 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 156

ภาคผนวก ง-4 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 33 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 157

ภาคผนวก ง-5 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 34 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 157

ภาคผนวก ง-6 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 35 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 157

ภาคผนวก ง-7 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 36 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 158

ภาคผนวก ง-8 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 37 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 158

ภาคผนวก ง-9 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 38 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 158

ภาคผนวก ง-10 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 39 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 159

ภาคผนวก ง-11 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 40 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-12 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 41 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 159

ภาคผนวก ง-13 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 42 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 160

ภาคผนวก ง-14 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 43 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 160

ภาคผนวก ง-15 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 44 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 160

ภาคผนวก ง-16 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 45 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 161

ภาคผนวก ง-17 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 46 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 161

ภาคผนวก ง-18 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 47 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 161

ภาคผนวก ง-19 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 48 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 162

ภาคผนวก ง-20 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 49 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-21 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 50 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 162

ภาคผนวก ง-22 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 51 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 163

ภาคผนวก ง-23 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 52 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 163

ภาคผนวก ง-24 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 53 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 163

ภาคผนวก ง-25 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 54 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 164

ภาคผนวก ง-26 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 55 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 164

ภาคผนวก ง-27 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 56 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 164

ภาคผนวก ง-28 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 57 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 165

ภาคผนวก ง-29 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 58 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 165

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-30 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 59 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 165

ภาคผนวก ง-31 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 60 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 166

ภาคผนวก ง-32 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 61 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 166

ภาคผนวก ง-33 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 62 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 166

ภาคผนวก ง-34 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 63 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 167

ภาคผนวก ง-35 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 64 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 167

ภาคผนวก ง-36 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 65 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 167

ภาคผนวก ง-37 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 66 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 168

ภาคผนวก ง-38 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 67 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 168

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-39 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 68 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 168

ภาคผนวก ง-40 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 69 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 169

ภาคผนวก ง-41 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 70 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 169

ภาคผนวก ง-42 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 30 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 170

ภาคผนวก ง-43 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 31 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 170

ภาคผนวก ง-44 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 32 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 170

ภาคผนวก ง-45 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 33 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 171

ภาคผนวก ง-46 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 34 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 171

ภาคผนวก ง-47 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 35 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-48 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 36 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 172

ภาคผนวก ง-49 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 37 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 172

ภาคผนวก ง-50 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 38 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 172

ภาคผนวก ง-51 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 39 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 173

ภาคผนวก ง-52 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 40 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 173

ภาคผนวก ง-53 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 41 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 173

ภาคผนวก ง-54 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 42 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 174

ภาคผนวก ง-55 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 43 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 174

ภาคผนวก ง-56 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 44 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-57 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 45 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 175

ภาคผนวก ง-58 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 46 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 175

ภาคผนวก ง-59 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 47 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 175

ภาคผนวก ง-60 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 48 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 176

ภาคผนวก ง-61 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 49 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 176

ภาคผนวก ง-62 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 50 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 176

ภาคผนวก ง-63 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 51 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 177

ภาคผนวก ง-64 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 52 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 177

ภาคผนวก ง-65 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 53 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-66 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 54 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 178

ภาคผนวก ง-67 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 55 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 178

ภาคผนวก ง-68 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 56 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 178

ภาคผนวก ง-69 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 57 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 179

ภาคผนวก ง-70 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 58 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 179

ภาคผนวก ง-71 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 59 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 179

ภาคผนวก ง-72 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 60 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 180

ภาคผนวก ง-73 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 61 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 180

ภาคผนวก ง-74 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 62 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 180

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ง-75 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 63 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 181

ภาคผนวก ง-76 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 64 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 181

ภาคผนวก ง-77 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 65 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 181

ภาคผนวก ง-78 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 66 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 182

ภาคผนวก ง-79 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 67 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 182

ภาคผนวก ง-80 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 68 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 182

ภาคผนวก ง-81 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 69 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 183

ภาคผนวก ง-82 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 70 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี 183

ภาคผนวก จ-1 รหัสต้นฉบับโปรแกรม python 3.6 ที่ใช้ในการคำนวณการหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสมการกำลังสามที่ใช้ในการประมาณค่า 184

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก จ-2 รหัสต้นฉบับโปรแกรม python 3.6 ที่ใช้ในการคำนวณหาเบี้ยประกันภัย
สุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง 186

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 240

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 การแบ่งระยะโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระบบ TNM..... 7

ตารางที่ 3.1 อัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรแบ่งช่วงกลุ่มละ 5 ปีและค่ากึ่งกลางที่เลือก โดยจำแนกตามเพศ 37

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ $S_j(x)=d_{j(}(x-x_j)^3+c_j(x-x_j)^2+b_j(x-x_j)+a_j$ ในแต่ละช่วงที่ได้เมื่อใช้ค่าอัตราอุบัติการณ์ต่อจำนวนประชากร 100,000 คนมาคำนวณ..... 38

ตารางที่ 3.3 ค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากร 100,000 คนจำแนกตามอายุและเพศ..... 40

ตารางที่ 3.4 พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสามและค่าพื้นที่ส่วนที่อยู่เหนือแกน X ซึ่งใช้เป็นค่าพลังความรุนแรงของอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละช่วงปี ($\mu_{12}(t)$) ต่อ 10^5..... 43

ตารางที่ 3.5 จำนวนอัตราส่วนผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามข้อมูลจากงานวิจัยในประเทศไทย 49

ตารางที่ 3.6 อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีและค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะ..... 55

ตารางที่ 3.7 อายุที่ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุเริ่มมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะไทย..... 61

ตารางที่ 3.8 ผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปีในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อใช้ค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยสำหรับประชากรเพศชาย 62

ตารางที่ 3.9 ผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปีในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อใช้ค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยสำหรับประชากรเพศหญิง 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x,x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิตอยู่ ($p_{12}^{(k)}(x,x+1)$) โดยแบบหลังจะเป็นแบบต่อ 10^7 72

ตารางที่ 3.11 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{113}(x,x+1)$) โดยในกรณีที่มีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ก่อนเสียชีวิต ($p_{123}^{(k)}(x,x+1)$) จะเป็นแบบ 10^{10} 75

ตารางที่ 3.12 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x,x+1)$) และรวมทุกระยะ ($p_{14}(x,x+1)$) แบบต่อ 10^8 78

ตารางที่ 3.13 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x,x+1)$) 81

ตารางที่ 3.14 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้นตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x,x+1)$) 82

ตารางที่ 3.15 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะเดียวกัน ($p_{24}^{(k)}(x,x+1)$) 85

ตารางที่ 3.16 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x,x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิตอยู่ ($p_{12}^{(k)}(x,x+1)$) โดยแบบหลังจะเป็นแบบต่อ 10^7 88

ตารางที่ 3.17 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{113}(x,x+1)$) โดยในกรณีที่มีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ก่อนเสียชีวิต ($p_{123}^{(k)}(x,x+1)$) จะเป็นแบบ 10^{10} 91

ตารางที่ 3.18 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x,x+1)$) และรวมทุกระยะ ($p_{14}(x,x+1)$) แบบต่อ 10^8 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.19 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x,x+1)$) 97

ตารางที่ 3.20 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้นตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x,x+1)$) 98

ตารางที่ 3.21 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะเดียวกัน ($p_{24}^{(k)}(x,x+1)$) 101

ตารางที่ 4.1 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายอายุ 30 ปีที่เริ่มทำประกันภัยที่สถานะปกติจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 0-4 ปี 110

ตารางที่ 4.2 APV ของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปีจะได้รับจากการคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_1) และการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_2) เมื่อกำหนดให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับมีค่าเท่ากับ 1,000,000 บาท สำหรับการคุ้มครองทั้งสองอย่างและ APV ของเบี้ยประกันภัย 1 บาท (A) สำหรับระยะเวลาในการคุ้มครอง 5 ปี 111

ตารางที่ 4.3 เบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปี แบ่งเป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระยะของโรคมะเร็งแบบกรณีที่ 1 113

ตารางที่ 4.4 APV ของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปีจะได้รับจากการคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_1) และการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_2) เมื่อกำหนดให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง โดยผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับ และเมื่อเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับและ APV ของเบี้ยประกันภัย 1 บาท (A) สำหรับระยะเวลาในการคุ้มครอง 5 ปี 117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 เบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปี แบ่งเป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระยะของโรคมะเร็งแบบกรณีที่ 2 119

ตารางที่ 4.6 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง ตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายตัวอย่างในแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและแบบรวมการคุ้มครองทั้ง 2 แบบ 123

ตารางที่ 4.7 อัตราส่วนความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง ตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายตัวอย่างในแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและแบบรวมการคุ้มครองทั้ง 2 แบบ 126

ตารางที่ 4.8 อัตราส่วนความแตกต่างของค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวสำหรับเพศชาย สำหรับประชากรไทยอายุ 30-74 ปี 129

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายกรณีที่ 1 ให้ผลประโยชน์สำหรับมะเร็งแต่ละระยะเท่ากันทุกระยะและกรณีที่ 2 ให้ผลประโยชน์สำหรับมะเร็งแต่ละระยะไม่เท่ากัน โดยให้ในอัตราส่วน 1:2:3:4 สำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1, 2, 3, และ 4 โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ ของเพศชายและเพศหญิง 132

ตารางที่ 4.10 มูลค่าเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปีเท่ากัน สำหรับผู้เอาประกันภัยเพศชายและหญิงอายุ 30-70 ปี โดยมีผลประโยชน์เมื่อเสียชีวิตทุกสาเหตุเท่ากับ 1,000,000 บาท 135

ตารางที่ 4.11 เบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีและสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่จ่ายผลประโยชน์เท่ากันทุกระยะของการเป็นโรค (กรณีที่ 1) และจ่ายผลประโยชน์ตามระยะของการเป็นโรค (กรณีที่ 2) 137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 อัตราส่วนร้อยละของเบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายต่อเบี้ยประกันภัยสุทธิตามการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี โดยแบ่งระหว่างเพศและสัญญาแนบท้ายในแต่ละกรณี 139

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปและแผนภูมิ

รูปที่ 1.1 ตำแหน่งทางกายวิภาคและรหัส ICD-10 สำหรับแต่ละตำแหน่งของลำไส้ใหญ่ 8

รูปที่ 1.2 ตำแหน่งทางกายวิภาคและรหัส ICD-10 สำหรับแต่ละตำแหน่งของลำไส้ตรงและส่วนเชื่อมระหว่างลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง 8

รูปที่ 1.3 ตำแหน่งของเส้นเลือดแดงที่มาเลี้ยงลำไส้ใหญ่ 9

รูปที่ 1.4 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิด 9

รูปที่ 1.5 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T1 10

รูปที่ 1.6 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T2 10

รูปที่ 1.7 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T3 11

รูปที่ 1.8 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T4 11

รูปที่ 1.9 การแบ่งระยะสำหรับการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองระยะ N1 12

รูปที่ 1.10 การแบ่งระยะสำหรับการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองระยะ N2 12

รูปที่ 1.11 การแบ่งระยะสำหรับมะเร็งระยะแพร่กระจาย M1 13

รูปที่ 3.1 แผนภูมิภาพแสดงค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรโดยปรับฐานตามช่วงอายุช่วงละ 5 ปี สำหรับประชากรไทยในปี พ.ศ. 2553-2555 จาก Cancer in Thailand Vol 8 ปีพ.ศ. 2553-2555 (ค.ศ. 2010-2012) 35

รูปที่ 3.2 ค่าประมาณของค่าอัตราอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากรเพศชาย 100,000 คนในแต่ละปีของอายุ 46

รูปที่ 3.3 ค่าประมาณของค่าอัตราอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากรเพศหญิง 100,000 คนในแต่ละปีของอายุ 46

รูปที่ 3.4 ภาพขยายแผนภูมิเส้นรูปที่ 3.2 ในช่วงอายุ 7 ถึง 8 ปี เพื่อแสดงส่วนที่ค่าน้อยกว่า 0 47

รูปที่ 3.5 ภาพขยายแผนภูมิเส้นรูปที่ 3.3 ในช่วงอายุ 7 ถึง 12 ปี เพื่อแสดงส่วนที่ค่าน้อยกว่า 0 47

รูปที่ 3.6 แผนภูมิเส้นแสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ปี ต่อประชากร 100,000 คน เปรียบเทียบกับค่าอัตราอุบัติการณ์ที่จัดทำโดยสถาบันวิจัยโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย โดยรูปบนเป็นของเพศชาย รูปล่างเป็นของเพศหญิง 48

รูปที่ 3.7 แสดงตัวแบบหลายสถานะสำหรับโรคมะเร็งที่ศึกษาโดยยังไม่แบ่งตามระยะของโรค..... 50

รูปที่ 3.8 ตัวแบบหลายสถานะของโรคมะเร็งที่ศึกษาโดยแยกตามระยะของโรคมะเร็งออกเป็น 4 ระยะ..... 53

รูปที่ 4.1 แผนภูมิเส้นแสดงเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์ตามตัวอย่างสัญญาแนบท้ายแบบให้ผลประโยชน์กรณีที่ 1 โดยรูปบนเป็นของเพศชายและรูปล่างเป็นของเพศหญิง..... 115

รูปที่ 4.2 แผนภูมิเส้นแสดงเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์ตามตัวอย่างสัญญาแนบท้ายแบบให้ผลประโยชน์กรณีที่ 2 โดยรูปบนเป็นของเพศชายและรูปล่างเป็นของเพศหญิง..... 121

รูปที่ 4.3 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง โดยรูปบนเป็นความแตกต่างสำหรับกรณีที่ 1 และรูปล่างเป็นสำหรับกรณีที่ 2..... 122

รูปที่ 4.4 อัตราส่วนความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงที่ โดยรูปบนเป็นความแตกต่างสำหรับกรณีที่ 1 และรูปล่างเป็นสำหรับกรณีที่ 2..... 125

รูปที่ 4.5 อัตราส่วนความแตกต่างของค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวสำหรับเพศชายสำหรับประชากรไทยอายุ 30-74 ปี..... 128

รูปที่ 4.6 ความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายแบบผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ (กรณีที่ 1) และผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะ (กรณีที่ 2) โดยรูปบนเป็นของเพศชาย รูปล่างเป็นของเพศหญิง..... 131

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

1.1.1 โรคมะเร็งและผลกระทบ

โรคมะเร็งเป็นปัญหาการเจ็บป่วย การเสียชีวิต รวมทั้งปัญหาเรื่องภาระโรค (Burden of Disease) ที่ทำให้ประชากรไทยสูญเสียการมีคุณภาพชีวิตที่ดี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 เป็นต้นมา โรคมะเร็งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 ของประชากรไทย ในขณะที่สาเหตุการตายรองลงมาคือ โรคหัวใจและอุบัติเหตุ และยังมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ในปีพ.ศ. 2558 กระทรวงสาธารณสุขได้ทำสถิติของผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยในและผู้เสียชีวิตจากโรงมะเร็งไว้ พบว่ามีผู้ป่วยนอก 1,660,748 ราย (สถิติของกระทรวงสาธารณสุขไม่ได้รวมกรุงเทพมหานคร) ผู้ป่วยใน 578,008 รายและผู้เสียชีวิตจากมะเร็งทุกชนิด 73,348 ราย โดย 5 อันดับแรกของโรคมะเร็งที่คนไทยเป็นมากที่สุดจากสถิติของกระทรวงสาธารณสุขได้แก่ มะเร็งตับ มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งเต้านม มะเร็งปอดและมะเร็งลำไส้ตรง ซึ่งถ้าแบ่งตามเพศ จะได้ว่าในเพศชาย 5 อันดับแรกคือ มะเร็งตับ มะเร็งปอด มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งลำไส้ตรงและมะเร็งในช่องปาก ส่วนในเพศหญิง 5 อันดับแรกคือ มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งปากมดลูก มะเร็งอวัยวะเพศและมะเร็งตับ (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2558) นอกจากนี้ อัตราการเพิ่มประชากรและโครงสร้างประชากรของประเทศไทยมีลักษณะสังคมผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) เนื่องจากมีการควบคุมโรคติดต่อได้ดีขึ้น มีการควบคุมให้อัตราการตายของทารกแรกคลอดและเด็กลดลง ในอนาคตสัดส่วนประชากรในกลุ่มผู้สูงอายุมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอายุเฉลี่ยของประชากรของประเทศไทยสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2548 พบว่าประชากรในวัยเด็ก (อายุต่ำกว่า 15 ปี) มีจำนวน 14.3 ล้านคน (ร้อยละ 23) และผู้สูงอายุมีจำนวน 6.4 ล้านคน (ร้อยละ 10.3) ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 พบว่า จำนวนประชากรในวัยเด็กเท่ากับ 13.2 ล้านคน (ร้อยละ 20.7) และประชากรในผู้สูงอายุมีจำนวนเท่ากับ 7.5 (ร้อยละ 11.8) และคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2578 ประชากรในวัยเด็กจะมีจำนวนลดลงเท่ากับ 9.1 ล้านคน (ร้อยละ 14.4) และประชากรผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15.9 ล้านคน (ร้อยละ 25.1) โรคมะเร็งมีโอกาสเกิดในผู้สูงอายุมากกว่าประชากรทั่วไป ดังนั้น โรคมะเร็งจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นปัญหามากยิ่งขึ้นในอนาคต (คณะกรรมการจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ, 2556)

ในขณะเดียวกัน ประเทศต่าง ๆทั่วโลกกำลังประสบปัญหาลักษณะเดียวกัน โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้วเช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและประเทศในทวีปยุโรป ซึ่งมีลักษณะประชากรแบบใกล้เคียงกับสังคมผู้สูงอายุ โรคมะเร็งที่พบ 5 อันดับแรกของโลก ได้แก่ มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งกระเพาะอาหาร และมะเร็งต่อมลูกหมาก ในบรรดาผู้ป่วยใหม่จำนวน 12.7

ล้านคน พบมะเร็งปอด 1.6 ล้านคนมะเร็งเต้านม 1.38 ล้านคน มะเร็งลำไส้ใหญ่ 1.2 ล้านคน มะเร็งกระเพาะอาหาร 0.99 ล้านคน และมะเร็งต่อมลูกหมาก 0.90 ล้านคน ส่วนจำนวนผู้เสียชีวิต 7.6 ล้านคน เป็นผู้ป่วยมะเร็งปอด 1.37 ล้านคนมะเร็งกระเพาะอาหาร 736,000 คน มะเร็งตับ 695,000 คน มะเร็งลำไส้ใหญ่ 608,000 คน และมะเร็งเต้านม 458,000 คน องค์การอนามัยโลกคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 จะมีผู้ป่วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นเป็น 21.4 ล้านคน และคาดว่าจะมีผู้เสียชีวิตราว 13 ล้านคน และประมาณ 70% ของผู้เสียชีวิตจะอยู่ในประเทศที่มีรายได้ปานกลางถึงต่ำ (คณะกรรมการจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ, 2556)

สำหรับในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประชาคม Association of South East Asian Nations (ASEAN) ซึ่งไทยเป็นสมาชิก พบว่า 5 อันดับแรกของโรคมะเร็งที่พบบ่อยในประเทศสมาชิก คือ มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม มะเร็งตับ มะเร็งลำไส้ และมะเร็งปากมดลูก จำนวนผู้ป่วยรายใหม่พบได้ประมาณ 700,000 ราย และมีจำนวนผู้เสียชีวิตประมาณ 500,000 รายต่อปี ประชาคม ASEAN ให้ความสำคัญต่อโรคมะเร็งซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของภูมิภาค มีการประชุมกันหลายครั้ง เช่น การประชุมในวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ที่เมือง Jakarta ประเทศอินโดนีเซีย มีมติที่ประชุมให้ทุกประเทศในภูมิภาคนี้มีแผนการควบคุมโรคมะเร็งหรือที่เรียกว่า “Jakarta Call for Action on Cancer Control” โดยมีเนื้อหาคล้ายกับที่องค์การอนามัยโลกแนะนำไว้ (คณะกรรมการจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ, 2556)

สำหรับยุทธศาสตร์ด้านการรักษาโรคมะเร็งของกระทรวงสาธารณสุข มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ป่วยโรคมะเร็งสามารถเข้าถึงและได้รับการรักษาที่มีคุณภาพ และเพิ่มอัตราการอยู่รอด รวมทั้ง มีคุณภาพชีวิตที่ดี โดยการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม เนื่องจากด้วยวิทยาการในปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์ทำให้โรคมะเร็งสามารถรักษาหายขาดได้ โดยเฉพาะมะเร็งที่ตรวจพบในระยะเริ่มแรก โดยมีวิธีหลักๆ คือ การผ่าตัด การฉายรังสี และการใช้ยาเคมีบำบัด ในบางกรณีอาจจะต้องใช้วิธีการรักษามากกว่า 1 วิธี เพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดีที่สุดสำหรับมะเร็งแต่ละชนิด แต่สิ่งที่สำคัญยิ่งสิ่งแรกของการรักษาโรค คือ การวินิจฉัยโรคที่แม่นยำ ถูกต้องและเริ่มการรักษาโรคมะเร็งในระยะที่มะเร็งยังไม่แพร่กระจาย อย่างไรก็ตามการรักษาโรคยังคงมีราคาสูงมากเนื่องจากยารักษาโรคมะเร็ง (เคมีบำบัด) ยารักษาอาการข้างเคียงที่เกิดจากเคมีบำบัด รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในทางศัลยกรรมและรังสีรักษาต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายทั้งจากยาและค่าลิขสิทธิ์สำหรับยาที่องค์การอาหารและยา (อย.) ต้องการจะผลิตใช้เองในประเทศ

นอกจากนี้ หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับประกันสุขภาพของประชากรไทยคือ สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ได้จัดทำรายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการรักษาโรค โดยรายจ่ายสุขภาพต่อคนต่อปี ระหว่างปี 2537-2556 มีแนวโน้มทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง กล่าวคือรายจ่ายสุขภาพต่อคนต่อปีเพิ่มขึ้นโดยตลอด จาก 2,160 บาท ในปี 2537 เป็น 3,110 บาท ในปี 2540 จากนั้นลดลง

เนื่องจากประเทศประสบภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจ หลังปี พ.ศ. 2545 เมื่อประเทศไทยมีโครงการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ รายจ่ายสุขภาพต่อคนต่อปีได้เพิ่มขึ้นเป็น 7,354 บาทในปี 2556 และถ้าหากเปรียบเทียบรายจ่ายสุขภาพ โดยแบ่งเป็นภาครัฐและภาคเอกชน จะพบว่าสัดส่วนของรายจ่ายสุขภาพภาครัฐเพิ่มขึ้นจากปี 2537 จากร้อยละ 45 เป็นร้อยละ 77 ในปี 2556 สัดส่วนของงบประมาณหลักประกันสุขภาพแห่งชาติเมื่อเทียบกับงบประมาณโดยรวมของประเทศ อยู่ที่ประมาณร้อยละ 5.26-6.94 (ปี 2546-2559) ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งหมายความว่างบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของงบประมาณโดยรวมของประเทศ ยกเว้นปี 2553 ที่งบประมาณของประเทศลดลงจากปี 2552 แต่สัดส่วนของงบประมาณหลักประกันสุขภาพแห่งชาติเพิ่มเป็นร้อยละ 6.94 (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2558)

นอกจากนี้รัฐบาลมีนโยบายประกันสุขภาพถ้วนหน้าซึ่งช่วยออกค่าใช้จ่ายสำหรับประชาชนและข้าราชการ ตามกำหนดของ สปสช. ซึ่งในทุกปี รัฐบาลได้ช่วยออกค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแทนผู้ป่วยในอัตราส่วนที่สูงขึ้นทุกปีดังที่ได้กล่าวไปโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยและครอบครัวของผู้ป่วยไม่ประสบกับภาวะล้มละลายจากค่าใช้จ่ายการรักษาพยาบาล อย่างไรก็ตาม รัฐบาลไม่มีนโยบายให้ทุนรักษาโรคมะเร็งโดยตรงเนื่องจากแพทย์มักวินิจฉัยพบโรคมะเร็งเมื่อผู้ป่วยอยู่ในระยะที่ 3 หรือ 4 แล้ว ซึ่งมีสาเหตุการประชาชนทั่วไปไม่ตื่นตัวในเรื่องการตรวจร่างกายเพื่อคัดกรองโรคมะเร็งตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ทำให้ผู้ป่วยมะเร็งต้องเสียค่าใช้จ่ายรักษาสูงมากและได้ผลการรักษาที่มีโอกาสรอดชีวิตต่ำ โดยทาง สปสช.รับรู้ถึงข้อบกพร่องนี้ แต่ไม่สามารถสู้ราคายาต่างประเทศที่มีราคาสูงขึ้นได้ กระทรวงสาธารณสุขจึงเน้นนโยบายไปทางการคัดกรองโรคและความรู้ด้านโรคมะเร็งให้ประชาชนตระหนักถึงอาการเบื้องต้น เพื่อให้เข้าถึงการรักษาได้เร็วขึ้นมากกว่าจะให้การรักษาในระยะท้ายของมะเร็ง นอกจากให้โรงพยาบาลเบิกเงินค่ายาตามโปรโตคอลรักษาโรคมะเร็ง 10 โรคได้แก่

1. มะเร็งเต้านม
2. มะเร็งปากมดลูก
3. มะเร็งรังไข่
4. มะเร็งโพรงหลังจมูก
5. มะเร็งปอด
6. มะเร็งหลอดอาหาร
7. มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
8. มะเร็งตับและท่อน้ำดี
9. มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ
10. มะเร็งต่อมลูกหมาก

(สำนักบริหารการจัดสรรและชดเชยค่าบริการ, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1.2 โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

สถิติในปีพ.ศ.2558 ของกระทรวงสาธารณสุขระบุว่า มีผู้ป่วยในที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ ลำไส้ตรงและทวารหนักทั้งหมด 83,790 คน เสียชีวิตจากโรคมะเร็งชนิดนี้ 4,104 คน โดยจากสถิติของกระทรวงสาธารณสุข จำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาโดยตลอดเมื่อเปรียบเทียบกับมะเร็งชนิดอื่นในประเทศไทย มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเป็นอันดับ 3 ในกลุ่มโรคมะเร็งทั้งหมด โดยผู้ป่วยมะเร็งที่มีผู้เสียชีวิตมากกว่าได้แก่ มะเร็งตับและทางเดินน้ำดี มะเร็งปอดและหลอดลม อย่างไรก็ตาม จำนวนผู้ป่วยในที่เป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมีจำนวนมากกว่า มะเร็งตับและทางเดินน้ำดี มะเร็งปอดและหลอดลม เมื่อนับเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่อย่างเดียว จะมีจำนวนผู้ป่วยในนับเป็นอันดับ 2 รองจากผู้ป่วยมะเร็งตับและทางเดินน้ำดี (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2558)

ความเสี่ยงที่ทำให้เกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้แก่ การรับประทานไขมันสัตว์ การสืบทอดทางกรรมพันธุ์ (พบร้อยละ 25 ของผู้ป่วยมีประวัติสมาชิกในครอบครัวเคยเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มาก่อน) ภาวะอักเสบในช่องท้อง การติดเชื้อ Streptococcus bovis ในเส้นเลือด บุหรี่ (Mayer, 2015)

การตรวจคัดกรองโรคมีหลายวิธี ได้แก่ การตรวจหาเลือดในอุจจาระ การฉายภาพรังสี และการส่องกล้องโดยผ่านทางทวารหนัก (Mayer, 2015)

อาการจากมะเร็งในระยะแรกส่วนใหญ่จะไม่ชัดเจนในระยะแรก โดยเฉพาะในมะเร็งที่ตำแหน่งลำไส้ใหญ่ส่วนต้น ซึ่งอุจจาระยังไม่แข็งพอที่จะทำให้เกิดอาการลำไส้อุดตันได้ โดยมะเร็งที่ตำแหน่งนี้จะทำให้เกิดแผลเรื้อรังในลำไส้และมีเลือดออกโดยไม่เห็นชัดในอุจจาระ ซึ่งจะแสดงอาการเพลีย ใจสั่น ซีด เหล็กในเลือดต่ำ หรือกระทั่งปวดหน้าอกเหมือนผู้ป่วยเส้นเลือดหัวใจอุดตัน แม้กระนั่น มีโอกาสที่การตรวจเลือดจากอุจจาระจะให้ผลเป็นลบด้วย ทำให้ผู้ป่วยที่มาด้วยเรื่องซีดที่หาสาเหตุไม่ได้จำเป็นต้องคัดกรองโรคนี้ด้วย (Mayer, 2015)

การแบ่งระยะมะเร็งจะแบ่งตามระบบ TMN (American Joint Committee on Cancer, 2012) ซึ่งเป็นตัวย่อของขนาดของมะเร็งที่อวัยวะต้นกำเนิด (Primary Tumor, T), การลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง (Regional Lymph Nodes, N) และการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น (Metastasis, M) โดยมีคำอธิบายดังนี้

ขนาดของมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (Primary Tumor, T)

Tx ไม่สามารถประเมินขนาดของก้อนมะเร็งต้นกำเนิดได้

T0 ไม่พบก้อนมะเร็งต้นกำเนิดได้

Tis พบเซลล์มะเร็งในเนื้อเยื่อชั้น intraepithelial หรือ มะเร็งลุกลามถึงชั้น lamina propria*

T1 มะเร็งลุกลามถึงชั้น submucosa

T2 มะเร็งลุกลามถึงชั้น muscularispropria

T3 มะเร็งลุกลามผ่านชั้น muscularispropriaถึงชั้น pericolorectal tissue

T4a มะเร็งทะลุถึงผิวของผนังช่องท้อง (visceral peritoneum)**

T4b มะเร็งลุกลามโดยตรงถึงหรือลุกลามใกล้กับอวัยวะใกล้เคียง**,***

* Tis รวมถึงเซลล์มะเร็งที่อยู่ในชั้น glandular basement membrane (intraepithelial) หรือ mucosal lamina propria (intramucosal) โดยไม่ผ่านชั้น muscularis mucosae ถึง submucosa

** การลุกลามโดยตรงตรงของระยะ T4 รวมถึงการลุกลามถึงอวัยวะอื่นหรือส่วนอื่นของลำไส้ใหญ่หรือลำไส้ตรงนอกเหนือจากบริเวณต้นกำเนิด โดยเกิดจากการลุกลามจากมะเร็งผ่านชั้น serosa ซึ่งยืนยันจากการตรวจเนื้อเยื่อทางกล้องจุลทรรศน์ หรือ การลุกลามผ่านชั้น muscularispropria สำหรับมะเร็งที่อยู่ใน retroperitoneal หรือ subperitonealโดยมะเร็งจะลุกลามไปยังอวัยวะอื่นหรือส่วนอื่นในบริเวณใกล้เคียง

*** มะเร็งที่อยู่ใกล้กับอวัยวะใกล้เคียงทางกายวิภาคจัดอยู่ในระยะ cT4b อย่างไรก็ตาม ถ้ามะเร็งไม่ลุกลามติดกับอวัยวะใกล้เคียง โดยตรวจดูจากกล้องจุลทรรศน์ จะจัดให้มะเร็งอยู่ในระยะ pT1-4a ตามลักษณะทางกายวิภาคของการลุกลาม การแบ่งระยะ V และ L ใช้สำหรับระบุถึงสถานะการลุกลามถึงเส้นเลือดหรือท่อน้ำเหลือง ส่วน PN ใช้สำหรับการลุกลามถึง perineural

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง (Regional Lymph Nodes, N)

Nx ไม่สามารถประเมินการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง

N0 ไม่มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง

N1 มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง 1-3 ต่อม

N1a มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง 1 ต่อม

N1b มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง 2-3 ต่อม

N1c ก้อนมะเร็งฝังอยู่นชั้น subserosa, mesentery หรือ nonperitonealized pericolic หรือ เนื้อเยื่อ perirectal อยู่ไม่มีการแพร่กระจายถึงต่อมน้ำเหลือง

N2 มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียงมากกว่า 3 ต่อม

N2a มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียง 4-6 ต่อม

N2b มีการลุกลามถึงต่อมน้ำเหลืองในบริเวณใกล้เคียงมากกว่า 6 ต่อม

หมายเหตุ - ก้อนมะเร็ง satellite peritumoral ในเนื้อเยื่อ pericolorectal adipose tissue ในก้อนมะเร็งต้นกำเนิดโดยไม่มีหลักฐานทางพยาธิวิทยาว่ามีชิ้นส่วนต่อมเน้ำเหลืองซึ่งแสดงถึงการแพร่กระจายแบบไม่ต่อเนื่อง การลุกลามถึงเส้นเลือดดำแบบกระจายไปเส้นเลือดอื่น (V1/2) หรือต่อมน้ำเหลืองเบียดออกจากตำแหน่งเดิม (N1/2) ต่อมที่ออกจากตำแหน่งนับแยกจากต่อมน้ำเหลืองที่มีมะเร็งลุกลามในการแบ่งระยะของต่อมน้ำเหลือง ในขณะที่การแพร่กระจายในเส้นเลือดดำหรือแบบไม่ต่อเนื่องจัดอยู่ในการแบ่งการฝังตัวของมะเร็ง (Tumor Deposit TD)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น (Metastasis, M)

M0 ไม่มีการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น

M1 มีการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น

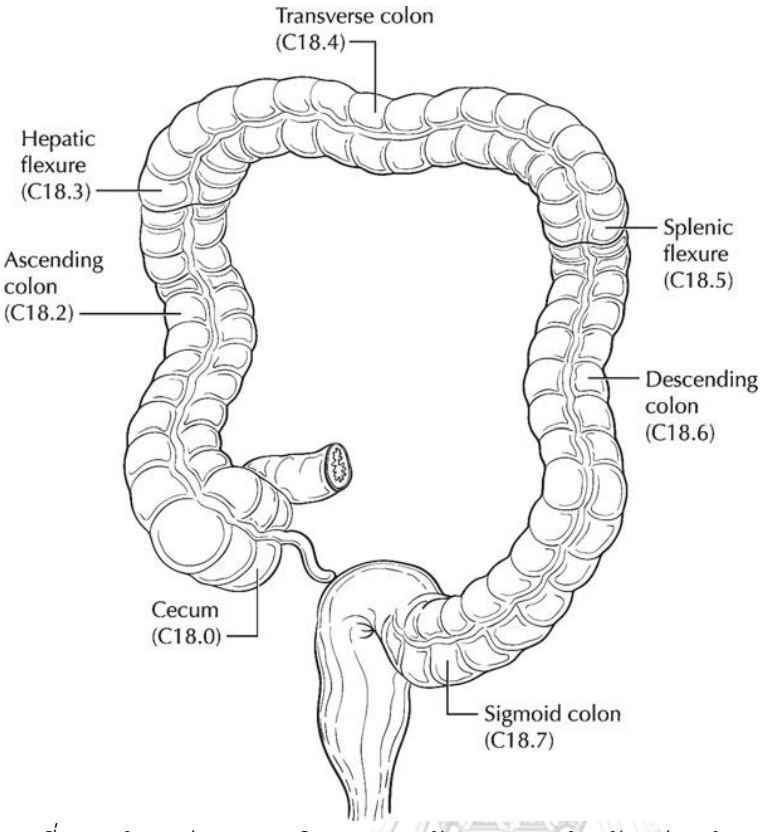
M1a มีการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่นเพียงตำแหน่งเดียว

M1b มีการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่นมากกว่าตำแหน่งเดียวหรืออยู่ในช่องท้อง

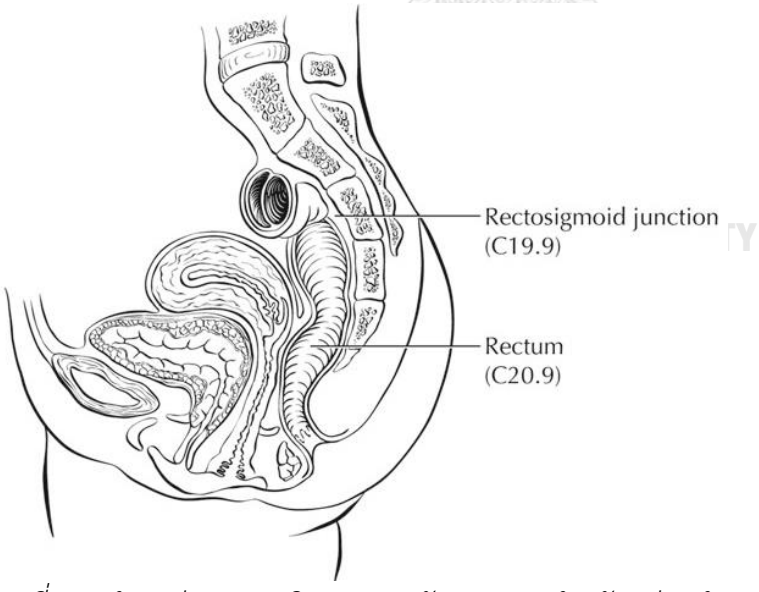
ตารางที่ 1.1 การแบ่งระยะโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระบบ TNM

ระยะ	ระบบ TNM
0	Tis N0 M0
I	T1 N0 M0
	T2 N0 M0
IIA	T3 N0 M0
IIB	T4a N0 M0
IIC	T4b N0 M0
IIIA	T1–T2 N1/N1c M0
	T1 N2a M0
IIIB	T3–T4a N1/N1c M0
	T2–T3 N2a M0
	T1–T2 N2b M0
IIIC	T4a N2a M0
	T3–T4a N2b M0
	T4b N1–N2 M0
IVA	Any T Any N M1a
IVB	Any T Any N M1b

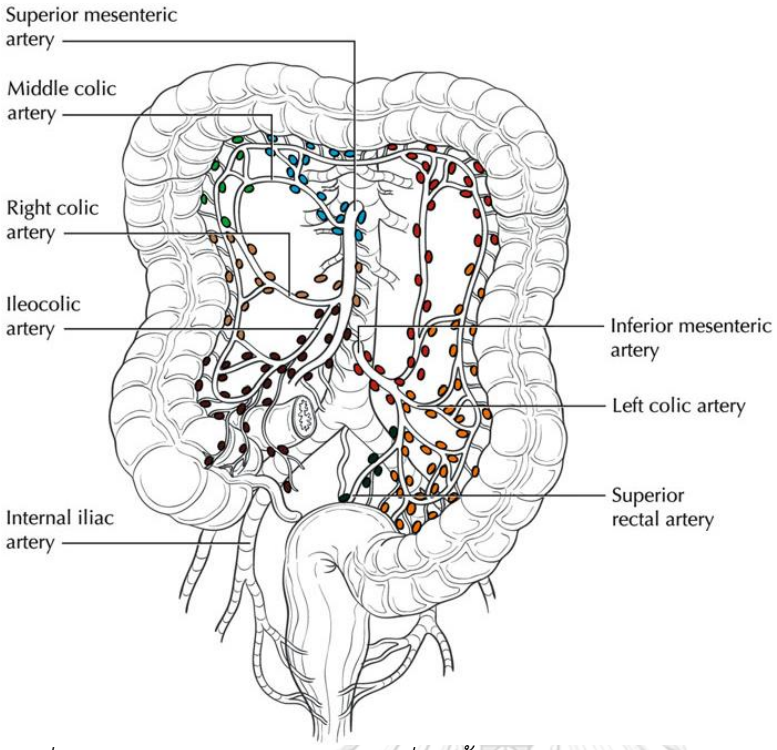
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



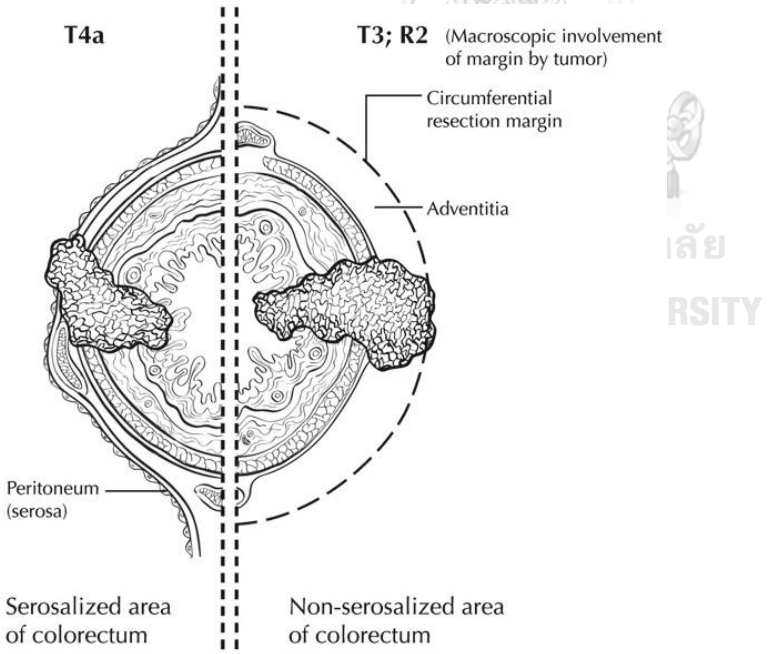
รูปที่ 1.1 ตำแหน่งทางกายวิภาคและรหัส ICD-10 สำหรับแต่ละตำแหน่งของลำไส้ใหญ่



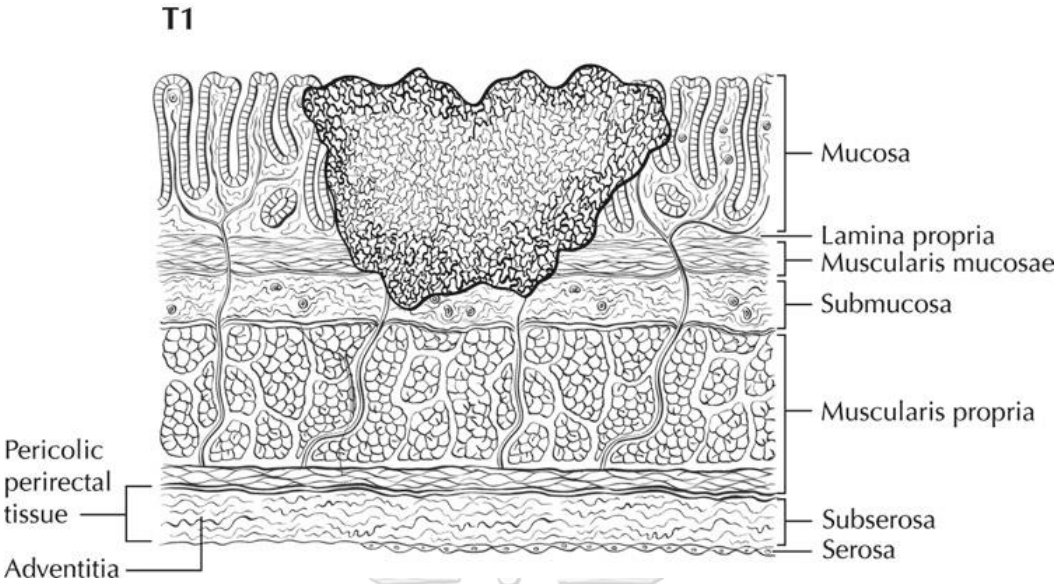
รูปที่ 1.2 ตำแหน่งทางกายวิภาคและรหัส ICD-10 สำหรับแต่ละตำแหน่งของลำไส้ตรงและส่วนเชื่อมระหว่างลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง



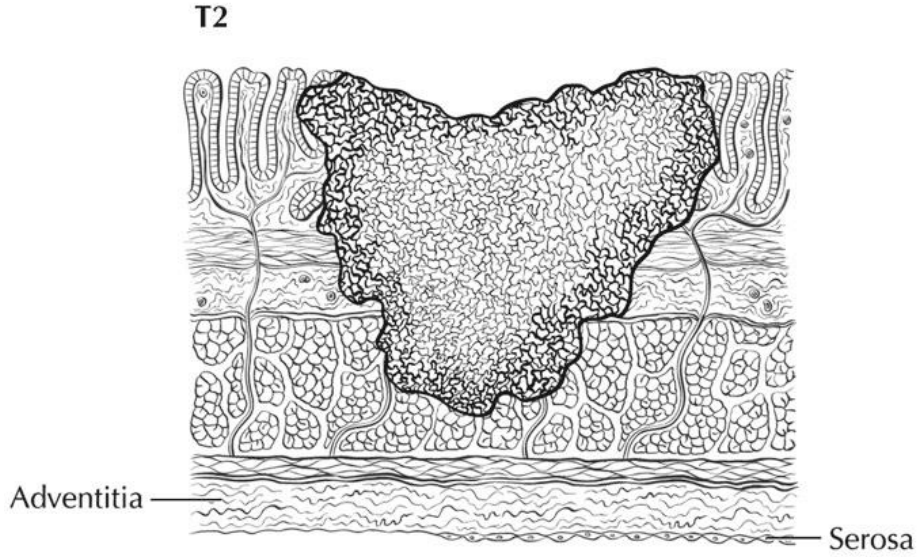
รูปที่ 1.3 ตำแหน่งของเส้นเลือดแดงที่มาเลี้ยงลำไส้ใหญ่



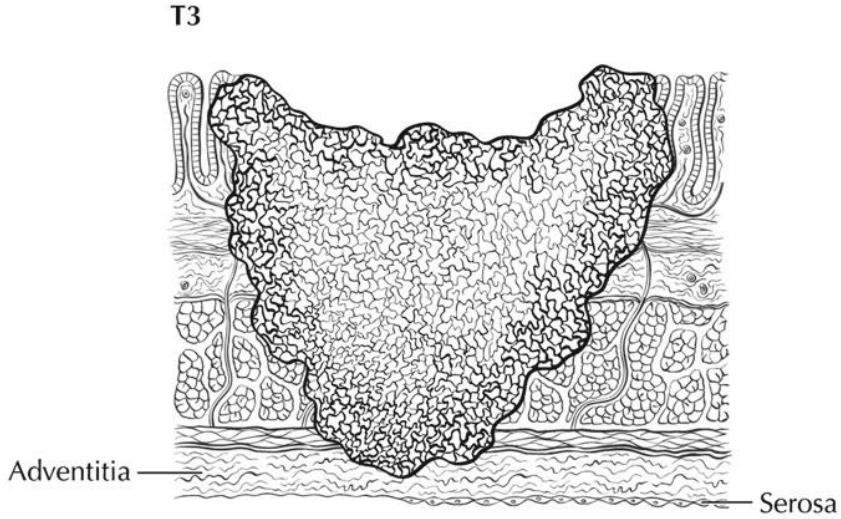
รูปที่ 1.4 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิด



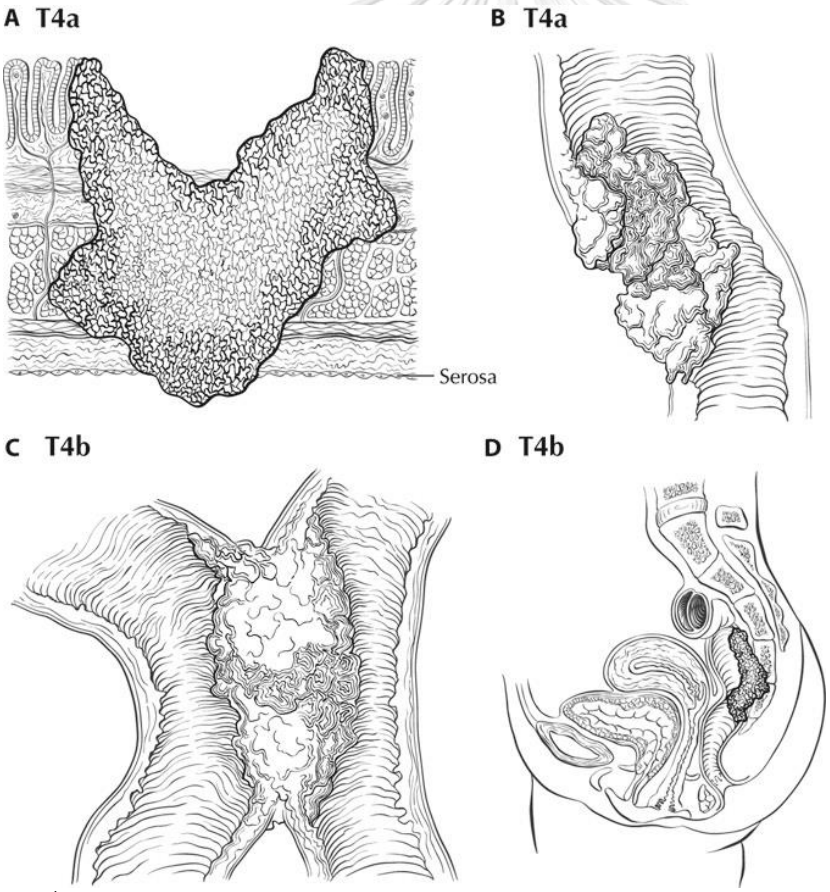
รูปที่ 1.5 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T1



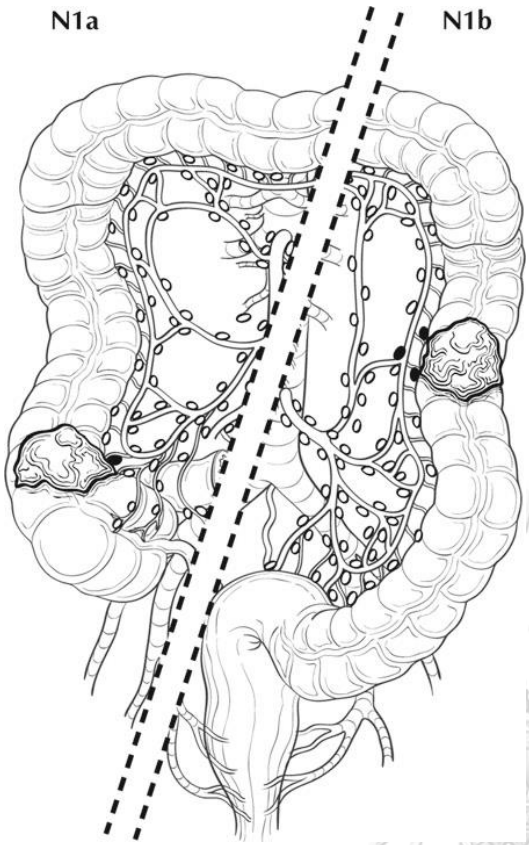
รูปที่ 1.6 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T2



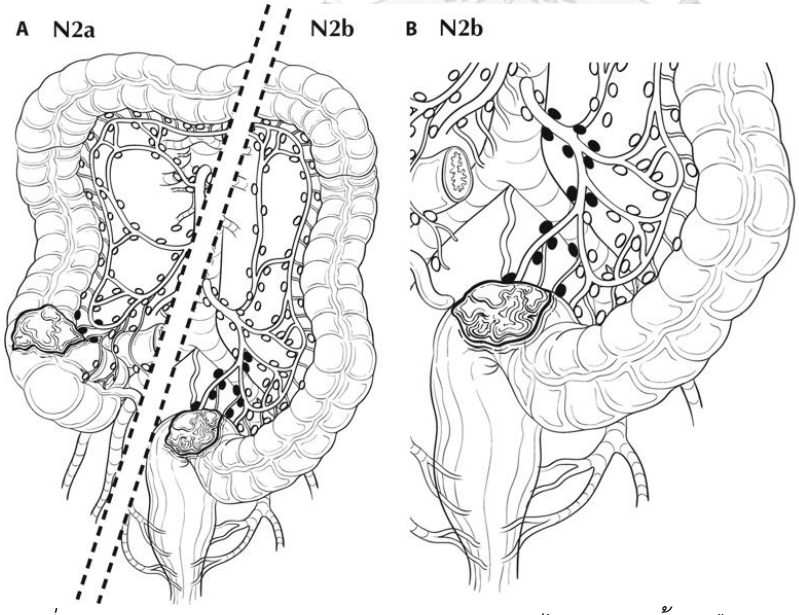
รูปที่ 1.7 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T3



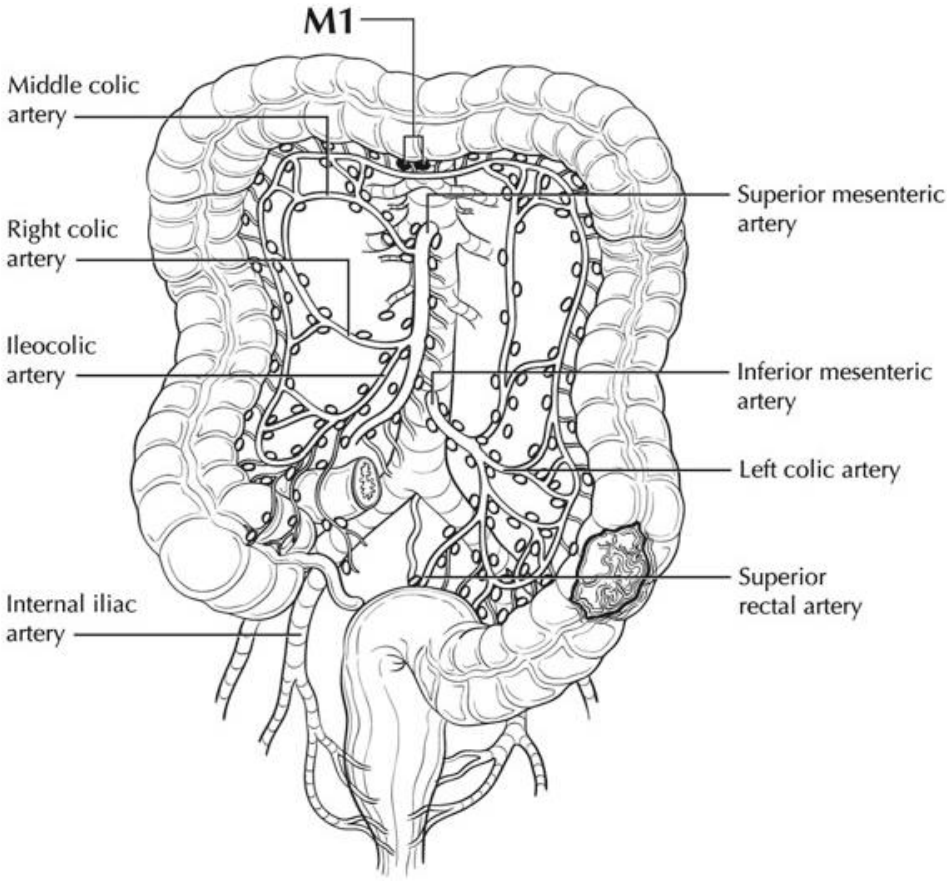
รูปที่ 1.8 การแบ่งระยะสำหรับก้อนมะเร็งต้นกำเนิดระยะ T4



รูปที่ 1.9 การแบ่งระยะสำหรับการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองระยะ N1



รูปที่ 1.10 การแบ่งระยะสำหรับการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองระยะ N2



รูปที่ 1.11 การแบ่งระยะสำหรับมะเร็งระยะแพร่กระจาย M1

1.1.3 ธุรกิจการประกันสุขภาพภาคเอกชน

ทางด้านของธุรกิจประกันภัย จากการประชุมที่จัดขึ้นโดยสมาคมประกันชีวิตไทย วันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 นางนุสรา (อัสสกุล) บัญญัติปิยพจน์ นายกสมาคมประกันชีวิตไทย ได้เผยว่า ธุรกิจประกันชีวิตไทยมีอัตราการเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อเทียบกับธุรกิจอื่น โดยมีเบี้ยประกันชีวิต ณ สิ้นปี 2559 รวมทั้งสิ้น 568,260.4 ล้านบาท คิดเป็นอัตราเติบโตถึงร้อยละ 5.7 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา แม้ว่าจะมีปัจจัยด้านลบจากเศรษฐกิจโลกที่ชะลอตัวและหนี้ภาคครัวเรือนที่เป็นปัญหาอยู่ แต่ปัจจัยด้านบวกเช่น การแข่งขันในหมู่บริษัทประกันและการตื่นตัวของผู้บริโภคในเรื่องความสำคัญของการทำประกันและภาครัฐสนับสนุน ทำให้สมาคมเล็งเห็นศักยภาพของธุรกิจประกันชีวิตไทยว่าสามารถที่จะเติบโตได้อีกในปี 2560 และตั้งเป้าอัตราเติบโตไว้ที่ร้อยละ 6 เบี้ยประกันภัยรับรวมประมาณ 597,000 ล้านบาท อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของผลิตภัณฑ์ประกันชีวิตในปี 2560 มีลักษณะที่เน้นขายผลิตภัณฑ์ประกันชีวิตแบบคุ้มครอง และผลิตภัณฑ์ควบการลงทุน (Investment Link Product) เนื่องจากอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำและคาดว่าจะลดลงอีก และบริษัทประกันชีวิตหลายบริษัทมีนโยบายเน้นจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีระยะการจ่ายเบี้ยประกันภัยที่ยาวขึ้น และปรับลดการขาย

ผลิตภัณฑ์แบบชำระเบี้ยประกันภัยครั้งเดียวลง (นุสรา (อัสสกุล) บัญญัติปิยพจน์, 2559) จากแนวโน้มดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงไม่ใช้การจ่ายเบี้ยประกันเพียงครั้งเดียว เมื่อระยะเวลาการคุ้มครองมากกว่า 1 ปี

เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตประเภทสามัญเฉพาะสัญญาเพิ่มเติมการประกันสุขภาพมีอัตราการเพิ่มอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปีพ.ศ.2547 ซึ่งมีเบี้ยประกันภัย 12,399 ล้านบาท เมื่อถึงปีพ.ศ.2558 เบี้ยประกันเพิ่มเป็น 55,004 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มจากปีพ.ศ.2557 ถึงร้อยละ 43 ในขณะที่เบี้ยประกันภัยรับสุทธิของธุรกิจประกันวินาศภัยจากการประกันสุขภาพ เติบโตจาก 1,311 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2547 เป็น 7,939 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2558 เมื่อเทียบอัตราส่วนของมูลค่าเบี้ยประกันภัยรับสุทธิของธุรกิจประกันวินาศภัยจากการประกันสุขภาพกับเบี้ยประกันภัยรับสุทธิของการประกันวินาศภัยทุกประเภทรวมกัน จะได้ว่าอัตราส่วนของธุรกิจประกันวินาศภัยจากการประกันสุขภาพมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเรื่อยมา และจากผลสำรวจสวัสดิการค่ารักษาพยาบาลพบว่าการประกันสุขภาพกับบริษัทประกันภัยมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของการประกันสุขภาพและสัดส่วนจำนวนเบี้ยประกันภัยต่อกรมธรรม์ (สาโรจน์ เกษมสุขโชติกุล, อักษราภัค อับดุลเล๊าะ, & กนต์ธร ชัยนิวัฒนา, 2557)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่จ่ายผลประโยชน์ตามการแบ่งระยะของโรคมะเร็ง 4 ระยะหลักตามระบบ TNM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- อัตราการเสียชีวิตของประชากรไทยจะใช้อัตราการเสียชีวิตตามตารางมรณะไทยประจำปี พ.ศ. 2560 จากสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.)
- อัตราอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของประชากรไทยจะใช้ค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรโดยปรับฐานตามช่วงอายุช่วงละ 5 ปี สำหรับประชากรไทยในปี พ.ศ. 2553-2555 จาก Cancer in Thailand Vol 8 2010-2012
- การแบ่งระยะของโรคมะเร็งจะใช้ระบบ TNM (Tumor, Lymph Node, and Metastasis) ของ AJCC (American Joint Committee on Cancer) และ UICC (Union for

International Cancer Control) ซึ่งได้ระบุรายละเอียดสำหรับการแบ่งระยะของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไว้

- อัตราการอยู่รอด 5 ปีและอัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะตั้งแต่ระยะที่ 1-4 ได้จากบทความวิจัยทางการแพทย์ในวารสารทางการแพทย์ที่ศึกษาผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในประเทศไทย
- ผู้เอาประกันภัยต้องเป็นประชากรไทยในช่วงอายุ 30-70 ปี โดยที่ยังไม่เคยวินิจฉัยพบโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาก่อน
- การจ่ายเบี้ยประกันภัยจะจ่ายเป็นรายปี ณ เวลาเริ่มต้นของปีกรมธรรม์มากกว่า 1 ปีขึ้นไป

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

- ค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ไม่ว่าสถานะเริ่มต้นจะเป็นผู้เอาประกันภัยปกติหรือผู้ป่วยมะเร็ง จะมีค่าเท่ากันในแต่ละอายุปี
- ผู้เอาประกันภัยจะเสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงได้ต้องมีการเกิดมะเร็งก่อน กล่าวคือ ต้องมีการวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งดังกล่าวก่อน
- ผู้เอาประกันภัยที่วินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแล้ว จะไม่สามารถกลับเป็นสถานะปกติได้
- งานวิจัยนี้กำหนดให้ผู้เอาประกันภัยต้องมีการวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงก่อนการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ไม่มีกรณีที่ผู้เอาประกันภัยเสียชีวิตและมีการวินิจฉัยหลังเสียชีวิตว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หรือวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจากใบมรณะบัตร
- ผู้เอาประกันภัยเมื่อถูกวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งระยะใดแล้ว จะคงสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งระยะนั้นตลอดไป ไม่มีการเปลี่ยนระยะ แม้ว่าการดำเนินโรคจะเปลี่ยน เช่นไม่มีการเป็นซ้ำเกิน 5 ปี หรือมีการแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น เนื่องจากข้อจำกัดของระบบการแบ่งระยะมะเร็งแบบ TMN ที่แบ่งระยะมะเร็งผู้ป่วยตอนวินิจฉัยครั้งแรก
- ผลรวมค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะสู่สถานะเสียชีวิตจากทุกสาเหตุรวมกันจะได้จากการคำนวณค่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะ
- ค่าสัดส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะกำหนดให้เป็นค่าคงที่สำหรับทุกอายุตามข้อมูลจากงานวิจัยในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- กรมธรรม์หลักที่สัญญาแนบท้ายนี้ใช้ในการคุ้มครองเพิ่มเติมจะเป็นกรมธรรม์ประกันชีวิตแบบชั่วระยะเวลาหนึ่ง โดยสัญญาแนบท้ายจะเพิ่มผลประโยชน์ในกรณีที่วินิจฉัยพบหรือเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
- ผู้เอาประกันภัยต้องเป็นประชากรไทยในช่วงอายุ 30-70 ปี โดยที่ยังไม่เคยวินิจฉัยพบโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาก่อน
- สัญญาแนบท้ายนี้จะมีระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยรายปีเท่ากันเป็นเวลา 5 ปี
- การจ่ายผลประโยชน์เมื่อผู้เอาประกันภัยถูกวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะจ่ายทันทีที่ผู้เอาประกันภัยมีหลักฐานการวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวและระบุระยะของโรคมะเร็งตามระบบ TMN โดยจะจ่ายเมื่อถูกวินิจฉัยพบครั้งแรกเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- การจ่ายผลประโยชน์เมื่อผู้เอาประกันภัยเสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะจ่ายให้ตอนสิ้นปีกรมธรรม์
- การชำระเบี้ยประกันภัย ผู้เอาประกันภัยจะชำระเบี้ยประกันภัยทุกต้นปีกรมธรรม์
- สัญญาแนบท้ายจะสิ้นสุดการคุ้มครองเมื่อผู้เอาประกันภัยเสียชีวิตหรือหมดเวลาคุ้มครองตามกรมธรรม์หรือสัญญาแนบท้าย
- เมื่อผู้เอาประกันภัยถูกวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแล้วได้รับผลประโยชน์จากการคุ้มครองการวินิจฉัยแล้ว ยังคงมีสิทธิรับผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- ค่าสัดส่วนผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะและอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปี ของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะเป็นค่าที่ได้จากการวิจัยและเก็บข้อมูลจากกลุ่มประชากรตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่เป็นประชากรกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาล ได้แก่ โรงพยาบาลราชวิถี (Laohavinij, Maneechavakajorn, & Techatanol, 2010) และโรงพยาบาลศิริราช (Techawathanawanna, Nimmannit, & Akewanlop, 2012) ที่ผู้ทำการวิจัยรวบรวมและติดตามผล โดยเป็นผลการศึกษาย้อนหลังเพื่อติดตามผลการรักษา ซึ่งค่าเหล่านี้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางการแพทย์ แต่ปัจจุบันยังไม่มีค่าที่ได้จากประชากรในประเทศไทยทั้งหมด ทำให้ค่าที่ได้อาจจะเบี่ยงเบนจากความเป็นจริง
- ข้อมูลจากงานวิจัยที่ใช้ค่อนข้างเก่า เนื่องจากข้อมูลที่ใหม่กว่ายังไม่ได้รับการรับรองหรือไม่มีการศึกษา โดย Cancer in Thailand ฉบับใหม่ที่สุดมีข้อมูลถึงปีพ.ศ. 2555 ส่วนงานวิจัยที่มี

ค่าสัดส่วนและอัตราการอยู่รอดของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ((Techawathanawanna et al., 2012) และ (Laohavinij et al., 2010)) เป็นงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในช่วงปีพ.ศ. 2553-2555 โดยฐานข้อมูลที่ใช้การวิจัยที่ได้ค่าดังกล่าวเป็นกลุ่มประชากรที่ใหม่ที่สุดคือปีพ.ศ. 2550

- ค่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีที่ได้จากงานวิจัย ((Techawathanawanna et al., 2012)และ (Laohavinij et al., 2010)) มีการรักษาที่เก่ากว่าสูตรยาที่ใช้ในปัจจุบัน อาจจะทำให้ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะสูงกว่าความเป็นจริง
- อัตราอุบัติการณ์การพบผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรายใหม่ที่ได้จาก Cancer in Thailand เป็นค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่เข้าร่วมโครงการเก็บรวบรวมทะเบียนผู้ป่วยมะเร็ง ซึ่งครอบคลุมประชากรไทย 15 จังหวัดจาก 76 จังหวัด จากนั้นสถาบันวิจัยมะเร็งจะนำข้อมูลจากทะเบียนมะเร็งใน 15 จังหวัดมาคำนวณค่าเทียบเท่าประชากรระดับภาคและระดับประเทศต่อไป และตัดข้อมูลที่ไม่ได้มาตรฐานของสถาบันวิจัยมะเร็งออก ทำให้ค่าที่ได้อาจจะน้อยกว่าความเป็นจริง เมื่อนำมาใช้กับประชากรไทยทั้งหมด หากเป็นไปได้ ควรใช้กับประชากรไทยที่รักษาในโรงพยาบาลที่อยู่ในโครงการประกันสุขภาพและผู้ป่วยที่สถาบันวิจัยมะเร็งใช้เก็บเป็นข้อมูล โดยจังหวัดที่ครอบคลุมได้แก่
    - ภาคเหนือ
        - เชียงใหม่
        - ลำพูน
        - ลำปาง
        - พิษณุโลก
    - ภาคอีสาน
        - อุดรธานี
        - ขอนแก่น
        - อุบลราชธานี
    - ภาคกลาง
        - ลพบุรี
        - กรุงเทพมหานคร
    - ภาคตะวันออก
        - ชลบุรี
        - ระยอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

        - จันทบุรี
    - ภาคใต้
        - ตราด
        - สุราษฎร์ธานี
        - กระบี่

- อัตราการอยู่รอดของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะ I-IV ที่ได้จากงานวิจัยไม่มีความละเอียดพอ ทำให้ไม่สามารถหาค่าอัตราการอยู่รอดแบบปีต่อปีได้ ทำให้ต้องใช้ค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะสู่สถานะเสียชีวิตจากทุกสาเหตุรวมกันมีค่าคงที่

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

- การเจ็บป่วยด้วยโรคร้ายแรง คือ การได้รับวินิจฉัยจากแพทย์เป็นครั้งแรกว่าเจ็บป่วยด้วยโรคร้ายแรงโรคใดโรคหนึ่งตามคำจำกัดความที่กำหนดไว้ในข้อตกลงของกรมธรรม์ประกันภัย พร้อมทั้งมีหลักฐานทางการแพทย์ชัดเจนโดยแพทย์ที่มีใบประกอบโรคศิลป์เหมาะสมกับโรคร้ายแรงดังกล่าวในที่นี้ โรคมะเร็งถือว่าเป็นโรคร้ายแรงชนิดหนึ่งตามนิยามของคปภ.
- ลำไส้ใหญ่เป็นอวัยวะในระบบทางเดินอาหารซึ่งอยู่ในช่องท้อง โดยเป็นส่วนต่อระหว่างลำไส้เล็กและทวารหนัก โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ the cecum รวมกับ ascending colon, transverse colon, descending colon, sigmoid colon และ rectum
    - Cecum เป็นลำไส้ใหญ่ส่วนต่อระหว่างลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก โดยสามารถหลั่งน้ำย่อยเพื่อสลายอาหารให้อยู่ในรูปแบบที่ร่างกายสามารถดูดซึมได้ ในส่วนนี้จะมีลำไส้ติ่ง (appendix) อยู่ด้วย
    - Ascending colon เป็นส่วนที่ต่อจาก Cecum โดยเป็นลำไส้ใหญ่ส่วนที่อาหารที่เหลือจะไหลย้อนขึ้นด้านบนสู่ลำไสใหญ่ส่วน Transverse colon หน้าที่ของลำไส้ส่วนนี้คือดูดซึมน้ำและสารอาหารที่เหลืออยู่
    - Transverse colon เป็นส่วนที่ต่อจาก Ascending colon โดยตำแหน่งมุมด้านที่อยู่ใกล้กับตับซึ่งเชื่อมกับ Ascending colon จะเรียกว่า Hepatic Flexure และตำแหน่งมุมด้านที่อยู่ใกล้กับม้ามซึ่งเชื่อมต่อกับ Descending colon จะเรียกว่า Splenic Flexure
    - Descending colon เป็นส่วนที่ต่อจาก Transverse colon ซึ่งมีหน้าที่เก็บส่วนที่เหลือหลังจากดูดซึมน้ำและสารอาหารหมดแล้ว ส่วนที่เหลือนี้จะถูกขับถ่ายออกจาก

ร่างกายเป็นอุจจาระ ลำไส้ส่วนนี้จะไหลลงจาก Splenic Flexure ไปเชื่อมกับ Sigmoid Colon

- Sigmoid colon เป็นส่วนที่ต่อจาก Descending colon ผนังลำไส้ส่วนนี้มีกล้ามเนื้อที่จะช่วยบีบและดันอุจจาระให้ออกผ่านไปยังลำไส้ตรงหรือ rectum เพื่อขับถ่ายผ่านทางทวารหนักหรือ anus ต่อไป
- Rectum หรือลำไส้ตรงเป็นลำไส้ใหญ่ส่วนสุดท้ายต่อจาก Descending colon โดยจะเป็นส่วนที่เก็บอุจจาระก่อนที่จะถูกขับถ่ายออกไป

- Colorectal Cancer หรือมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงคือมะเร็งที่เกิดขึ้นในลำไส้ใหญ่ในส่วนตั้งแต่ Cecum จนถึง Rectum โดยในระบบ ICD-10 (International Classification of Diseases) จะมีรหัสดังนี้
  - C18 Malignant neoplasm of colon
    - C18.0 Caecum
    - C18.1 Appendix
    - C18.2 Ascending colon
    - C18.3 Hepatic flexure
    - C18.4 Transverse colon
    - C18.5 Splenic flexure
    - C18.6 Descending colon
    - C18.7 Sigmoid colon
    - C18.8 Overlapping lesion of colon
    - C18.9 Colon, unspecified
  - C19 Malignant neoplasm of rectosigmoid junction
  - C20 Malignant neoplasm of rectum

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รูปแบบและเบี้ยประกันภัยสำหรับการประกันภัยแบบใหม่ที่แบ่งการดำเนินโรคของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเป็น 4 ระยะตามระบบการแบ่งระยะสำหรับมะเร็งแบบ TNM เพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้เอาประกันภัยที่ต้องการการครอบคลุมที่เหมาะสมสำหรับการรักษามะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ในแต่ละระยะ

2. ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากรไทย

1.8 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ

1. ศึกษาและค้นคว้าเอกสาร ตำรา งานวิจัย รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บรวบรวมข้อมูลจากวารสารทางการแพทย์ที่ศึกษาจากประชากรในประเทศไทยและสถิติอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของประชากรไทยจากสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งชาติ
3. ประมาณค่าความรุนแรงของอุบัติการณ์ของการวินิจฉัยพบโรคของผู้เอาประกันภัย โดยแปลงอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งจากค่าสำหรับกลุ่มประชากรอายุช่วงละ 5 ปีเป็นค่าสำหรับประชากรอายุแต่ละปี โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์คือ Cubic Spline Interpolation หลังจากนั้นจึงใช้ค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ที่ได้เป็นค่าความรุนแรงการเปลี่ยนสถานะจากปกติเป็นผู้ป่วยมะเร็ง
4. สร้างตัวแบบลูกโซ่มาร์คอฟ เพื่อใช้สำหรับคำนวณทางคณิตศาสตร์ประกันภัยโดยใช้ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะโดยแบ่งเป็น 4 สถานะหลักคือ ปกติ ผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ผู้เสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและผู้เสียชีวิตจากสาเหตุอื่น โดยผู้ป่วยมะเร็งจะแบ่งออกเป็น 4 สถานะย่อยตามระยะทั้งสี่ของมะเร็ง
5. แปลงค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็ง อัตราการอยู่รอดของมะเร็งแต่ละระยะ อัตราการตายของประชากรทั่วไป ให้เป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะแบบคงที่ช่วงระยะเวลา 1 ปี (Piecewise Constant Intensity)
6. คำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี
7. ออกแบบตัวอย่างสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ โดยกำหนดผลประโยชน์สำหรับกรณีการวินิจฉัยพบหรือเสียชีวิตจากมะเร็งดังกล่าว โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ
   7.1. กรณีที่ 1 : ผลประโยชน์มีค่าเท่ากันสำหรับทุกระยะของโรคมะเร็ง
   7.2. กรณีที่ 2 : ผลประโยชน์มีค่าไม่เท่ากัน โดยในระยะของโรคมะเร็งที่สูงขึ้นจะมีอัตราส่วนผลประโยชน์มากกว่าระยะของโรคมะเร็งที่ต่ำกว่า
8. คำนวณมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับตามการครอบคลุมที่ระบุในสัญญาแนบท้ายในข้อ 7
9. คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเบี้ยประกันภัยที่ผู้เอาประกันภัยจะต้องจ่ายตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่าง โดยใช้หลักการที่ค่าคาดหวังของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับต้องเท่ากับค่าคาดหวังของจำนวนรวมของเบี้ยประกันภัยที่ผู้เอาประกันภัยจะต้องจ่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

10. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยของเพศชายและหญิง กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 และเปรียบเทียบอัตราส่วนของเบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้ายต่อเบี้ยประกันภัยสำหรับกรมธรรม์ประกันชีวิตที่กำหนดให้ผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับเมื่อเสียชีวิตทุกสาเหตุมีมูลค่าเท่ากับผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับจากสัญญาแนบท้าย

1.9 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย

บทที่ 1 จะเป็นการกล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา คำอธิบายและนิยามทางกายภาพของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง และแนวโน้มของธุรกิจประกันภัย วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยนี้ โดยจะรวมถึงข้อจำกัดของงานวิจัยและคำจำกัดความที่จะใช้อธิบายการคำนวณและนิยามที่จำเป็นต้องทราบเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของผู้อ่าน และในตอนท้ายจะอธิบายถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัย

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง โดยจะแบ่งเป็นส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยอื่นที่ใช้อ้างอิง ในแต่ละบทย่อยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วนคือเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้ในการคำนวณทางการประกันภัย และเนื้อหาทางการแพทย์ซึ่งใช้สำหรับอธิบายโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง การแบ่งระยะของโรค

บทที่ 3 เป็นเนื้อหาในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้กับการคำนวณค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะและความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี เพื่อใช้ในการคำนวณเบี้ยประกันและผลประโยชน์ทางการประกันภัยในบทต่อไป

บทที่ 4 เป็นตัวอย่างการคำนวณเบี้ยประกันตามผลประโยชน์ทางการประกันภัยที่กำหนดไว้ในสัญญาแนบท้ายตัวอย่างและการสมมุติค่าอัตราดอกเบี้ยคงที่ต่อปีตลอดช่วงเวลาของกรมธรรม์เพื่อใช้ในการคำนวณ

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลลัพธ์และอภิปรายถึงผลลัพธ์ของการคำนวณที่ได้ในบทที่ 4 โดยจะมีการกล่าวถึงข้อจำกัดจากการคำนวณ การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงและข้อปรับปรุงที่สามารถแก้ไขหรือเพิ่มเติมจากงานวิจัยนี้ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ เป็นการนำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยอื่นที่นำมาใช้ในการสร้างสมการและการคำนวณที่จำเป็น โดยอิงตามข้อตกลงที่กล่าวไว้ในบทที่ 1

เนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 บทย่อยหลักอันได้แก่

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาโดยหลักจะเป็นทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ อันได้แก่ กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ ตัวแบบการลดลงแบบพหุ การประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม กฎของเครเมอร์ และวิธีการทางตัวเลขสำหรับแก้สมการตัวแปรเดียวของนิวตันและราฟสัน
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นส่วนที่นำเสนองานวิจัยในและต่างประเทศที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องหรือคล้ายคลึงกับงานวิจัยฉบับนี้ โดยเป็นเนื้อหาส่วนที่ใช้อ้างอิงโดยสรุปว่าแนวคิดสมมุติฐานและหลักการที่ใช้มาจากแหล่งใดและมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้อย่างไร โดยแบ่งเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ประกันภัยและเนื้อหาทางการแพทย์ที่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและใช้ในการคำนวณ

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Process)

จากข้อตกลงที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 การคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิจะใช้การคำนวณจากผลประโยชน์ตามตัวอย่างสัญญาแนบท้ายที่สร้างขึ้นและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะซึ่งจะได้จากการคำนวณตามรูปแบบหลายสถานะซึ่งสร้างขึ้นและคำนวณโดยใช้กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟ เนื่องจากการจ่ายผลประโยชน์ที่กำหนดในข้อตกลงมีทั้งแบบคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงซึ่งจ่ายผลประโยชน์ทันทีที่ได้ผลการตรวจและระบุระยะของมะเร็งแล้ว ซึ่งใช้การคำนวณแบบเวลาต่อเนื่องหรือ continuous time และคุ้มครองการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงซึ่งจ่ายผลประโยชน์ตอนสิ้นปีกรมธรรม์ ซึ่งจะใช้การคำนวณแบบเวลาไม่ต่อเนื่องหรือ discrete time เนื้อหาในส่วนนี้จึงมีการอธิบายกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟทั้งสองแบบ

กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟเป็นกระบวนการสโตคาสติก (Stochastic Process) แบบหนึ่งซึ่งเป็นเซตของตัวแปรสุ่มซึ่งอิงตามหรือเกี่ยวข้องกับเซตของตัวเลขอีกเซตหนึ่งซึ่งบ่งบอกถึงเวลาที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรสุ่มในเซตแรก โดยเซตของตัวเลขเป็นจำนวนจำกัดหรือมีจำนวนไม่จำกัด เป็นจำนวนเต็มหรือจำนวนจริงก็ได้ ตามลักษณะของการศึกษาที่สนใจ กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟเป็นประเภทหนึ่งของกระบวนการสโตคาสติก

กระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟจะระบุว่าความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ถัดจากหรือหลังจากเวลาปัจจุบันจะขึ้นกับเหตุการณ์ปัจจุบัน ณ เวลาปัจจุบันเพียงเหตุการณ์เดียว เหตุการณ์ในเวลาก่อนหน้านี้จะไม่มีผล

ในการทดลองสุ่มที่สนใจหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จากการทดลองดังกล่าว ปริภูมิ (Space) $\boldsymbol{\Omega}$ เป็นเซตที่มีสมาชิกเป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้จากการทดลองสุ่ม

เซตของเหตุการณ์ $\boldsymbol{F}$ (Event) เป็นกลุ่มของเซตของผลลัพธ์ที่สนใจซึ่งเป็นซับเซตของปริภูมิ

มาตรวัดทางสถิติ (Probability Measure) $\boldsymbol{P}$ เป็นค่าความน่าจะเป็นซึ่งขึ้นกับเหตุการณ์ที่สนใจในเซตของเหตุการณ์ เซตของผลลัพธ์จะมีค่าความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

ปริภูมิทางสถิติจะเป็นการรวมเซตปริภูมิ เซตของเหตุการณ์ และมาตรวัดทางสถิติ เขียนในรูปของ $\boldsymbol{(\Omega,F,P)}$ เพื่อใช้เป็นนิยามสำหรับตัวแปรสุ่มที่ทำการศึกษา โดยในกระบวนการสโตคาสติกจะเป็นตัวแปรสุ่มที่อิงตามตัวเลขที่ระบุถึงช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรสุ่มตามเหตุการณ์ที่สนใจ

นิยามสำหรับกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟแบบเวลาต่อเนื่อง (Time-continuous Markov Chain)

ให้ S เป็นปริภูมิของผลลัพธ์ซึ่งเป็นสถานะหรือเหตุการณ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งอิงตามระยะเวลาซึ่งเป็นจำนวนจริง โดยเขียนได้ในรูปของ $S = \{S(t), t \in \mathbb{R}^+\}$

S เป็นกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟแบบเวลาต่อเนื่อง สำหรับจำนวนเต็ม $n \geq 0$ สำหรับเวลา $0 \leq t_0 < t_1 < \cdots < t_{n-1} < t_n < u$ และสถานะที่อิงตามเวลา $i_0, i_1, \dots, i_n, j \in S$ จะได้ว่า

$$Pr\{S(u) = j \mid S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n\} = Pr\{S(u) = j \mid S(t_n) = i_n\}$$

จากสมบัติความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขเมื่อให้จำนวนเต็ม $n \geq 0$ สำหรับเวลา $0 \leq t_0 < t_1 < \cdots < t_{n-1} < t_n < u < w$ และสถานะที่อิงตามเวลา $i_0, i_1, \dots, i_n, j, k \in S$ จะได้ว่า

$$\begin{aligned} &Pr\{S(w) = k, S(u) = j \mid S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n\} \\ &= Pr\{S(w) = k \mid S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n, S(u) = j\} Pr\{S(u) \\ &\qquad = j \mid S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n\} \\ &= Pr\{S(w) = k \mid S(u) = j\} Pr\{S(u) = j \mid S(t_n) = i_n\} \end{aligned}$$

นิยามความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข $Pr\{S(u) = j \mid S(t) = i\}$ โดยที่เวลา $0 \leq t \leq u$ และสถานะที่อิงตามเวลา $i, j \in S$ เรียกว่าความน่าจะเป็นเปลี่ยนสถานะ (Transition Probabilities)

$$p_{ij}(t,u) = Pr\{S(u) = j \mid S(t) = i\}$$

โดยค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวจะมีสมบัติ

$$0 \leq p_{ij}(t,u) \leq 1 \,, \sum_{k \in S} p_{ij}(t,u) = 1$$

สำหรับเวลา $0 \leq t \leq u$ และสถานะที่อิงตามเวลา i, j

และสมการ Chapman-Kolmogorov equations

$$p_{ij}(t,u) = \sum_{k \in S} p_{ik}(t,w)p_{kj}(w,u)$$

เมื่อให้ค่าเวลา $t \leq w \leq u$

นอกจากนี้ ในกรณีที่สถานะไม่เปลี่ยนในช่วงเวลา t ถึง u โดยคงสถานะ i จะเรียกความน่าจะเป็นเปลี่ยนสถานะนี้ว่าความน่าจะเป็นครองสถานะ Occupancy Probabilities

$$p_{\underline{ii}}(t,u) = Pr\{S(z) = i \; for \; all \; z \in [t,u] \mid S(t) = i\}$$

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่สถานะดังกล่าวเมื่อเปลี่ยนไปสู่สถานะอื่นแล้ว ไม่มีการย้อนกลับมาสู่สถานะเดิม จะได้ว่า

$$p_{\underline{ii}}(t,u) = p_{ii}(t,u)$$

ถ้าความน่าจะเป็นเปลี่ยนสถานะขึ้นกับ $u - t$ แต่ไม่ขึ้นกับค่า u หรือ t เฉพาะเจาะจง จะถือว่ากระบวนการนี้เป็น time-homogenous แต่ในทางการประกันภัยสถานะของผู้เอาประกันมีค่าไม่เท่ากันตามอายุของผู้เอาประกันในแต่ละปี ดังนั้น ความน่าจะเป็นเปลี่ยนสถานะจึงต้องเป็น time-inhomogenous

ความรุนแรงของการเปลี่ยนสถานะแสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\mu_{ij}(t) = \lim_{u \to t} \frac{p_{ij}(t,u)}{u - t}, i \neq j$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยความรุนแรงของการเปลี่ยนจากสถานะ i (ทั้งหมด) จะแสดงได้ดังนี้

$$\mu_i(t) = \sum_{j:j \neq i} \mu_{ij}(t) = \sum_{j:j \neq i} \lim_{u \to t} \frac{p_{ij}(t,u)}{u - t} = \lim_{u \to t} \frac{\sum_{j:j \neq i} p_{ij}(t,u)}{u - t} = \lim_{u \to t} \frac{1 - p_{ii}(t,u)}{u - t}$$

จากนิยามของความรุนแรงของการเปลี่ยนสถานะจะทำให้ได้สมการ Kolmogorov forward differential equations ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} p_{ij}(z,t) &= \sum_{k:k \neq j} p_{ik}(z,t)\mu_{kj}(t) - p_{ij}(z,t)\mu_j(t) \\ &= \sum_{k:k \neq j} p_{ik}(z,t)\mu_{kj}(t) - p_{ij}(z,t) \sum_{l:l \neq j} \mu_{jl}(t) \end{aligned}$$

สำหรับกระบวนการมาร์คอฟสถานะไม่ต่อเนื่อง (Time-discrete Markov Chain) แบบแบ่งช่วงเวลา 1 ปีต่อช่วง นิยามและสมบัติพื้นฐานของกระบวนการลูกโซ่มาร์คอฟจะยังคงเดิมอยู่

$$Pr\{ S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n, S(u) = j\} > 0$$
$$Pr\{S(u) = j | S(t_0) = i_0, S(t_1) = i_1, \dots, S(t_n) = i_n\} = Pr\{S(u) = j | S(t_n) = i_n\}$$
$$p_{ij}(t,u) = Pr\{S(u) = j | S(t) = i\} = \sum_{k \in S} p_{ik}(t,w) p_{kj}(w,u)$$

แต่สำหรับความน่าจะเป็นเปลี่ยนสถานะจะใช้เป็นช่วงเวลาในปีถัดไป โดยจะเขียนสมการได้ดังนี้

$$p_{ij}[z] = p_{ij}(z, z+1) \; ; z \in \mathbb{I}^+ \cup \{0\}$$

และความน่าจะเป็นครองสถานะจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$p_{\underline{ii}}(t,u) = \prod_{h=1}^{u-1} p_{ii}(h, h+1) = \prod_{h=1}^{u-1} p_{ii}[h]$$

เมื่อ $0 \leq t < u$ และ $h, t, u \in \mathbb{I}^+ \cup \{0\}$

(Haberman & Pitacco, 1998)

2.1.2 ตัวแบบการลดลงแบบพหุ (Multiple Decrement Model)

ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ประกันภัยหรือชีวสถิติ ประชากรที่ศึกษาในสถานะหนึ่งสามารถเปลี่ยนไปสู่สถานะอื่นได้มากกว่าหนึ่งสาเหตุ ดังเช่นในงานวิจัยนี้ที่ผู้เอาประกันภัยในสถานะปกติสามารถเปลี่ยนสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นและสถานะที่วินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อให้สาเหตุการเปลี่ยนสถานะมีจำนวน m สาเหตุและทุกสาเหตุเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือสาเหตุการเปลี่ยนสถานะหนึ่งจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะจากอีกสาเหตุหนึ่ง จะได้ว่า

$$f_T(t) = \sum_{j=1}^{m} f_T(t,j)$$
$$F_T(t) = \int_0^t f_T(s) ds$$

เมื่อ

$f_T(t)$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ณ เวลา t

$f_T(t,j)$ เป็นความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุ j ณ เวลา t

$F_T(t)$ เป็นค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ณ เวลา t หรือความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ตั้งแต่เวลา 0 ถึง t

จากนิยามของค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะ เมื่อให้ $\mu^{(\tau)}(t)$ เป็นค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ณ เวลา t จะได้ว่า

$$\mu^{(\tau)}(t) = \frac{f_T(t)}{1 - F_T(t)}$$
$$f_T(t,j) = \big(1 - F_T(t)\big)\mu^{(\tau)}(x+t)$$

กล่าวคือ ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกันเท่ากับเป็นความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ณ เวลา t หารด้วยความน่าจะเป็นที่จะไม่เปลี่ยนสถานะตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเวลา t

จากสมการดังกล่าว ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุ j ณ เวลา t จะเท่ากับ

$$\mu^{(j)}(t) = \frac{f_T(t,j)}{1 - F_T(t)}$$
$$f_T(t,j) = \big(1 - F_T(t)\big)\mu^{(j)}(x+t)$$

จัดรูปสมการดังกล่าวโดยรวมทุกสาเหตุได้ดังนี้

$$\sum_{j=1}^{m} f_T(t,j) = \sum_{j=1}^{m} \big(1 - F_T(t)\big)\mu^{(j)}(x+t)$$
$$f_T(t) = \big(1 - F_T(t)\big)\sum_{j=1}^{m} \mu^{(j)}(x+t)$$
$$\mu^{(\tau)}(x+t) = \sum_{j=1}^{m} \mu^{(j)}(x+t)$$

กล่าวคือ ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะด้วยสาเหตุทั้งหมดรวมกัน ณ เวลา t เท่ากับผลรวมของค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากแต่ละสาเหตุ โดยทุกสาเหตุจะต้องเป็นอิสระต่อกัน (Newton L. Bowers, Gerber, Hickman, Jones, & Nesbitt, 1997)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.3 การประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม (Cubic Spline Interpolation)

ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะเป็นช่วงและต้องการเปลี่ยนรูปแบบให้อยู่ในรูปช่วงที่แคบลงหรือเป็นช่วงเวลาต่อเนื่อง มีวิธีการที่จะแปลงข้อมูลได้ 2 วิธีคือ

1. ใช้วิธีการทางตัวเลข (Numerical Method) เพื่อสร้างสมการในการหาค่าประมาณ โดยวิธีการที่นิยมใช้คือการประมาณค่าด้วย Cubic Spline Interpolation หรือ Restricted Cubic Spline

ข้อดีของ cubic spline คือสามารถใช้ได้กับข้อมูลทุกประเภทและสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น รูปภาพสร้างจากคอมพิวเตอร์ สถิติทางชีววิทยา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้จะได้ค่าประมาณที่ความเรียบไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากกำหนดให้ค่าฟังก์ชันที่จุดเชื่อมต่อมีค่าเท่ากันตั้งแต่ค่าฟังก์ชัน อนุพันธ์อันดับที่ 1 และ 2 เท่านั้น

2. ใช้รูปแบบทางสถิติมาแทนค่าแล้วหาค่าพารามิเตอร์ของรูปแบบที่ต้องการเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ซึ่งทำให้รูปแบบมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รูปแบบทางสถิติที่นิยมใช้คือ Gompertz-Makeham

โดยทั่วไป ในทางการประกันภัยจะนิยมใช้รูปแบบทางสถิติมาใช้มากกว่าวิธีการทางตัวเลข โดยมีข้อดีในเรื่องค่าประมาณมีความเรียบมากกว่า โดยเมื่อมีจำนวนพารามิเตอร์มากเท่าไหร่ ค่าความคลาดเคลื่อนจะน้อยลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม รูปแบบนี้จะไม่สามารถมีค่าเท่ากับ 0 ได้ เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวอยู่ในรูปของฟังก์ชัน exponential ในขณะที่วิธีการตัวเลขเช่น cubic spline จะไม่มีปัญหาตรงจุดนี้

ในเรื่องของความแตกต่างของค่าประมาณที่ได้จากวิธีการแปลงข้อมูลทั้งสองวิธี ในงานวิจัยของต่างประเทศ (Baione & Levantesi, 2014) ซึ่งคำนวณค่าเบี้ยประกันภัยสุทธิจากอัตราความชุกของผู้ป่วยโรคร้ายแรงจะพบว่ามีความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิจากทั้งสองวิธีในบางช่วงค่าไม่เกินร้อยละ 0.8

เนื่องจากข้อมูลของสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งชาติมีอัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในบางช่วงอายุมีค่าเท่ากับ 0 งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม

การประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสามเป็นรูปแบบวิธีการทางตัวเลขสำหรับสร้างสมการพหุนามกำลังสาม ในรูปของ

$$S_j(x) = d_j(x - x_j)^3 + c_j(x - x_j)^2 + b_j(x - x_j) + a_j$$

เพื่อเชื่อมจุดในช่วงค่าที่ต้องการ (a, b) โดยที่ $a = x_0 < x_1 < x_2 < \cdots < x_n = b$ และทราบค่าของ $f(x_j)$ สำหรับทุก $j = 0,1, \ldots, n$

สมการ polynomial $S_j(x)$ เมื่อ $x = 0,1,\dots,n-1$จะเชื่อมจุด x_j และ x_{j+1} โดยสมการ polynomial จะต้องมีสมบัติดังนี้

1. $S(x_j) = f(x_j)$
2. $S_j(x_{j+1}) = S_{j+1}(x_{j+1})$
3. $S_j'(x_{j+1}) = S_{j+1}'(x_{j+1})$
4. $S_j''(x_{j+1}) = S_{j+1}''(x_{j+1})$
5. $S_0(a) = f(a), S_{n-1}(b) = f(b)$

นอกจากสมบัติดังกล่าวไปแล้ว ยังมีสมบัติพิเศษซึ่ง Cubic Spline ที่สร้างขึ้นจะมีสมบัติข้อใดข้อหนึ่ง สำหรับกำหนดขอบบนและขอบล่างของฟังก์ชันที่สร้างขึ้น ดังนี้

1. $S''(x_0) = S''(x_n) = 0$ (Natural Boundary)
2. $S'(x_0) = f'(x_0), S'(x_n) = f'(x_n)$ (Clamped Boundary)

จากสมการหลัก

$$S_j(x) = d_j(x - x_j)^3 + c_j(x - x_j)^2 + b_j(x - x_j) + a_j$$

จะได้ว่า

$$S_j'(x) = 3d_j(x - x_j)^2 + 2c_j(x - x_j) + b_j$$
$$S_j''(x) = 6d_j(x - x_j) + 2c_j$$

และ

$$S_j(x_j) = a_j = f(x_j)$$
$$S_j'(x_j) = b_j$$
$$S_j''(x_j) = 2c_j$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้ $x_{j+1} - x_j = h_j$ จะได้ว่า

จากสมบัติข้อ 1

$$a_{j+1} = d_j {h_j}^3 + c_j {h_j}^2 + b_j h_j + a_j$$

จากสมบัติข้อ 2

$$b_{j+1} = 3d_j {h_j}^2 + 2c_j h_j + b_j$$

และจากสมบัติข้อ 3

$$c_{j+1} = 3d_j h_j + c_j$$
$$d_j = \frac{c_{j+1} - c_j}{3h_j}$$

ทำให้ได้ว่า

$$d_j {h_j}^2 + c_j h_j + b_j = \frac{a_{j+1} - a_j}{h_j} = \frac{f(x_{j+1}) - f(x_j)}{h_j}$$

จัดรูปสมการใหม่หลังจากแทนค่า d_j จะได้

$$b_j = \frac{1}{h_j}(a_{j+1} - a_j) - h_j\left(\frac{c_{j+1} + 2c_j}{3}\right)$$

$$\frac{1}{h_j}(a_{j+1} - a_j) - \frac{1}{h_{j-1}}(a_j - a_{j-1}) = \frac{h_{j-1}}{3}c_{j-1} + \left(\frac{2}{3}h_{j-1} + \frac{2}{3}h_j\right)c_j + \frac{h_j}{3}c_{j+1}$$

ซึ่งจะใช้ในการสร้างสมการเชิงเส้นสำหรับหาค่า c_j ทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของ d_j และ b_j ต่อไป โดยการแทนค่าซึ่งเราทราบอยู่แล้ว ได้แก่ค่า a_j และ h_j

ในกรณีที่ใช้สมบัติ Natural Boundary จะได้ว่า $c_0 = c_{n-1} = 0$ จะได้เมตริกซ์ของสมการเชิงเส้นที่ต้องแก้สมการหาค่า c_j ดังนี้

$$\begin{pmatrix} 2(h_0+h_1) & h_1 & 0 & \dots & 0 \\ h_1 & 2(h_1+h_2) & h_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & h_{n-4} & 2(h_{n-4}+h_{n-3}) & h_{n-3} \\ 0 & \dots & 0 & h_{n-3} & 2(h_{n-3}+h_{n-2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{n-3} \\ c_{n-2} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{3}{h_1}(a_2 - a_1) - \frac{3}{h_0}(a_1 - a_0) \\ \frac{3}{h_2}(a_3 - a_2) - \frac{3}{h_1}(a_2 - a_1) \\ \vdots \\ \frac{3}{h_{n-3}}(a_{n-2} - a_{n-3}) - \frac{3}{h_{n-4}}(a_{n-3} - a_{n-4}) \\ \frac{3}{h_{n-2}}(a_{n-1} - a_{n-2}) - \frac{3}{h_{n-3}}(a_{n-2} - a_{n-3}) \end{pmatrix}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Ascher & Greif, 2011)

2.1.4 กฎของเครเมอร์ (Cramer's Rule)

กฎของเครเมอร์เป็นวิธีการทางพีชคณิตเชิงเส้นสำหรับหาค่าของตัวแปรจากระบบสมการเชิงเส้น โดยมีนิยามดังนี้

ให้ A เป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times n$ ที่สามารถหาอินเวอร์สเมทริกซ์ (Inverse Matrix) ได้หรือมีค่าดีเทอร์มิแนนท์ (Determinant) ไม่เท่ากับ 0 และ b, a_i เป็นเวกเตอร์ขนาด $1 \times n$ เมื่อ $i = 1, \dots, n$ โดยที่

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$$

และ $A(b_i)$ คือเมทริกซ์แทนที่เวกเตอร์ในหลักที่ i ด้วยเวกเตอร์ b

$$A(b_i) = [a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, b, a_{i+1}, \dots, a_n]$$

จะได้ว่าเวกเตอร์ของผลลัพธ์ x ของระบบสมการเชิงเส้น $Ax = b$ เมื่อ

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

คือ $x_i = \frac{det(A(b_i))}{det\, A}$

(Poole, 2015)

2.1.5 วิธีการทางตัวเลขสำหรับแก้สมการตัวแปรเดียวของนิวตันและราฟสัน (Newton-Raphson's Method)

วิธีการ Newton-Raphson ใช้หลักการประมาณค่าตัวแปรจากสมการ $f(x) = 0$ โดย

1. เลือกค่าตัวแปรเริ่มต้น x_0 โดยการคาดเดาว่าจะมีค่า $f(x_0)$ ใกล้เคียงกับศูนย์มากที่สุด
2. หาค่าตัวแปรที่ใกล้เคียงจากตัวแปรเริ่มต้น โดยใช้หลักการว่าเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับความชันที่จุด $(x_0, f(x_0))$ จะตัดกับแกน x ที่จุดที่ใกล้เคียงกับรากของสมการที่ต้องการหา ให้ x_1 เป็นค่าตัวแปรที่ได้จากการประมาณค่านี้
3. หาค่าตัวแปรที่ใกล้เคียงจากตัวแปรใหม่ x_1 ที่ได้
4. ทำกระบวนการในข้อ 2 โดยใช้ค่าตัวแปรที่ได้ใหม่ ทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆจนได้ค่าที่มีความผิดพลาด ϵ ที่เหมาะสมตามความต้องการ โดยในงานวิจัยนี้จะให้ค่าความผิดพลาด $\epsilon = |f(x_{n+1}) - f(x_n)| = 10^{-30}$

กระบวนดังกล่าวสามารถเขียนได้ในรูปของสมการ

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีข้อจำกัดในกรณีที่สมการที่สร้างขึ้นใหม่ไม่ลู่เข้า ทำให้ค่าตัวแปรไม่ลู่เข้าใกล้ค่าตัวแปรที่ต้องการ หรือ สมการมีรากมากกว่า 1 ค่า อาจจะทำให้ถอดรากได้ค่าที่ไม่เหมาะสม (Ascher & Greif, 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 แนวคิดทางคณิตศาสตร์ประกันภัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการเกี่ยวกับการประกันภัยสำหรับโรคร้ายแรง (Critical Illness, CI) (Pitacco, 1995) เป็นเรื่องที่มีการศึกษากันมานานโดยมีการอ้างอิงตั้งแต่ปีค.ศ. 1968 (Amsler, 1968 และ Hoem, 1969 อ้างอิงใน Baione & Levantesi, 2014) รูปแบบที่นิยมใช้ในการคำนวณทางประกันภัยคือ กระบวนการมาร์คอฟ ซึ่งใช้หลักการที่เหตุการณ์ล่าสุดเหตุการณ์เดียวเท่านั้นที่มีผลต่อเหตุการณ์ถัดไป ทำให้กระบวนการนี้เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบการประกันชีวิตเพราะทำให้สามารถคำนวณและประยุกต์ใช้ได้ง่าย โดยมีการประยุกต์ใช้กับการเปลี่ยนแปลงสถานะในรูปแบบต่างๆ เช่น การสร้างตารางชีพแบบเพิ่ม-ลดของประชากร อิงตามสถานะการสมรส และมีลักษณะเป็นแบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (Schoen, 1975), (Schoen, 1988) โดยงานวิจัยเริ่มจากตารางชีพปกติที่มี 2 สถานะคือ มีชีวิตกับเสียชีวิต จากนั้น เพิ่มสถานะสมรสแล้ว สถานะหม้าย และสถานะหย่าร้างซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานะการป่วยและเสียชีวิตจากโรคร้ายแรงที่สนใจได้ อย่างไรก็ตามกระบวนการมาร์คอฟมีข้อจำกัด เช่น ผู้ป่วยพิการทุพพลภาพมีความน่าจะเป็นที่จะรอดชีวิตสูงขึ้นตามช่วงเวลาที่อยู่ในสถานะพิการ และบางกรณีไม่สามารถใช้กระบวนการมาร์คอฟได้เนื่องจากไม่ตรงกับสมบัติของมาร์คอฟเช่น กรณีที่ประวัติการรักษาก่อนหน้าครั้งล่าสุดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโรคในเวลาถัดจากปัจจุบัน ซึ่งไม่ตรงกับสมบัติของมาร์คอฟซึ่งอนุมานว่าเหตุการณ์ที่มีผลต่อเหตุการณ์ถัดไปคือเหตุการณ์ปัจจุบันเท่านั้น (Andersen & Keiding, 2002)

ในกระบวนการหลายสถานะ ขั้นตอนการรักษาสำหรับผู้เอาประกันภัยถูกจัดสถานะและตั้งค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะเพื่อใช้ในการคำนวณ ในความเป็นจริง สถานะที่ถูกตั้งขึ้นไม่ตายตัวและความน่าจะเป็นอยู่ในรูปของของช่วงค่าที่มีนัยยะทางสถิติ แต่ในทางประกันภัย จะสนใจจำนวนเงินสำรองเพื่อครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดซึ่งได้จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นและสถานะที่ตั้งขึ้น แทนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าและสถานะตามสถานการณ์ ซึ่งสมาคมประกันภัยแห่งสหรัฐอเมริกาได้มีการตีพิมพ์บทความที่ใช้กระบวนการที่มีสมบัติของกระบวนการมาร์คอฟมาใช้กับรูปแบบกระบวนการที่มีหลายสถานะ (Jones, 1993) โดยในการประกันชีวิตทั่วไป จะมี 2 สถานะคือ มีชีวิตและเสียชีวิต โดยสถานะการเสียชีวิตจะสามารถมีได้มากกว่าหนึ่งสาเหตุและรวมถึงสาเหตุการสิ้นสุดกรมธรรม์อย่างอื่น เช่นการยกเลิกกรมธรรม์ซึ่งบริษัทประกันภัยจะมีการเก็บสถิติไว้ ทำให้มีลักษณะเป็น multiple decrement คือมีสาเหตุจากการลดลงของประชากรปกติมากกว่าหนึ่งสาเหตุ (Hürlimann, 2011) แต่เมื่อผู้เอาประกันภัยมีสถานะอื่นที่มีความจำเป็นทางการเงินด้วย เช่น สถานะการตกงาน พิการทุพลภาพ เจ็บป่วยโรคเรื้อรัง เกษียณ เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยแข่งขันในการสิ้นสุดสัญญาประกันชีวิตหรือสถานะที่แทรกอยู่ระหว่างสถานะมีชีวิตกับเสียชีวิต ทำให้จำเป็นต้องใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปแบบทางการประกันภัยใหม่เพื่อรองรับสถานะที่เพิ่มขึ้น ซึ่ง Jones ได้นำรูปแบบกระบวนการมาร์คอฟมาใช้กับประกันชีวิตที่มี 3 สถานะ ได้แก่ Select, Ultimate, Death ซึ่งสามารถเขียนแทนสถานการณ์อื่น เช่นประกันชีวิตสำหรับผู้พิการ จะเปลี่ยนเป็น Healthy, Disabled, Death โดยมีเวลาเป็นแบบต่อเนื่อง

ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลาสั้นๆจากมีชีวิตจนถึงเสียชีวิตคือพลังภาวะมรณะ (Force of Mortality) ซึ่งมีหลายวิธีการที่จะหาค่านี้ โดยหลักการจะเน้นไปที่การสร้างรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับหาค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะในกรณีของเวลาต่อเนื่องจากข้อมูลอุบัติการณ์การเกิดโรคหรืออัตราความชุกของโรค และอัตราการตายของโรค (Cordeiro, 2002, Czado และ Rudolph, 2002, และ Helms และคณะ, 2005 อ้างอิงในBaione & Levantesi, 2014) ซึ่งข้อมูลอาจจะมาในรูปของช่วงกลุ่มประชากรเป็นช่วงอายุซึ่งจำเป็นที่ต้องแปลงให้เป็นค่าที่เฉพาะเจาะจงต่ออายุปี (Baione & Levantesi, 2014) หรือ หาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะ สำหรับกรณีที่ข้อมูลมีช่วงเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง (Dash และ Grimshaw, 1993 อ้างอิงในBaione & Levantesi, 2014) โดยรูปแบบสำหรับใช้ข้อมูลจากการติดตามการดำเนินโรคของผู้ป่วย (Marais, 2010) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่งานวิจัยใช้มีข้อจำกัดจากงานวิจัยทางการแพทย์เนื่องจากผู้ป่วยที่เข้าร่วมทำการศึกษาและให้ข้อมูลไม่ได้ติดตามจนสิ้นสุดกระบวนการของโรคครบทุกคน จากข้อจำกัดด้านเวลาในการรักษาและสิทธิผู้ป่วย ทำให้การหาค่าพารามิเตอร์ของการกระจายค่าความน่าจะใช้วิธีการแตกต่างตามลักษณะของข้อมูลที่แบ่งช่วงเวลาหรือการสังเกตการณ์ที่ไม่เท่ากัน (Marais, 2010)

สำหรับรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะ รูปแบบที่การประกันภัยนิยมใช้คือ รูปแบบของ Gompertz–Makeham (Andersen & Keiding, 2002) โดยมีการเปรียบเทียบรูปแบบ Gompertz–Makeham ที่มีจำนวนค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน (Brink, 2010) เมื่อได้รูปแบบที่ต้องการแล้ว จะใช้วิธีการคำนวณเพื่อเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เช่น ภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) (Hougaard, 1999), (Marais, 2010) หรือ ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด (Minimum Mean Square Error) (Baione & Levantesi, 2014) โดยในแบบหลัง จะต้องมีเลือกรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อมีค่าพารามิเตอร์เป็นจำนวนมาก จำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลที่มากพอ ซึ่งข้อมูลที่มีในประเทศที่ทำการศึกษาอาจจะไม่เพียงพอและยากต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับความเป็นจริง ผู้ทำการคำนวณจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกจำนวนค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณของข้อมูลที่มีอยู่ (Baione & Levantesi, 2014)

เมื่อได้ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะที่จำเป็นในรูปแบบที่ต้องการแล้ว การหาความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงสถานะสำหรับช่วงเวลาที่ต่อเนื่องจะใช้สมการ Kolmogorov forward differential equations (Pitacco, 1995 และ Haberman และ Pitacco, 1999) ในการคำนวณ

จากนั้น นักคณิตศาสตร์ประกันภัยจะสามารถใช้ค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวในการคำนวณเบี้ยประกันภัยต่อไป โดยการแทนค่าอัตราดอกเบี้ยในรูปแบบของปัจจัยลดค่าเพื่อหาค่าปัจจุบันของเงินผลประโยชน์และเบี้ยประกันภัย

2.2.2 แนวคิดและงานวิจัยทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลอัตราการอยู่รอดของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ในประเทศไทยมีน้อยและจัดทำโดยนักวิจัยในสถาบันศึกษาทางการแพทย์ โดยผลการวิจัยมีการตีพิมพ์ในวารสารทางการแพทย์ในประเทศซึ่งใช้เวลานานในการรับรอง สาเหตุเกิดจากการติดตามประวัติผู้ป่วยเป็นกระบวนการที่เสียเวลานาน ทำให้งานวิจัยบางชิ้นมีการติดตามประวัติที่สั้นลงหรือมีจำนวนผู้ป่วยที่เก็บข้อมูลมาได้น้อย

จากงานวิจัยที่จัดทำจากการเก็บข้อมูลของผู้ป่วยในโรงพยาบาลศิริราช (Techawathanawanna et al., 2012) ได้สรุปสัดส่วนของผู้ป่วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ 1-4 ไว้ที่ 9%, 22%, 37% และ 32% ของจำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมการศึกษาซึ่งแตกต่างจากสัดส่วนของผู้ป่วยในสหรัฐอเมริกา แต่ใกล้เคียงกับสัดส่วนของงานวิจัยของโรงพยาบาลราชวิถี (Laohavinij et al., 2010) ส่วนอัตราการอยู่รอดชีวิต 5 ปีของระยะที่ 1-3 สำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรวมกันเท่ากับ 93%, 93% และ 73% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของผู้ป่วยในโรงพยาบาลศิริราชได้ตรวจติดตามผลการรักษาที่ระยะเวลาเพียง 2 ปีเท่านั้น ทำให้ค่าอัตราการรอดชีวิตที่ได้เป็นค่าประมาณและไม่มีการระบุอัตราการรอดชีวิตของผู้ป่วยระยะที่ 4 ส่วนงานวิจัยที่จัดทำจากข้อมูลของผู้ป่วยในโรงพยาบาลราชวิถี (Laohavinij et al., 2010) ผลการคำนวณอัตราการอยู่รอด 5 ปีของผู้ป่วยแต่ละระยะ 1-4 เท่ากับ 100%, 68%, 44%, และ 2% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สำหรับระยะที่ 1 ที่มีอัตราการอยู่รอดสูง ส่วนหนึ่งเนื่องจากมีผู้ป่วยระยะ 1 ที่อยู่ในการศึกษานี้เพียง 7 คนเท่านั้น ส่วนอัตราการอยู่รอดของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะอื่นนั่น งานวิจัยได้กล่าวถึงสาเหตุที่มีค่าต่ำกว่าอัตราการอยู่รอดของประชากรว่าอาจจะเกิดจากจำนวนผู้ป่วยที่อยู่ในขอบเขตงานวิจัยนั้นมีน้อยเกินไป อย่างไรก็ตาม อัตราการอยู่รอดที่วัดได้นั้นต่ำกว่าของสหรัฐอเมริกาหรือประเทศเพื่อนบ้านอย่างประเทศมาเลเซีย (Hassan et al., 2016) ที่มีอัตราการอยู่รอดของผู้ป่วยในงานวิจัยนี้มีค่าที่สูงกว่าของประเทศไทย ซึ่งอาจจะเกิดจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนผู้ป่วยที่มากกว่าหรือมีการรักษาที่ดีกว่า โดยในงานวิจัยของโรงพยาบาลศิริราช ยา oxaliplatin ได้แจกจ่ายให้ผู้ป่วยเพียง 8 คนในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล ซึ่งในปัจจุบัน เป็นยาที่อยู่ในข่ายของการเบิกค่ายาที่ใช้รักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามโปรโตคอล

ด้านปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการตายได้แก่ ระยะของมะเร็ง สภาพร่างกายและวิธีการรักษา จากงานวิจัยของโรงพยาบาลราชวิถีระบุว่าอายุที่มากขึ้นมีผลต่ออัตราการตาย (Laohavinij et al., 2010) ซึ่งขัดกับงานวิจัยของโรงพยาบาลศิริราช (Techawathanawanna et al., 2012) และงานวิจัยของ

ต่างประเทศ เช่น ในประเทศจีน (Fu et al., 2014) ทีมผู้ทำการศึกษาได้แบ่งผู้ป่วยออกเป็นช่วงอายุ 6 กลุ่มได้แก่ น้อยกว่า 30 ปี, 31-35 ปี, 36-40 ปี, 41-45 ปี, 46-50 ปีและมากกว่า 50 ปี จากการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรเดียวพบว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุน้อยจะมีผลการรักษาที่ด้อยกว่ากลุ่มที่มีอายุมากกว่า อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ตามระยะของมะเร็งพบว่ากลุ่มผู้ป่วยอายุน้อยและอายุมากมีอัตราการอดชีวิตที่ใกล้เคียงกันเฉพาะในระยะที่ 0-3 โดยในระยะที่ 4 หรือระยะแพร่กระจายไปอวัยวะอื่น ผู้ป่วยในกลุ่มที่มีอายุน้อยจะมีอัตราการรอดชีวิตที่ด้อยกว่ากลุ่มที่มีอายุมาก และในประเทศมาเลเซีย (Hassan et al., 2016) พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ เช่น เพศ อายุ เชื้อชาติ ประวัติโรคประจำตัวและประวัติการมีสมาชิกในครอบครัวเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ไม่มีผลต่ออัตราการอยู่รอด ในขณะที่ระยะของมะเร็งมีผลต่ออัตราการอยู่รอดอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ และเมื่อประเมินกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับบริการทางการแพทย์ที่เท่าเทียมกัน ผู้ป่วยกลุ่มที่มีอายุน้อยกว่า 50 ปี จะพบมะเร็งในระยะที่สูงกว่าและมีอัตราการเป็นซ้ำที่สูงกว่าผู้ป่วยที่อายุมากกว่า แต่มีอัตราการรอดชีวิตที่ใกล้เคียงกัน (Steele et al., 2014)

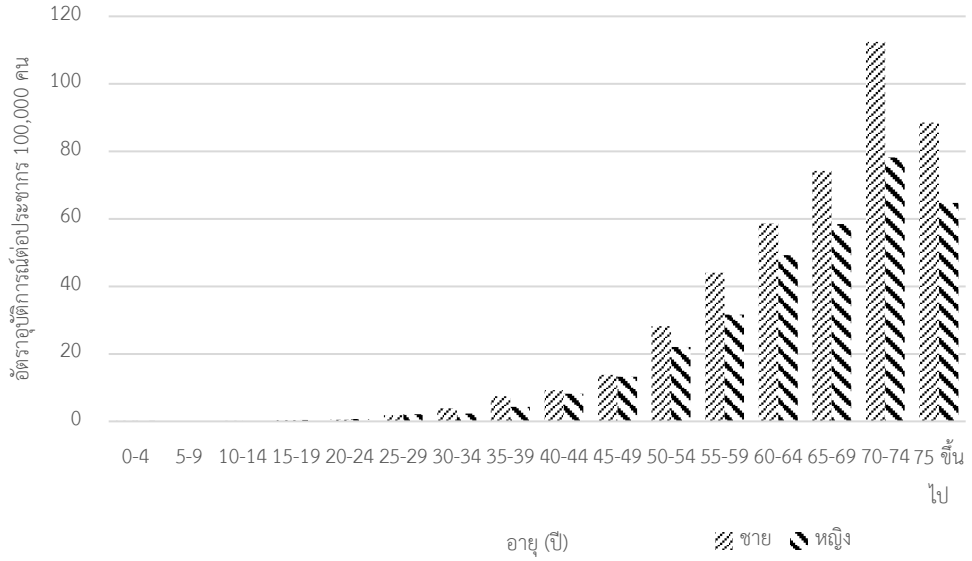
สำหรับค่าที่ใช้ในการวัดอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 2 ชิ้นนั้นจะเป็นค่า Overall Survival หรือเวลาการรอดชีวิตโดยรวมเป็นค่าของเวลานับจากเหตุการณ์จุดเริ่มต้นที่ต้องการศึกษา เช่น เวลาเริ่มการรักษาด้วยยา จนถึงเวลาที่เสียชีวิต ค่าเวลานี้ใช้ในการทดสอบยารักษาโรคมะเร็งหลายชนิดและเป็นค่าที่วัดง่ายและน่าเชื่อที่สุดในการวัดประสิทธิภาพของยาและผลของการรักษา อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเรื่องอคติจากการตรวจทางการแพทย์ที่ไม่สม่ำเสมอตามบุคคล อย่างไรก็ตาม การที่จะได้ค่านี้มาต้องมีการตรวจติดตามคนไข้จำนวนมากและเป็นเวลานานและอาจจะมีการบิดเบือนจากการรักษามากกว่า 1 ครั้ง ทำให้ไม่สามารถประเมินผลการรักษาได้ขณะที่จำนวนยาสำหรับการรักษาและสูตรยาผสมหลากชนิดมากขึ้น รวมถึงความต้องการค่าที่ใช้ในการประเมินผลการรักษาที่เร็วขึ้น ทำให้มีการเลือกค่าเวลาอื่น หนึ่งในนั้นคือ Progression-free survival หรือเวลาปลอดโรคเป็นเวลาที่วัดจากเริ่มการรักษาจนถึงเวลาที่ตรวจพบหลักฐานการดำเนินโรคเพิ่มขึ้นหรือเสียชีวิต ยกเว้นกรณีที่คนไข้ที่ทำการศึกษาถอนตัวออกไปก่อน ค่านี้ไม่มีปัญหาเรื่องการบิดเบือนจากการรักษามากกว่า 1 วิธี (Gill et al., 2011)

ในการเปรียบเทียบความสัมพันธ์กันระหว่างค่า OS (Overall Survival) และ PFS (Progression-Free Survival) ในการศึกษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ระยะแพร่กระจาย พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ PFS สูงกว่า ประกอบกับการที่ค่านี้มีช่วงเวลาที่สั้นกว่า OS ทำให้ค่า PFS เป็นที่นิยมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่านี้มีอคติจากการประเมินจุดของเวลาที่โรคดำเนินต่อ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาตรวจติดตามโรค วิจารณญาณการตรวจของแพทย์แต่ละคน เป็นต้น ทำให้ค่า PFS ที่วัดได้บิดเบือนไป และการทำวิจัยแบบทดลองหรือวัดค่าอำพรางไม่สามารถลดอคติที่เกิดขึ้นได้เลย (Gill et al., 2011)

บทที่ 3 การคำนวณหาค่าพลังความรุนแรงและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ

3.1 การหาค่าพลังความรุนแรงของอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละช่วงปี

ข้อมูลที่ใช้เป็นค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรโดยปรับฐานตามช่วงอายุช่วงละ 5 ปี สำหรับประชากรไทยในปี พ.ศ. 2553-2555 จาก Cancer in Thailand Vol 8 ปีพ.ศ. 2553-2555 ซึ่งจัดทำโดยสถาบันวิจัยโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย ดังที่ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.1 สำหรับข้อมูลที่เป็นตัวเลขได้แสดงไว้ในภาคผนวก ตาราง ก



รูปที่ 3.1 แผนภูมิภาพแสดงค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรโดยปรับฐานตามช่วงอายุช่วงละ 5 ปี สำหรับประชากรไทยในปี พ.ศ. 2553-2555 จาก Cancer in Thailand Vol 8 ปีพ.ศ. 2553-2555 (ค.ศ. 2010-2012)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรแบ่งช่วงกลุ่มละ 5 ปี งานวิจัยนี้จะแปลงให้เป็นค่าพลังความรุนแรงของอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละช่วงอายุ โดยใช้วิธีการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม (Cubic Spline Interpolation) โดยเลือกจุดกึ่งกลางในแต่ละช่วงอายุเป็นจุดแบ่งช่วงสำหรับสร้างสมการพหุนามกำลังสาม

อย่างไรก็ตาม จะไม่มีการแปลงค่าประมาณสำหรับช่วงอายุตั้งแต่ 75 ปีขึ้นไป เนื่องจากข้อมูลที่มีได้รวมกลุ่มประชากรที่อายุไม่น้อยกว่า 75 ปีอยู่ในกลุ่มเดียวกันทั้งหมด ทำให้เลือกจุดกึ่งกลางไม่ได้และไม่เหมาะสมสำหรับประมาณค่า

สำหรับจุดกึ่งกลางจะเลือกจากสูตร

$$\text{จุดกึ่งกลาง} = \frac{\text{ขอบบนของช่วงอายุ} + \text{ขอบล่างของช่วงอายุ}}{2}$$

$$= \frac{\text{อายุน้อยที่สุดของช่วงอายุ} + \text{อายุมากที่สุดของช่วงอายุ}}{2}$$

ซึ่งจะทำให้ความห่างระหว่างจุดกึ่งกลางที่ใกล้กันมีค่าเท่ากับ 5 โดยมีจุดกึ่งกลางทั้งหมด 15 จุด ตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

จากนั้น จะสร้างสมการพหุนามกำลังสามเชื่อมระหว่างจุดกึ่งกลางที่ใกล้กัน ทำให้ได้สมการพหุนามกำลังสาม ซึ่งในรูป $S_j(x) = d_j(x - x_j)^3 + c_j(x - x_j)^2 + b_j(x - x_j) + a_j$ โดยที่ $j = 0,1, \dots, n-2$ เนื่องจากมีจุดกึ่งกลางทั้งหมด 15 จุด จะได้ว่า $n = 14$ และมีสมการทั้งหมด 14 สมการ โดยตามสมบัติ Natural Boundary ซึ่งกำหนดให้ $c_0 = c_{n-1} = 0$ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.1 อัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรแบ่งช่วงกลุ่มละ 5 ปีและค่ากึ่งกลางที่เลือก โดยจำแนกตามเพศ

ช่วงอายุ	อัตราอุบัติการณ์ (ชาย 100,000 คน)	อัตราอุบัติการณ์ (หญิง 100,000 คน)	j	ค่ากึ่งกลางช่วงอายุ (ปี)
0-4	0.1	0.1	0	2
5-9	0	0	1	7
10-14	0.1	0	2	12
15-19	0.3	0.4	3	17
20-24	0.5	0.7	4	22
25-29	1.8	2.1	5	27
30-34	3.9	2.3	6	32
35-39	7.4	4.3	7	37
40-44	9.2	8.2	8	42
45-49	13.8	13.2	9	47
50-54	28.2	22	10	52
55-59	44	31.6	11	57
60-64	58.7	49.3	12	62
65-69	74.2	58.5	13	67
70-74	112.4	78.2	14	72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากค่ากึ่งกลางที่เลือก จะทำให้ค่าอื่นของสมการพหุนามกำลังสามในแต่ละช่วง ซึ่งจะใช้สร้างสมการ ทำให้ได้ค่าประมาณของค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละอายุปี ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 6 สำหรับค่าซึ่งได้จากการคำนวณจากการถอดรากสมการด้วยวิธีการใช้เมทริกซ์ตามกฎของเครเมอร์ (Cramer's Rule) ซึ่งต้องใช้ค่าดิเทอร์มิแนนท์ซึ่งทำให้ค่าที่ได้เป็นเศษส่วน ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ตาราง ข

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ $S_j(x)=d_j(x-x_j)^3+c_j(x-x_j)^2+b_j(x-x_j)+a_j$ ในแต่ละช่วงที่ได้เมื่อใช้ค่าอัตราอุบัติการณ์ต่อจำนวนประชากร 100,000 คนมาคำนวณ

j	ชาย				หญิง			
	c_j	a_j	b_j	d_j	c_j	a_j	b_j	d_j
0	0	0.1	-0.028230	0.000329	0	0.1	-0.017670	-0.000093
1	0.004938	0	-0.003540	-0.000046	-0.001398	0	-0.024660	0.001266
2	0.004248	0.1	0.042389	-0.000945	0.017593	0	0.056312	-0.002571
3	-0.009928	0.3	0.013985	0.003026	-0.020972	0.4	0.039414	0.005018
4	0.035465	0.5	0.141671	-0.002360	0.054295	0.7	0.206031	-0.007900
5	0.000066	1.8	0.319330	0.004014	-0.064209	2.1	0.156461	0.008183
6	0.060269	3.9	0.621008	-0.008894	0.058542	2.3	0.128125	-0.000833
7	-0.073144	7.4	0.556637	0.006763	0.046040	4.3	0.651037	-0.004050
8	0.028305	9.2	0.332444	0.017841	-0.014703	8.2	0.807725	0.010632
9	0.295923	13.8	1.953586	-0.022128	0.144770	13.2	1.458063	-0.016877
10	-0.035999	28.2	3.253210	0.003471	-0.108379	22	1.640022	0.032875
11	0.016071	44	3.153573	-0.011757	0.384744	31.6	3.021850	-0.056223
12	-0.160286	58.7	2.432500	0.058757	-0.458598	49.3	2.652579	0.059217
13	0.721071	74.2	5.236429	-0.048071	0.429650	58.5	2.507835	-0.028643
14	0	112.4	0	0	0	78.2	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อได้สมการในแต่ละช่วง ขั้นตอนต่อไปคือ หาค่าพื้นที่ใต้กราฟนับตั้งแต่อายุเริ่มต้นจนถึงปีถัดไป เพื่อใช้เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ปี แต่จากแผนภูมิเส้นรูปที่ 3.1 และ 3.2 และค่าที่เป็นตัวเลขที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ซึ่งแสดงค่าที่ได้จากการประมาณด้วยสมการเมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตามตารางที่ 3.2 จะพบว่าในบางช่วงปีจะมีค่าอัตราอุบัติการณ์ต่ำกว่า 0 ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของการประมาณค่าด้วยสมการกำลังสาม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เฉพาะพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่อยู่เหนือแกน X หรือมีค่ามากกว่า 0 เท่านั้น กล่าวคือไม่นับส่วนพื้นที่ใต้กราฟที่มีค่าต่ำกว่าศูนย์ สำหรับวิธีการหาค่าจุดที่กราฟตัดแกน X หรือมีค่าเท่ากับ 0 และค่าประมาณเริ่มมีค่าต่ำกว่าศูนย์ จะใช้วิธีการแก้สมการตัวแปรเดียวของนิวตันและราฟสัน โดยใช้โปรแกรม Python ในการคำนวณ จะได้ว่าช่วงของค่าประมาณที่ต่ำกว่า 0 ของ

เพศชายคือ 7 ถึง 7.721649364970603 ปีและของเพศหญิงคือ 7 ถึง 12 ปี ผลลัพธ์ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ส่วนตัวเลขได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

รูปที่ 3.2 และ 3.3 แสดงค่าประมาณของค่าอัตราอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากร 100,000 คนในแต่ละปีของอายุสำหรับเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ

ส่วนรูปที่ 3.4 และ 3.5 เป็นแผนภูมิเส้นที่ขยายรูปที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับให้เห็นช่วงที่ค่าประมาณที่ได้มีค่าต่ำกว่า 0 โดยในส่วนที่พื้นที่ใต้กราฟที่อยู่ใต้แกน X หรือมีค่าน้อยกว่า 0 จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากจะให้ค่าติดลบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3 ค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากร 100,000 คนจำแนกตามอายุและเพศ

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ
0	0.1	0.153827	0.1	0.136085
1	0.1	0.127901	0.1	0.117763
2	0.1	0.100000	0.1	0.100000
3	0.1	0.072099	0.1	0.082237
4	0.1	0.046173	0.1	0.063915
5	0	0.024198	0	0.044474
6	0	0.008149	0	0.023356
7	0	0.000000	0	0.000000
8	0	0.001352	0	-0.024793
9	0	0.012305	0	-0.044785
10	0.1	0.032581	0	-0.052381
11	0.1	0.061905	0	-0.039985
12	0.1	0.100000	0	0.000000
13	0.1	0.145691	0	0.071333
14	0.1	0.194207	0	0.162425
15	0.3	0.239877	0.4	0.257851
16	0.3	0.277032	0.4	0.342185
17	0.3	0.300000	0.4	0.400000
18	0.3	0.307083	0.4	0.423460
19	0.3	0.312467	0.4	0.435083
20	0.5	0.334310	0.7	0.464976
21	0.5	0.390768	0.7	0.543246
22	0.5	0.500000	0.7	0.700000
23	0.5	0.674777	0.7	0.952426
24	0.5	0.906325	0.7	1.266041

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ
25	1.8	1.180484	2.1	1.593443
26	1.8	1.483096	2.1	1.887230
27	1.8	1.800000	2.1	2.100000
28	1.8	2.123410	2.1	2.200435
29	1.8	2.471034	2.1	2.221552
30	3.9	2.866953	2.3	2.212451
31	3.9	3.335248	2.3	2.222233
32	3.9	3.900000	2.3	2.300000
33	3.9	4.572383	2.3	2.485834
34	3.9	5.311940	2.3	2.783752
35	7.4	6.065305	4.3	3.188753
36	7.4	6.779114	4.3	3.695836
37	7.4	7.400000	4.3	4.300000
38	7.4	7.890257	4.3	4.993028
39	7.4	8.274805	4.3	5.753839
40	9.2	8.594226	8.2	6.558136
41	9.2	8.889098	8.2	7.381622
42	9.2	9.200000	8.2	8.200000
43	9.2	9.578590	8.2	9.003654
44	9.2	10.120838	8.2	9.841691
45	13.8	10.933791	13.2	10.777902
46	13.8	12.124496	13.2	11.876075
47	13.8	13.800000	13.2	13.200000
48	13.8	16.027382	13.2	14.785957
49	13.8	18.713841	13.2	16.560195

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ	ค่าอุบัติการณ์จากสถาบันมะเร็ง	ค่าประมาณที่ได้จากสมการ
50	28.2	21.726610	22	18.421455
51	28.2	24.932919	22	20.268476
52	28.2	28.200000	22	22.000000
53	28.2	31.420683	22	23.564518
54	28.2	34.590197	22	25.109528
55	44	37.729369	31.6	26.832279
56	44	40.859027	31.6	28.930020
57	44	44.000000	31.6	31.600000
58	44	47.157886	31.6	34.950371
59	44	50.277372	31.6	38.732894
60	58.7	53.287915	49.3	42.610231
61	58.7	56.118972	49.3	46.245045
62	58.7	58.700000	49.3	49.300000
63	58.7	61.030971	49.3	51.553197
64	58.7	63.393914	49.3	53.244496
65	74.2	66.141371	58.5	54.729197
66	74.2	69.625886	58.5	56.362598
67	74.2	74.200000	58.5	58.500000
68	74.2	80.109429	58.5	61.408841
69	74.2	87.172572	58.5	65.005121
70	112.4	95.101000	78.2	69.116981
71	112.4	103.606286	78.2	73.572561
72	112.4	112.400000	78.2	78.200000
73	112.4	121.193714	78.2	82.827439
74	112.4	129.699000	78.2	87.283019

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.4 พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสามและค่าพื้นที่ส่วนที่อยู่เหนือแกน X ซึ่งใช้เป็นค่าพลังความรุนแรงของอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละช่วงปี ($\mu_{12}(t)$) ต่อ 10^5

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$
0	0.141111	0.141111	0.126854	0.126854
1	0.114033	0.114033	0.108858	0.108858
2	0.085967	0.085967	0.091142	0.091142
3	0.058889	0.058889	0.073146	0.073146
4	0.034774	0.034774	0.054311	0.054311
5	0.015597	0.015597	0.034078	0.034078
6	0.003427	0.003427	0.011548	0.011548
7	-0.000135	0.000171	-0.012480	0.000000
8	0.006040	0.006040	-0.035505	0.000000
9	0.021678	0.021678	-0.049933	0.000000
10	0.046501	0.046501	-0.048166	0.000000
11	0.080458	0.080458	-0.021649	0.000000
12	0.122374	0.122374	0.033377	0.033377
13	0.169950	0.169950	0.115875	0.115875
14	0.217516	0.217516	0.210420	0.210420
15	0.259400	0.259400	0.301585	0.301585
16	0.288942	0.288942	0.372048	0.372048
17	0.304440	0.304440	0.413971	0.413971
18	0.309160	0.309160	0.429004	0.429004
19	0.321260	0.321260	0.447253	0.447253
20	0.358898	0.358898	0.498825	0.498825
21	0.441576	0.441576	0.617058	0.617058
22	0.582067	0.582067	0.819139	0.819139
23	0.786410	0.786410	1.106110	1.106110
24	1.040444	1.040444	1.430568	1.430568

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

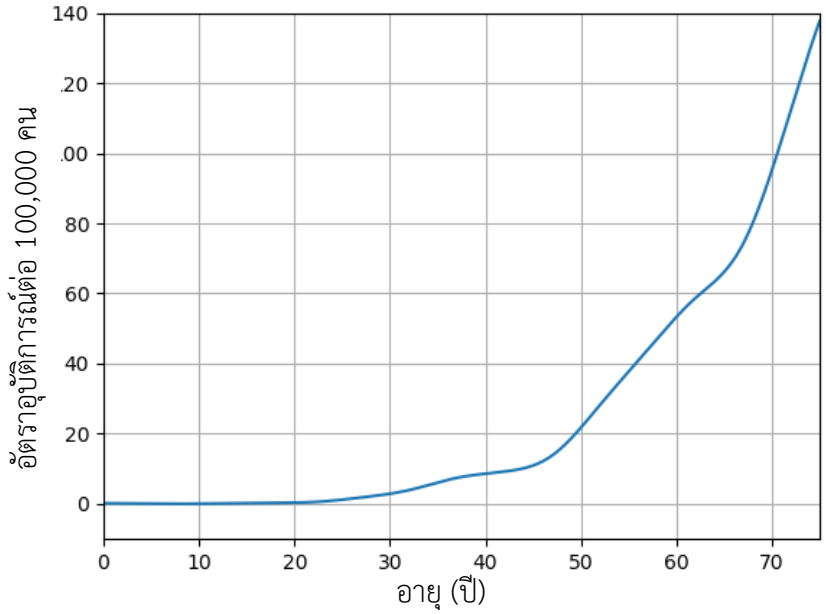
อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$
25	1.330009	1.330009	1.745113	1.745113
26	1.639354	1.639354	1.998321	1.998321
27	1.960691	1.960691	2.158873	2.158873
28	2.294201	2.294201	2.215557	2.215557
29	2.663965	2.663965	2.217474	2.217474
30	3.094065	3.094065	2.213723	2.213723
31	3.611809	3.611809	2.255660	2.255660
32	4.228370	4.228370	2.383368	2.383368
33	4.938788	4.938788	2.625661	2.625661
34	5.689696	5.689696	2.977538	2.977538
35	6.427730	6.427730	3.433996	3.433996
36	7.095610	7.095610	3.990840	3.990840
37	7.655628	7.655628	4.639853	4.639853
38	8.089649	8.089649	5.368797	5.368797
39	8.438252	8.438252	6.153376	6.153376
40	8.742017	8.742017	6.969292	6.969292
41	9.038753	9.038753	7.788579	7.788579
42	9.380117	9.380117	8.601619	8.601619
43	9.831616	9.831616	9.417149	9.417149
44	10.500296	10.500296	10.298958	10.298958
45	11.493204	11.493204	11.310834	11.310834
46	12.927380	12.927380	12.523444	12.523444
47	14.869902	14.869902	13.973069	13.973069
48	17.337887	17.337887	15.661605	15.661605
49	20.198565	20.198565	17.487792	17.487792

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

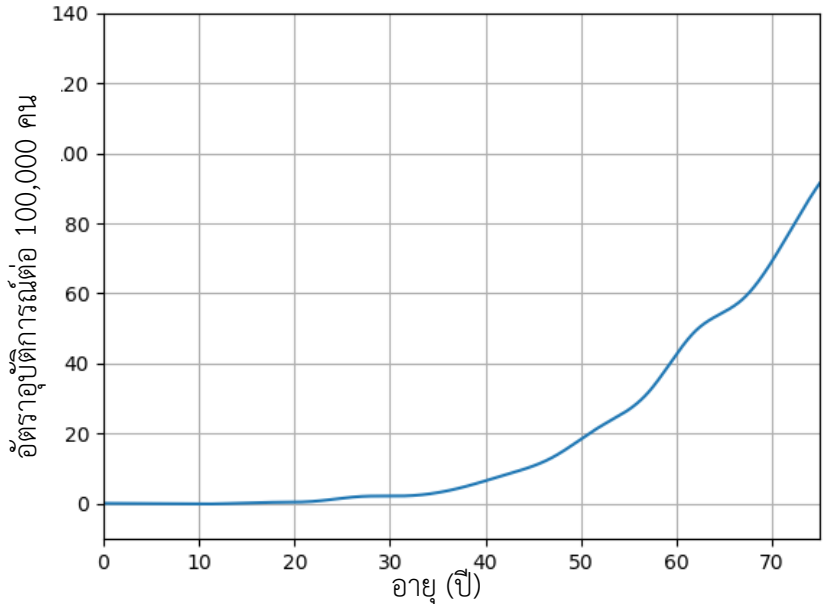
ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$	พื้นที่ใต้กราฟสมการกำลังสาม	พื้นที่ส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 $(\mu_{12}(t))$
50	23.319168	23.319168	19.350371	19.350371
51	26.560527	26.560527	21.135644	21.135644
52	29.815473	29.815473	22.792103	22.792103
53	33.008836	33.008836	24.330430	24.330430
54	36.161443	36.161443	25.947873	25.947873
55	39.294123	39.294123	27.841681	27.841681
56	42.431510	42.431510	30.231379	30.231379
57	45.579204	45.579204	33.225117	33.225117
58	48.723769	48.723769	36.819676	36.819676
59	51.794662	51.794662	40.677717	40.677717
60	54.721340	54.721340	44.461904	44.461904
61	57.415632	57.415632	47.806040	47.806040
62	59.877511	59.877511	50.488227	50.488227
63	62.195089	62.195089	52.430867	52.430867
64	64.720910	64.720910	53.989259	53.989259
65	67.807518	67.807518	55.518702	55.518702
66	71.834161	71.834161	57.396460	57.396460
67	77.046554	77.046554	59.889973	59.889973
68	83.556875	83.556875	63.156855	63.156855
69	91.076697	91.076697	67.025247	67.025247
70	99.317589	99.317589	71.323288	71.323288
71	107.991125	107.991125	75.879119	75.879119
72	116.808875	116.808875	80.520881	80.520881
73	125.482411	125.482411	85.076712	85.076712
74	133.723303	133.723303	89.374753	89.374753

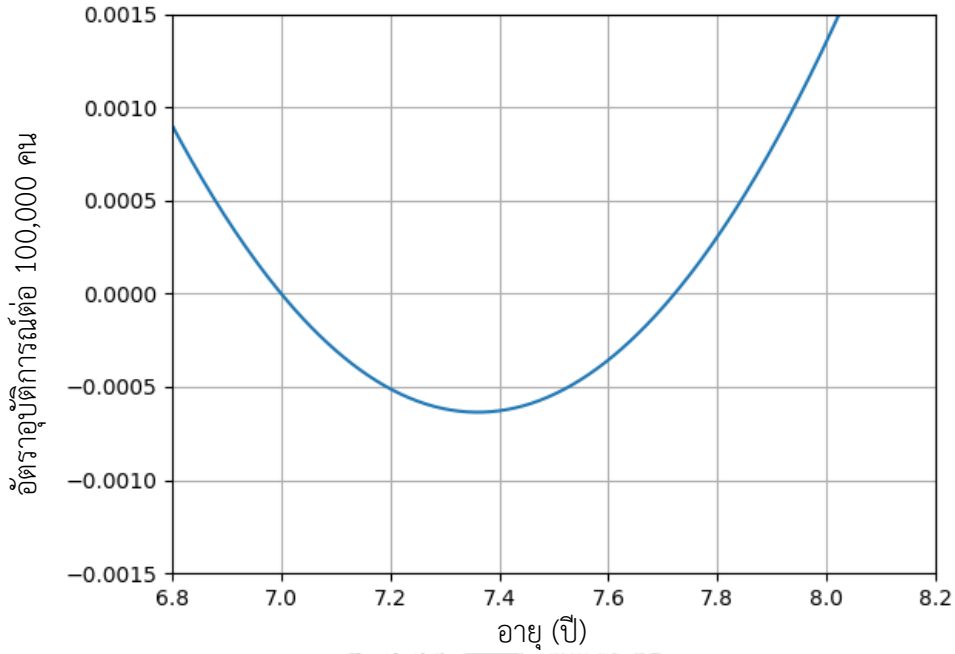
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



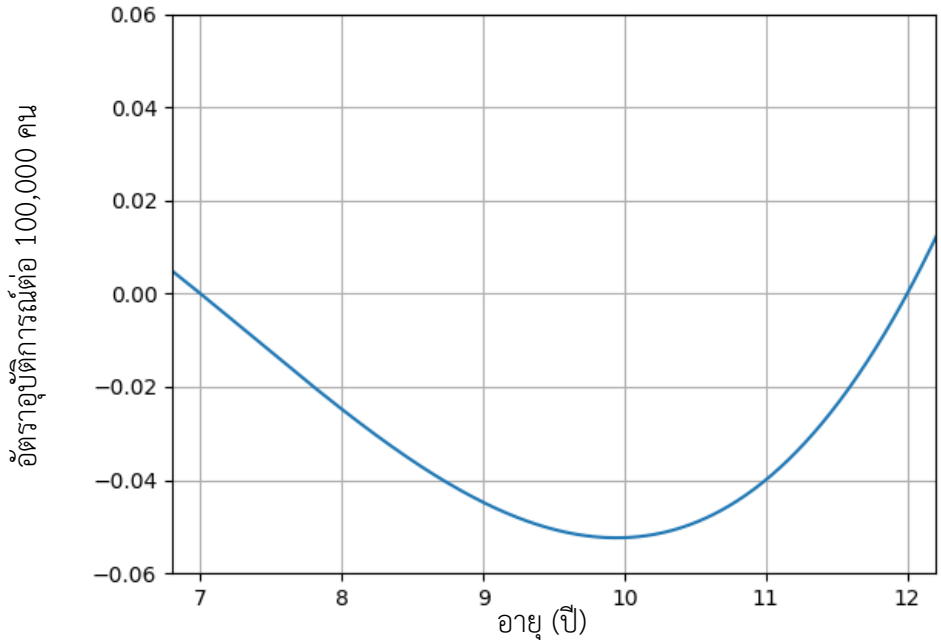
รูปที่ 3.2 ค่าประมาณของค่าอัตราอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากรเพศชาย 100,000 คนในแต่ละปีของอายุ



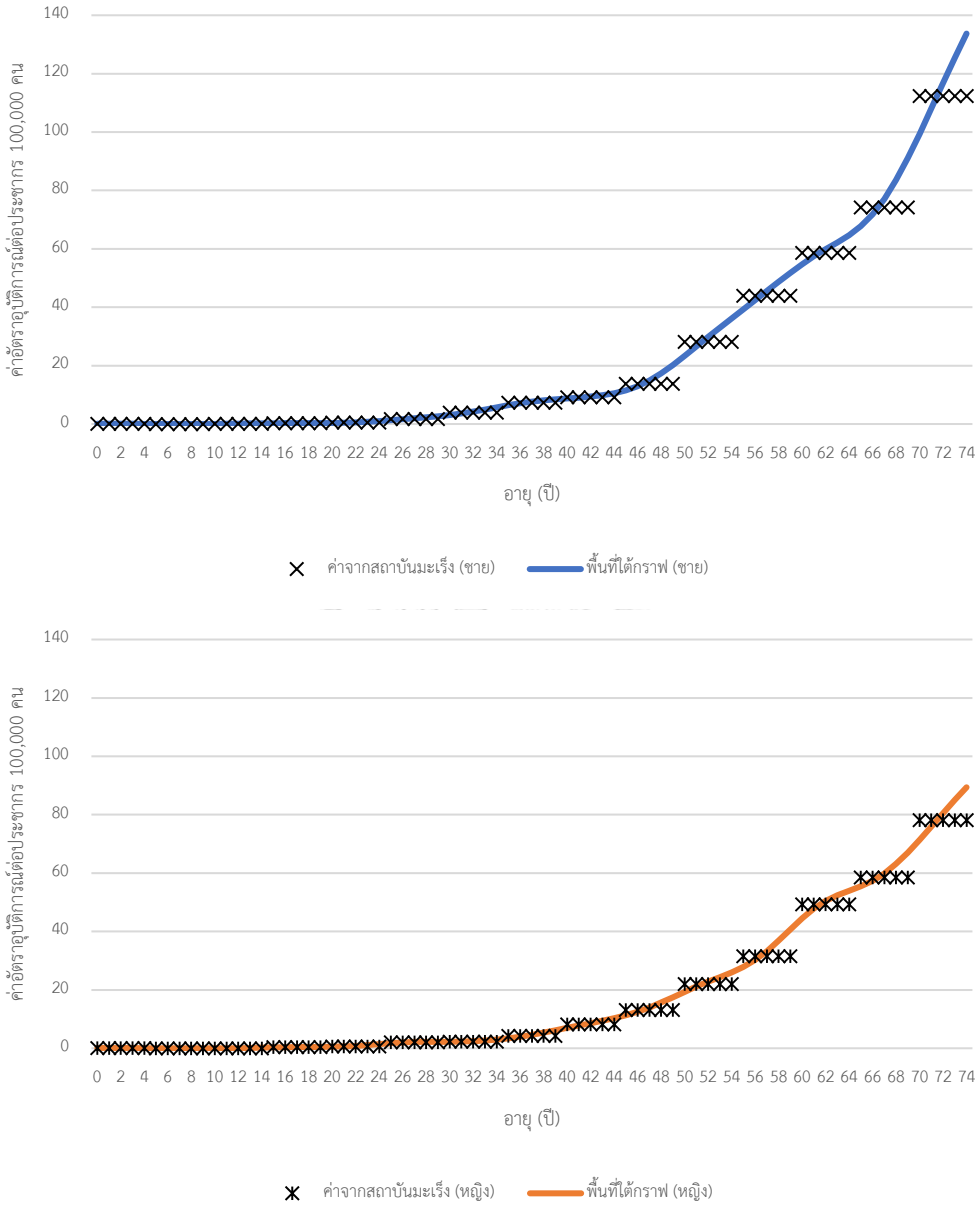
รูปที่ 3.3 ค่าประมาณของค่าอัตราอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับประชากรเพศหญิง 100,000 คนในแต่ละปีของอายุ



รูปที่ 3.4 ภาพขยายแผนภูมิเส้นรูปที่ 3.2 ในช่วงอายุ 7 ถึง 8 ปี เพื่อแสดงส่วนที่ค่าน้อยกว่า 0



รูปที่ 3.5 ภาพขยายแผนภูมิเส้นรูปที่ 3.3 ในช่วงอายุ 7 ถึง 12 ปี เพื่อแสดงส่วนที่ค่าน้อยกว่า 0



รูปที่ 3.6 แผนภูมิเส้นแสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่ามากกว่า 0 ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ปีต่อประชากร 100,000 คน เปรียบเทียบกับค่าอัตราอุบัติการณ์ที่จัดทำโดยสถาบันวิจัยโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย โดยรูปบนเป็นของเพศชาย รูปล่างเป็นของเพศหญิง

เมื่อได้ค่าพื้นที่ใต้กราฟดังกล่าว จะนำค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ปี ซึ่งเท่ากับค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้เอาประกันภัยปกติเป็นผู้เอาประกันภัยที่วินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรวมทุกระยะ

สำหรับการคำนวณค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้เอาประกันภัยปกติเป็นผู้เอาประกันภัยที่วินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับแต่ละระยะของมะเร็ง งานวิจัยนี้จะใช้ค่าสัดส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะกำหนดให้เป็นค่าคงที่สำหรับทุกอายุตามข้อมูลจากงานวิจัยในประเทศไทย ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 จำนวนอัตราส่วนผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามข้อมูลจากงานวิจัยในประเทศไทย

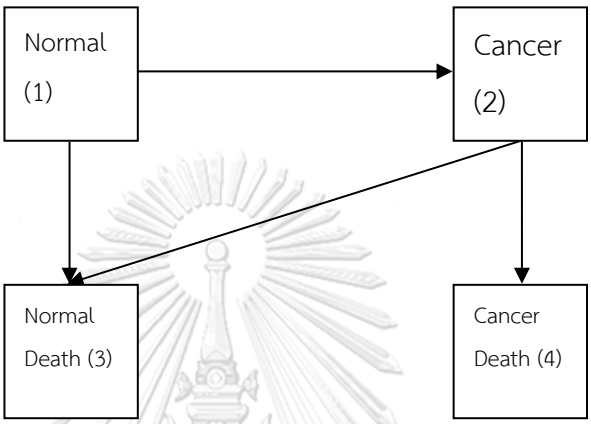
ระยะของมะเร็ง (k)	สัดส่วนของผู้ป่วยมะเร็ง (c_k)
1	0.09
2	0.22
3	0.37
4	0.32

จากตารางที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในประเทศไทยส่วนใหญ่จะวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวในระยะที่ 3 และ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 การหาค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี

รูปแบบที่งานวิจัยนี้จะใช้สำหรับการคำนวณเบี้ยประกันภัย จะใช้ทั้งรูปแบบสถานการณ์เป็นมะเร็งแบ่งย่อยเป็น 4 ระยะ เนื่องจากการรักษาจะแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง จึงต้องมีการแบ่งระยะของมะเร็ง โดยแต่ละระยะมีอัตราการตายที่ไม่เท่ากันและแตกต่างจากประชากรทั่วไป



รูปที่ 3.7 แสดงตัวแบบหลายสถานะสำหรับโรคมะเร็งที่ศึกษาโดยยังไม่แบ่งตามระยะของโรค

จากรูปที่ 3.7 ซึ่งแยกตัวแบบหลายสถานะแต่ละสถานะมีความหมายดังนี้

1. Normal เป็นสถานะที่ผู้เอาประกันชีวิตไม่เคยมีประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งมาก่อน
2. Cancer เป็นสถานะที่ผู้เอาประกันชีวิตถูกวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ในสถานะนี้จะการแบ่งย่อยเป็น 4 สถานะย่อยที่ไม่สามารถเปลี่ยนสถานะระหว่างแต่ละสถานะย่อยได้ และแต่ละสถานะมีอัตราการเสียชีวิตไม่เท่ากัน
3. Normal Death เป็นสถานะที่ผู้เอาประกันชีวิตเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
4. Cancer Death เป็นสถานะที่ผู้เอาประกันชีวิตเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ในรูปแบบที่เลือกนี้ ไม่ได้รวมกรณีที่ผู้เอาประกันเสียชีวิตและวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง จากใบมรณะบัตร

แม้ว่าจะมีผู้เสียชีวิตบางส่วนวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งจากใบมรณบัตร แต่มีจำนวนน้อยและทางสถาบันวิจัยมะเร็งไม่ได้ระบุอายุผู้ป่วยที่วินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งจากใบมรณบัตร

จากรูปแบบดังกล่าว จะมีความรุนแรงของการเปลี่ยนสถานะเพียง 4 ค่า คือจาก 1 ไป 2, 1 ไป 3, 2 ไป 3, และ 2 ไป 4 ผู้เอาประกันภัยในสถานะที่ 1 ไม่สามารถเปลี่ยนไปสถานะที่ 4 ได้โดยไม่ผ่านสถานะที่ 2 ก่อน ตามการอนุมานว่าผู้เอาประกันภัยจะเสียชีวิตจากโรคมะเร็งได้ต้องมีการเกิด

มะเร็งก่อน ในที่นี้จะหมายถึงว่าต้องมีการวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งก่อน จึงจะสามารถเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากโรคมะเร็งโดยใช้อัตราการวินิจฉัยพบมะเร็งของสถาบันวิจัยมะเร็งแทนค่าอุบัติการณ์การเกิดมะเร็ง

สมการความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะจะได้จากการใช้ Kolmogorov forward differential equations ได้สมการดังนี้

$$\frac{d}{dt}p_{11}(z,t) = -p_{11}(z,t)\big(\mu_{12}(t) + \mu_{13}(t)\big)$$

$$\frac{d}{dt}p_{12}(z,t) = p_{11}(z,t)\mu_{12}(t) - p_{12}(z,t)\big(\mu_{23}(t) + \mu_{24}(t)\big)$$

$$\frac{d}{dt}p_{13}(z,t) = p_{11}(z,t)\mu_{13}(t) + p_{12}(z,t)\mu_{23}(t)$$

$$\frac{d}{dt}p_{14}(z,t) = p_{12}(z,t)\mu_{24}(t)$$

$$\frac{d}{dt}p_{22}(z,t) = -p_{22}(z,t)\big(\mu_{23}(t) + \mu_{24}(t)\big)$$

$$\frac{d}{dt}p_{23}(z,t) = p_{22}(z,t)\mu_{23}(t)$$

$$\frac{d}{dt}p_{24}(z,t) = p_{22}(z,t)\mu_{24}(t)$$

โดยที่

$p_{ij}(z,t)$ คือความน่าจะเป็นที่จะมีการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ไป j ในช่วงเวลาระหว่าง z ถึง t

$\mu_{ij}(t)$ คือค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ไป j ณ เวลา t

z คือเวลาเริ่มต้นโดยมีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก

t คือเวลาที่เพิ่มขึ้นจากเวลาเริ่มต้นถึงเวลาสิ้นสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการคำนวณโดยใช้สมมุติฐานว่าค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนแปลงสถานะทุกค่าเป็นค่าคงที่ในช่วงเวลาแต่ละปี (Piecewise Constant 1-year interval) หมายความว่า

$$\mu_{ij}(z+t) = \mu_{ij}(z)$$

เมื่อ z เป็นจำนวนเต็มและ $0 \le t < 1$

จะทำให้แก้สมการได้ค่าดังนี้

$$p_{11}(z,z+t) = \exp\left(-\int_0^t \left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)du\right) = \exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)$$

$$p_{12}(z,z+t) = \frac{\mu_{12}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\left(\exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right) - \exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right)$$

$$p_{13}(z,z+t) = \frac{\mu_{13}(z)}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right) + \frac{\mu_{12}(z)\mu_{23}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\left[\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)^{-1}\left(1 - \exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right) - \left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)^{-1}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right)\right]$$

$$p_{14}(z,z+t) = \frac{\mu_{12}(z)\mu_{24}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\left[\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)^{-1}\left(1 - \exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right) - \left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)^{-1}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right)\right]$$

$$p_{22}(z,z+t) = \exp\left(-\int_0^t \left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)du\right) = \exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)$$

$$p_{23}(z,z+t) = \frac{\mu_{23}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right)$$

$$p_{24}(z,z+t) = \frac{\mu_{24}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right)$$

เมื่อแทนค่าเพื่อให้ได้ค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะหลังจากเวลา 1 ปีเมื่อ $\boldsymbol{z}$ เป็นจำนวนเต็มบวกจะได้ว่า

$$p_{11}(z,z+1) = exp\left(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)$$

$$p_{12}(z,z+1) = \frac{\mu_{12}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\left[exp\left(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right) - exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\right)\right)\right]$$

$$p_{13}(z,z+1) = \frac{\mu_{13}(z)}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\Big(1-exp\Big(-\big(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\big)\Big)\Big) + \frac{\mu_{12}(z)\mu_{23}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\Big(\frac{1}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\Big[1 - exp\Big(-\big(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\big)\Big)\Big] - \frac{1}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\Big[1-exp\Big(-\big(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\big)\Big)\Big]\Big)$$

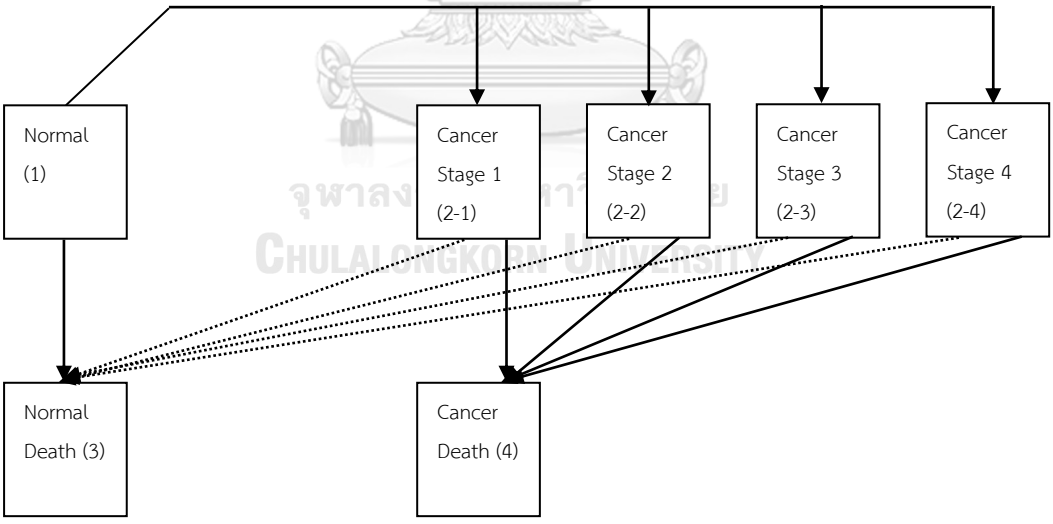
$$p_{14}(z,z+1) = \frac{\mu_{12}(z)\mu_{24}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}(z)}\Big(\frac{1}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\Big[1 - exp\Big(-\big(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\big)\Big)\Big] - \frac{1}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\Big[1-exp\Big(-\big(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\big)\Big)\Big]\Big)$$

$$p_{22}(z,z+1) = exp\Big(-\big(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\big)\Big)$$

$$p_{23}(z,z+1) = \frac{\mu_{23}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\Big(1-exp\Big(-\big(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\big)\Big)\Big)$$

$$p_{24}(z,z+1) = \frac{\mu_{24}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)}\Big(1-exp\Big(-\big(\mu_{23}(z)+\mu_{24}(z)\big)\Big)\Big)$$

ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการประยุกต์ใช้รูปแบบดังกล่าวกับมะเร็งซึ่งมีการแบ่งระยะทั้ง 4 ระยะ ซึ่งจะได้รูปแบบตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตัวแบบหลายสถานะของโรคมะเร็งที่ศึกษาโดยแยกตามระยะของโรคมะเร็งออกเป็น 4 ระยะ

ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.8 เมื่อแบ่งระยะของโรคมะเร็งออกเป็น 4 ระยะตามรูปที่ 3.7 ความรุนแรงของการเปลี่ยนสถานะไปสู่หรือจากสถานะที่ 2 จะแบ่งย่อยออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 โดยจะไม่มีการเปลี่ยนสถานะระหว่างสถานะย่อย เนื่องจากระบบ TNM ผู้ป่วยจะมีประวัติ

เป็นมะเร็งระยะตามการวินิจฉัยครั้งแรกเท่านั้น แม้ว่าจะมีการแพร่กระจายหรือการรักษาหายขาดหลังจากการวินิจฉัยแล้ว

ในการคำนวณค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะปกติไปเป็นสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะทั้ง 4 ระยะ งานวิจัยชิ้นนี้จะใช้อัตราส่วนของผู้ป่วยที่ได้จากงานวิจัยซึ่งมีการระบุจำนวนผู้ป่วยแต่ละระยะในอัตราส่วนของผู้ป่วยระยะที่ 1-4 จากงานวิจัยที่ศึกษาจากประชากรตัวอย่างในประเทศไทย โดยกำหนดให้ผู้ป่วยในทุกกลุ่มอายุมีอัตราส่วนผู้ป่วยในแต่ละระยะเท่ากันหมด เนื่องจากข้อมูลในประเทศไทยยังไม่มีความละเอียดพอที่จะระบุจำนวนผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะในแต่ละช่วงอายุ สืบเนื่องมาจากความยุ่งยากในการเก็บข้อมูลและจะเป็นการละเมิดสิทธิของผู้ป่วยในการเก็บรักษาความลับเรื่องสุขภาพของผู้ป่วย โดยให้ c_k คืออัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ k ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 จะได้อัตราส่วนของมะเร็งทั้ง 4 ระยะเท่ากับ $c_1 : c_2 : c_3 : c_4$ โดยที่ $c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = 1$

สำหรับอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีสำหรับมะเร็งแต่ละระยะ 1-4 งานวิจัยนี้จะเปลี่ยนให้เป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะ k ที่อายุ x ไปการเสียชีวิตทุกสาเหตุ เนื่องจากในการเก็บสถิติค่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปี แพทย์หรือผู้ทำการวิจัยมักจะไม่ระบุสาเหตุการตายในงานวิจัย สำหรับสูตรที่ใช้คือ

$$\mu_S^{(k)}(x) = -\frac{\ln S_k}{5}$$

โดยที่

S_k คืออัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของมะเร็งระยะที่ k ซึ่งในที่นี้จะเป็นค่าคงที่สำหรับทุกอายุ

$\mu_S^{(k)}(x)$ คือ ค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่ในระยะที่ k ไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุ ซึ่งได้จากการคำนวณอัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปีของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ที่อายุ x ด้วยสูตรดังกล่าว

อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีและผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรง แสดงไว้ในตารางที่ 3.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.6 อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีและค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะ

ระยะของมะเร็ง (k)	อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปี (S_k)	พลังความรุนแรงของมะเร็ง $(\mu_S^{(k)})$
1	0.93	0.014514
2	0.683	0.076252
3	0.442	0.163289
4	0.021	0.772647

จากตารางที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมีค่าลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะที่มากขึ้น ทำให้ผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุมีค่ามากขึ้นตามระยะของมะเร็งที่มากขึ้น

เมื่อนำค่าสัดส่วนของผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ k ซึ่งเท่ากับ c_k จากตารางที่ 3.5 และค่าค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะสำหรับมะเร็งแต่ละสถานะมาใช้ จะทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะสำหรับมะเร็งระยะ k หรือ $p_{ij}^{(k)}(t)$ เมื่อ z เป็นจำนวนเต็มและ $0 \le t < 1$ ดังนี้

$$\frac{d}{dt}p_{12}^{(k)}(z,z+t) = c_i p_{11}(z,z+t)\mu_{12}(z+t) - p_{12}^{(k)}(z,z+t)\left(\mu_{23}(z+t)+\mu_{24}^{(k)}(z+t)\right)$$

$$p_{12}^{(k)}(z,z+t) = \frac{c_k\mu_{12}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(\exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right) - \exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)$$

$$\frac{d}{dt}p_{13}(z,z+t) = p_{11}(z,z+t)\mu_{13}(z+t) + \sum_{k=1}^{4} p_{12}^{(k)}(z,z+t)\mu_{23}(z+t)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$p_{13}(z,z+t)=\frac{\mu_{13}(z)}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right)$$
$$+\sum_{k=1}^{4}\frac{c_k\mu_{12}(z)\mu_{23}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left[\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)^{-1}\left(1\right.\right.$$
$$\left.-\exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right)$$
$$\left.-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)^{-1}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)\right]$$
$$\frac{d}{dt}p_{14}^{(k)}(z,z+t)=p_{12}^{(k)}(z,z+t)\mu_{24}^{(k)}(z+t)$$
$$p_{14}(z,z+t)=\sum_{k=1}^{4}\frac{c_k\mu_{12}(z)\mu_{24}^{(k)}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left[\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)^{-1}\left(1\right.\right.$$
$$\left.-exp\left(-t\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)\right)$$
$$\left.-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)^{-1}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)\right]$$
$$p_{22}^{(k)}(z,z+t)=\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)$$
$$p_{23}^{(k)}(z,z+t)=\frac{\mu_{23}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)$$
$$p_{24}^{(k)}(z,z+t)=\frac{\mu_{24}^{(k)}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(1-\exp\left(-t\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)$$

โดยที่

$\mu_{ij}^{(k)}(t)$ คือค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i ไป j ณ เวลา t สำหรับมะเร็งระยะที่ k เมื่อ $k=1,2,3,4$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี จะได้ว่า

$$p_{12}^{(k)}(z,z+1)=c_k\left(\frac{\mu_{12}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\right)\left[\exp\left(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{23}(z)\right)\right)\right.$$
$$\left.-\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right]$$
$$p_{13}(z,z+1)=\frac{\mu_{13}(z)}{\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)}\left(1-\exp(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{13}(z)\right)\right)$$
$$+\sum_{k=1}^{4}\frac{c_k\mu_{12}(z)\mu_{23}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(z)+\mu_{23}(z)}\left[1\right.\right.$$
$$\left.-\exp\left(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{23}(z)\right)\right)\right]$$
$$\left.-\frac{1}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left[1-\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right]\right)$$

$$p_{14}(z,z+1)=\sum_{k=1}^{4}\frac{c_k\mu_{12}(z)\mu_{24}^{(k)}(z)}{-\mu_{12}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(z)+\mu_{23}(z)}\left[1-\exp\left(-\left(\mu_{12}(z)+\mu_{23}(z)\right)\right)\right]-\frac{1}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left[1-\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right]\right)$$

$$p_{22}^{(k)}(z,z+1)=\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)$$

$$p_{23}^{(k)}(z,z+1)=\frac{\mu_{23}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(1-\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)$$

$$p_{24}^{(k)}(z,z+1)=\frac{\mu_{24}^{(k)}(z)}{\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)}\left(1-\exp\left(-\left(\mu_{23}(z)+\mu_{24}^{(k)}(z)\right)\right)\right)$$

3.3 การหาค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

เมื่อผู้เอาประกันภัยทำสัญญาแนบท้ายประกันภัยโรคมะเร็ง ผู้เอาประกันภัยจะต้องไม่มีประวัติการวินิจฉัยพบหรือรักษาโรคมะเร็งมาก่อน กล่าวคือผู้เอาประกันภัยต้องอยู่ในสถานะที่ 1 เท่านั้น

ในการคำนวณนี้ จะใช้สมมุติฐานว่าค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจะอยู่ในรูปของค่าคงที่ในช่วงปีต่อปี (Piecewise Constant Yearly)

การคำนวณเบี้ยประกันภัยสำหรับการประกันชีวิตในประเทศไทย จะใช้อัตรามรณะจากตารางมรณะไทย (Thai Mortality Ordinary : TMO) เฉพาะประเภทสามัญมาใช้ซึ่งได้รวมสาเหตุการตายทุกชนิดไว้ โดยตารางมรณะจะแสดงอัตรามรณะในรูปของค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยแต่ละอายุปีจะเสียชีวิตในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัย 1,000 คน ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ตาราง E ซึ่งนอกจากจะแสดงค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวยังได้แสดงค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะซึ่งรวมสาเหตุการตายสำหรับทุกสาเหตุซึ่งได้จากการคำนวณแปลงค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวด้วยสมการดังนี้

$$\mu_{TMO}(z)=ln(1-q_z)$$

เมื่อ

$\mu_{TMO}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงมรณะคงที่ในการเปลี่ยนสถานะของผู้เอาประกันภัยอายุ z ปีในช่วงเวลา 1 ปีซึ่งรวมสาเหตุการตายสำหรับทุกสาเหตุ

q_z คืออัตรามรณะของผู้เอาประกันภัยที่อายุ z ปีในช่วงเวลา 1 ปีตามตารางมรณะ

ผู้เอาประกันภัยที่ถูกวินิจฉัยพบว่าเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะจะมีอัตรามรณะที่แตกต่างออกไป โดยในงานวิจัยนี้จะใช้อัตราการตายที่ได้จากงานวิจัยทางการแพทย์ในประเทศไทย ซึ่งจะอยู่ในรูปของอัตราการอยู่รอด 5 ปีนับจากเวลาที่วินิจฉัยพบมะเร็ง ซึ่งได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 3.6

เมื่อนำอัตราการตายจากตารางมรณะ TMO มาใช้จะได้ว่าอัตรามรณะของผู้เอาประกันภัยสถานะปกติที่อายุ z ปีในช่วงเวลา 1 ปีตามตารางมรณะจะเท่ากับอัตรามรณะของผู้เอาประกันภัยจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นและสาเหตุจากโรคมะเร็งในช่วงเวลา 1 ปี ซึ่งจะเขียนได้ในรูปของสมการ

$$\begin{aligned} q_z &= p_{13}(z, z+1) + p_{14}(z, z+1) \\ &= \frac{\mu_{ND}(z)}{\mu_{12}(z) + \mu_{ND}(z)}\left(1 - exp(-(\mu_{12}(z) + \mu_{ND}(z))\right) \\ &+ \sum_{k=1}^{4}\left[\frac{c_k \mu_{12}(z)\mu_S^{(k)}(z)}{-\mu_{12}(z) - \mu_{ND}(z) + \mu_S^{(k)}(z)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(z) + \mu_{ND}(z)}\left[1\right.\right.\right. \\ &\left.\left.\left. - exp\left(-(\mu_{12}(z) + \mu_{ND}(z))\right)\right] - \frac{1}{\mu_S^{(k)}(z)}\left[1 - exp\left(-\mu_S^{(k)}(z)\right)\right]\right)\right] \end{aligned}$$

เมื่อ

q_z คืออัตรามรณะของผู้เอาประกันภัยที่อายุ z ปีในช่วงเวลา 1 ปีตามตารางมรณะ

$\mu_{12}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่ผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะซึ่งคงที่ในช่วงเวลา 1 ปี ซึ่งได้จากการประมาณด้วยสมการกำลังสามในหัวข้อ 3.1

$\mu_{ND}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

$\mu_S^{(k)}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะที่เวลา t จากสถานะผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.6

c_k คือค่าอัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

จากอัตราการอยู่รอดตามระยะของมะเร็งซึ่งมีกรณีที่ผู้เอาประกันภัยเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสาเหตุอื่นรวมกัน สามารถเขียนได้ในรูปของสมการ $\mu_S^{(k)}(z) = \mu_{ND}(z) + \mu_{24}^{(k)}(z)$ เมื่อ $\mu_{24}^{(k)}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ไปสู่การเสียชีวิตมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง จากสมมุติฐานที่ว่าการเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นและการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเป็นอิสระต่อกัน

ค่าที่ต้องการหาคือ $\mu_{ND}(z)$ โดยมีค่าเท่ากับ $\mu_{13}(z), \mu_{23}(z)$ ซึ่งเป็นค่าพลังความรุนแรงสำหรับผู้เอาประกันภัยที่ปกติและเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามลำดับ เนื่องจากงานวิจัยนี้จะใช้สมมุติฐานว่าทั้งประชากรปกติและผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมีความน่าจะเป็นในการเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเท่ากัน โดยวิธีการหาค่านี้ $\mu_{ND}(t)$ จะใช้วิธีการถอดสมการตามวิธีการทางตัวเลข (Numerical method) โดยวิธีที่เลือกใช้คือวิธีการของนิวตันและราฟสัน (Newton-Raphson Method) ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.1.4 โดยจะแปลงสมการให้อยู่ในรูป

$$f(x) = p_{13}(z, z+1) + p_{14}(z, z+1) - q_z$$
$$= \frac{x}{\mu_{12}(z)+x}\left(1 - \exp(-(\mu_{12}(z)+x))\right.$$
$$+ \sum_{k=1}^{4}\left[\frac{c_k \mu_{12}(z)\mu_S^{(k)}(z)}{-\mu_{12}(z) - x + \mu_S^{(k)}(z)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(z)+x}\left[1\right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left. - \exp\left(-(\mu_{12}(z)+x)\right)\right] - \frac{1}{\mu_S^{(k)}(z)}\left[1 - \exp\left(-\mu_S^{(k)}(z)\right)\right]\right)\right] - q_z$$

จากนั้น หาฟังก์ชันอนุพันธ์อันดับที่ 1 ได้ดังนี้

$$f'(x) = \frac{x}{(\mu_{12}(z)+x)^2}\left(1 - exp(-(\mu_{12}(z)+x)\right) + \frac{x}{\mu_{12}(z)+x}exp(-(\mu_{12}(z)+x)$$
$$+ \sum_{k=1}^{4}\left[\frac{c_k \mu_{12}(z)\mu_S^{(k)}(z)}{\left(-\mu_{12}(z) - x + \mu_S^{(k)}(z)\right)^2}\left(\frac{1}{\mu_{12}(z)+x}\left[1\right.\right.\right.$$
$$\left.\left. - exp\left(-(\mu_{12}(z)+x)\right)\right] - \frac{1}{\mu_S^{(k)}(z)}\left[1 - exp\left(-\mu_S^{(k)}(z)\right)\right]\right)$$
$$+ \frac{c_k \mu_{12}(z)\mu_S^{(k)}(z)}{-\mu_{12}(z) - x + \mu_S^{(k)}(z)}\left(-\frac{1}{(\mu_{12}(z)+x)^2}\left[1\right.\right.$$
$$\left.\left. - exp\left(-(\mu_{12}(z)+x)\right)\right] + \frac{1}{\mu_{12}(z)+x}exp\left(-(\mu_{12}(z)+x)\right)\right)\Bigg]$$

หลังจากทราบ $\mu_{ND}(x)$ ซึ่งเป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่อายุ x แล้ว จะสามารถหา $\mu_{24}^{(k)}(x)$ ซึ่งเป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะ k ที่อายุ x ไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะนั้นได้จากสูตร

$$\mu_{24}^{(k)}(x) = \mu_S^{(k)}(x) - \mu_{ND}(x)$$

เมื่อ $\mu_S^{(k)}(z)$ คือค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะ k ที่อายุ x ไปสู่สถานะการเสียชีวิตทุกสาเหตุ ซึ่งได้จากการคำนวณอัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปีของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ด้วยสูตร

$$\mu_S^{(k)}(z) = -\frac{ln\, S_k}{5}$$

เมื่อ S_k คืออัตราการรอดชีวิตที่ 5 ปีของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่ระยะ k (ค่าอัตราการอยู่รอดชีวิตที่ 5 ปีและค่าพลังความรุนแรงที่คำนวณได้จากสูตรแสดงไว้ในตารางที่ 3.6)

ในการคำนวณค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะปกติไปเป็นสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะ จะใช้อัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะที่ได้จากงานวิจัยที่ศึกษาจากประชากรตัวอย่างในประเทศไทย โดยกำหนดให้ผู้ป่วยในทุกกลุ่มอายุมีอัตราส่วนผู้ป่วยในแต่ละระยะเท่ากันหมด เนื่องจากข้อมูลในประเทศไทยยังไม่มีความละเอียดพอที่จะระบุจำนวนผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะในแต่ละช่วงอายุ สืบเนื่องมาจากความยุ่งยากในการเก็บข้อมูลและจะเป็นการละเมิดสิทธิของผู้ป่วยในการเก็บรักษาความลับเรื่องสุขภาพของผู้ป่วย

นอกจากนี้ ยังมีกรณีที่ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ 1 ไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะ จึงจำเป็นต้องปรับให้ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ 1 ไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุมีค่าเท่ากับค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะ

สำหรับการหาอายุที่ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะนั้น จะเริ่มจากการหาค่าพลังความรุนแรงที่ได้จากการคำนวณจากอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปี ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.6 และค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะซึ่งรวมสาเหตุการตายสำหรับทุกสาเหตุไว้ โดยข้อมูลซึ่งเป็นตัวเลขได้แสดงไว้ในภาคผนวก ตาราง ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อทราบค่าพลังความรุนแรงจากอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีสำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทั้ง 4 ระยะและค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยแล้ว จึงนำมาเทียบว่าค่าพลังความรุนแรงจากอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีจะเริ่มมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทย โดยตารางที่ 3.7 แสดงค่าอายุที่ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุเริ่มมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะไทย

ตารางที่ 3.7 อายุที่ค่าพลังความรุนแรงในเปลี่ยนสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุเริ่มมีค่าน้อยกว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากตารางมรณะไทย

ระยะมะเร็ง	ชาย	หญิง
1	63	60
2	78	77
3	87	86
4	99	99

จากตารางที่ 3.7 จึงปรับค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากผู้เอาประกันภัยที่เป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1 ไปสู่การเสียชีวิตทุกสาเหตุ โดย

$$\mu_S^{(1)}(x) = \mu_{TMO}(x)$$

สำหรับเพศชายเมื่อ $x \geq 63$ และเพศหญิงเมื่อ $x \geq 60$

ส่วนมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 2-4 ไม่มีการเปลี่ยนค่าเนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้กับสัญญาแนบท้ายที่ออกแบบสำหรับผู้เอาประกันภัยในช่วงอายุ 0-74 ปี เท่านั้น

ค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะปกติไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่อายุ x $(\mu_{ND}(x))$และค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะผู้เอาประกันภัยที่มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ที่อายุ x $(\mu_{24}^{(1)}(x))$ ซึ่งได้จากสมการ $\mu_{24}^{(k)}(x) = \mu_S^{(k)}(x) - \mu_{ND}(x)$ ได้แสดงไว้ตาราง 3.8 และ 3.9

ตาราง 3.8 แสดงผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปีที่ได้จากตารางมรณะและการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อใช้ค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยสำหรับเพศชาย

ตาราง 3.9 เป็นการแสดงผลการคำนวณเช่นเดียวกับตาราง 3.6 แต่เป็นสำหรับเพศหญิง

ตารางที่ 3.8 ผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปีในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อใช้ค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยสำหรับประชากรเพศชาย

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
0	0.001322	0.001321	0.013193	0.074931	0.161968	0.771325
1	0.000271	0.000270	0.014244	0.075982	0.163019	0.772376
2	0.000261	0.000261	0.014253	0.075991	0.163028	0.772385
3	0.000252	0.000252	0.014262	0.076000	0.163037	0.772395
4	0.000243	0.000243	0.014271	0.076009	0.163046	0.772404
5	0.000234	0.000234	0.014280	0.076018	0.163055	0.772413
6	0.000225	0.000225	0.014290	0.076027	0.163064	0.772422
7	0.000215	0.000215	0.014299	0.076037	0.163074	0.772431
8	0.000215	0.000215	0.014299	0.076037	0.163074	0.772432
9	0.000182	0.000182	0.014332	0.076070	0.163107	0.772465
10	0.000208	0.000208	0.014306	0.076044	0.163081	0.772439
11	0.000278	0.000278	0.014237	0.075974	0.163011	0.772369
12	0.000379	0.000379	0.014135	0.075873	0.162910	0.772268
13	0.000501	0.000500	0.014014	0.075752	0.162789	0.772146
14	0.000632	0.000632	0.013882	0.075620	0.162657	0.772014
15	0.000766	0.000766	0.013748	0.075486	0.162523	0.771881
16	0.000895	0.000894	0.013620	0.075358	0.162395	0.771752
17	0.001013	0.001013	0.013502	0.075240	0.162277	0.771634
18	0.001117	0.001117	0.013397	0.075135	0.162172	0.771530
19	0.001205	0.001204	0.013310	0.075048	0.162085	0.771442
20	0.001275	0.001275	0.013240	0.074977	0.162014	0.771372
21	0.001329	0.001328	0.013186	0.074924	0.161961	0.771318
22	0.001368	0.001367	0.013147	0.074885	0.161922	0.771279
23	0.001397	0.001396	0.013118	0.074856	0.161893	0.771251
24	0.001421	0.001419	0.013095	0.074833	0.161870	0.771227

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
25	0.001438	0.001436	0.013078	0.074816	0.161853	0.771211
26	0.001452	0.001450	0.013064	0.074802	0.161839	0.771196
27	0.001468	0.001466	0.013048	0.074786	0.161823	0.771181
28	0.001490	0.001487	0.013028	0.074765	0.161802	0.771160
29	0.001519	0.001516	0.012998	0.074736	0.161773	0.771131
30	0.001560	0.001556	0.012958	0.074696	0.161733	0.771091
31	0.001612	0.001607	0.012907	0.074645	0.161682	0.771039
32	0.001676	0.001670	0.012844	0.074582	0.161619	0.770976
33	0.001752	0.001745	0.012769	0.074507	0.161544	0.770902
34	0.001837	0.001830	0.012684	0.074422	0.161459	0.770817
35	0.001933	0.001924	0.012590	0.074328	0.161365	0.770723
36	0.002036	0.002026	0.012488	0.074226	0.161263	0.770620
37	0.002147	0.002137	0.012377	0.074115	0.161152	0.770509
38	0.002267	0.002257	0.012257	0.073995	0.161032	0.770390
39	0.002397	0.002386	0.012128	0.073866	0.160903	0.770261
40	0.002538	0.002526	0.011988	0.073726	0.160763	0.770120
41	0.002692	0.002680	0.011834	0.073572	0.160609	0.769966
42	0.002863	0.002850	0.011664	0.073402	0.160439	0.769796
43	0.003051	0.003038	0.011476	0.073214	0.160251	0.769609
44	0.003260	0.003246	0.011269	0.073006	0.160043	0.769401
45	0.003491	0.003475	0.011039	0.072777	0.159814	0.769171
46	0.003746	0.003728	0.010786	0.072524	0.159561	0.768918
47	0.004025	0.004006	0.010508	0.072246	0.159283	0.768641
48	0.004331	0.004308	0.010206	0.071944	0.158981	0.768339
49	0.004662	0.004635	0.009879	0.071617	0.158654	0.768011

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
50	0.005020	0.004989	0.009525	0.071263	0.158300	0.767657
51	0.005405	0.005370	0.009144	0.070882	0.157919	0.767276
52	0.005821	0.005781	0.008733	0.070471	0.157508	0.766865
53	0.006270	0.006227	0.008288	0.070026	0.157063	0.766420
54	0.006760	0.006713	0.007801	0.069539	0.156576	0.765934
55	0.007300	0.007249	0.007265	0.069003	0.156040	0.765398
56	0.007902	0.007847	0.006667	0.068405	0.155442	0.764800
57	0.008579	0.008520	0.005995	0.067733	0.154769	0.764127
58	0.009345	0.009281	0.005233	0.066971	0.154008	0.763365
59	0.010214	0.010147	0.004368	0.066106	0.153142	0.762500
60	0.011201	0.011129	0.003385	0.065123	0.152160	0.761517
61	0.012319	0.012245	0.002270	0.064007	0.151044	0.760402
62	0.013585	0.013507	0.001007	0.062745	0.149782	0.759139
63	0.015014	0.014934	0.000080	0.061318	0.148355	0.757712
64	0.016628	0.016545	0.000083	0.059707	0.146744	0.756102
65	0.018449	0.018363	0.000086	0.057889	0.144926	0.754284
66	0.020507	0.020417	0.000091	0.055836	0.142873	0.752230
67	0.022839	0.022742	0.000097	0.053510	0.140547	0.749905
68	0.025485	0.025381	0.000104	0.050871	0.137908	0.747265
69	0.028494	0.028381	0.000112	0.047871	0.134908	0.744265
70	0.031913	0.031792	0.000121	0.044461	0.131498	0.740855
71	0.035789	0.035658	0.000130	0.040594	0.127631	0.736988
72	0.040161	0.040022	0.000139	0.036230	0.123267	0.732625
73	0.045059	0.044912	0.000147	0.031340	0.118377	0.727735
74	0.050499	0.050345	0.000154	0.025907	0.112944	0.722301

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.9 ผลการคำนวณค่าพลังความรุนแรงแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปีในการเปลี่ยนสถานะจากปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไปสู่การเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นนอกเหนือจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและสถานะจากผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะไปสู่การเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อใช้ค่าพลังความรุนแรงจากตารางมรณะไทยสำหรับประชากรเพศหญิง

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
0	0.001059	0.001059	0.013455	0.075193	0.162230	0.771588
1	0.000233	0.000233	0.014281	0.076019	0.163056	0.772413
2	0.000228	0.000228	0.014286	0.076024	0.163061	0.772419
3	0.000223	0.000223	0.014292	0.076029	0.163066	0.772424
4	0.000218	0.000217	0.014297	0.076035	0.163072	0.772429
5	0.000212	0.000212	0.014302	0.076040	0.163077	0.772434
6	0.000207	0.000207	0.014307	0.076045	0.163082	0.772440
7	0.000202	0.000202	0.014313	0.076050	0.163087	0.772445
8	0.000205	0.000205	0.014310	0.076047	0.163084	0.772442
9	0.000213	0.000213	0.014301	0.076039	0.163076	0.772434
10	0.000223	0.000223	0.014291	0.076029	0.163066	0.772423
11	0.000236	0.000236	0.014279	0.076016	0.163053	0.772411
12	0.000250	0.000250	0.014265	0.076002	0.163039	0.772397
13	0.000265	0.000265	0.014249	0.075987	0.163024	0.772382
14	0.000282	0.000281	0.014233	0.075971	0.163008	0.772365
15	0.000298	0.000298	0.014216	0.075954	0.162991	0.772349
16	0.000315	0.000315	0.014199	0.075937	0.162974	0.772332
17	0.000332	0.000331	0.014183	0.075921	0.162958	0.772315
18	0.000348	0.000347	0.014167	0.075905	0.162942	0.772299
19	0.000363	0.000362	0.014152	0.075890	0.162927	0.772284
20	0.000377	0.000377	0.014137	0.075875	0.162912	0.772270
21	0.000391	0.000390	0.014124	0.075862	0.162899	0.772256
22	0.000404	0.000403	0.014111	0.075849	0.162886	0.772243
23	0.000416	0.000415	0.014099	0.075837	0.162874	0.772232
24	0.000428	0.000426	0.014088	0.075826	0.162863	0.772220

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
25	0.000439	0.000437	0.014077	0.075815	0.162852	0.772210
26	0.000450	0.000448	0.014067	0.075804	0.162841	0.772199
27	0.000461	0.000458	0.014056	0.075794	0.162831	0.772188
28	0.000473	0.000470	0.014044	0.075782	0.162819	0.772177
29	0.000486	0.000483	0.014032	0.075770	0.162807	0.772164
30	0.000500	0.000497	0.014017	0.075755	0.162792	0.772150
31	0.000517	0.000514	0.014000	0.075738	0.162775	0.772133
32	0.000537	0.000534	0.013980	0.075718	0.162755	0.772113
33	0.000561	0.000558	0.013956	0.075694	0.162731	0.772089
34	0.000591	0.000587	0.013928	0.075666	0.162703	0.772060
35	0.000626	0.000621	0.013893	0.075631	0.162668	0.772025
36	0.000667	0.000662	0.013852	0.075590	0.162627	0.771985
37	0.000715	0.000709	0.013805	0.075543	0.162580	0.771938
38	0.000770	0.000763	0.013751	0.075489	0.162526	0.771883
39	0.000833	0.000825	0.013689	0.075427	0.162464	0.771822
40	0.000903	0.000893	0.013621	0.075359	0.162396	0.771753
41	0.000980	0.000970	0.013544	0.075282	0.162319	0.771677
42	0.001065	0.001054	0.013460	0.075198	0.162235	0.771593
43	0.001158	0.001145	0.013369	0.075107	0.162144	0.771501
44	0.001258	0.001245	0.013270	0.075007	0.162044	0.771402
45	0.001366	0.001351	0.013163	0.074901	0.161938	0.771295
46	0.001483	0.001466	0.013048	0.074786	0.161823	0.771181
47	0.001608	0.001589	0.012925	0.074663	0.161700	0.771057
48	0.001745	0.001724	0.012791	0.074529	0.161566	0.770923
49	0.001894	0.001871	0.012643	0.074381	0.161418	0.770775

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

อายุ (x)	$\mu_{TMO}(x)$	$\mu_{ND}(x)$	$\mu_{24}^{(1)}(x)$	$\mu_{24}^{(2)}(x)$	$\mu_{24}^{(3)}(x)$	$\mu_{24}^{(4)}(x)$
50	0.002062	0.002036	0.012478	0.074216	0.161253	0.770611
51	0.002250	0.002222	0.012293	0.074030	0.161067	0.770425
52	0.002464	0.002433	0.012081	0.073819	0.160856	0.770213
53	0.002708	0.002676	0.011839	0.073576	0.160613	0.769971
54	0.002987	0.002952	0.011562	0.073300	0.160337	0.769694
55	0.003304	0.003267	0.011247	0.072985	0.160022	0.769379
56	0.003664	0.003623	0.010891	0.072629	0.159666	0.769023
57	0.004069	0.004024	0.010490	0.072228	0.159265	0.768622
58	0.004524	0.004475	0.010039	0.071777	0.158814	0.768172
59	0.005035	0.004982	0.009533	0.071271	0.158308	0.767665
60	0.005612	0.005553	0.008961	0.070699	0.157736	0.767093
61	0.006266	0.006203	0.008311	0.070049	0.157086	0.766444
62	0.007013	0.006947	0.007567	0.069305	0.156342	0.765700
63	0.007876	0.007807	0.006707	0.068445	0.155482	0.764839
64	0.008881	0.008810	0.005704	0.067442	0.154479	0.763836
65	0.010060	0.009988	0.004526	0.066264	0.153301	0.762659
66	0.011452	0.011377	0.003137	0.064875	0.151912	0.761269
67	0.013096	0.013019	0.001495	0.063233	0.150270	0.759628
68	0.015036	0.014955	0.000081	0.061297	0.148334	0.757691
69	0.017315	0.017230	0.000085	0.059023	0.146059	0.755417
70	0.019971	0.019881	0.000090	0.056371	0.143408	0.752766
71	0.023037	0.022942	0.000095	0.053310	0.140347	0.749704
72	0.026538	0.026438	0.000100	0.049814	0.136851	0.746209
73	0.030487	0.030382	0.000104	0.045870	0.132907	0.742264
74	0.034889	0.034781	0.000108	0.041471	0.128508	0.737865

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อทราบค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะที่จำเป็นทั้งหมดแล้ว จะนำค่าทั้งหมดมาคำนวณความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีเริ่มที่อายุจำนวนเต็ม x ตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ในรูปที่ 3.8 โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$p_{11}(x,x+1) = \exp\Big(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{13}(x)\big)\Big)$$

$$p_{12}^{(k)}(x,x+1) = c_k\left(\frac{\mu_{12}(x)}{-\mu_{12}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\right)\Big[\exp\Big(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\big)\Big) - \exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)\Big]$$

$$p_{13}(x,x+1) = \frac{\mu_{ND}(x)}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\big(1-\exp(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\big)\big) + \sum_{k=1}^{4}\left[\frac{c_k\mu_{12}(x)\mu_{ND}(x)}{-\mu_{12}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\Big[1 - \exp\Big(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\big)\Big)\Big] - \frac{1}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\Big[1-\exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)\Big]\right)\right]$$

$$p_{14}(x,x+1) = \sum_{k=1}^{4}\left[\frac{c_k\mu_{12}(x)\mu_{24}^{(k)}(x)}{-\mu_{12}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\Big[1 - \exp\Big(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\big)\Big)\Big] - \frac{1}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\Big[1-\exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)\Big]\right)\right]$$

$$p_{22}^{(k)}(x,x+1) = \exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)$$

$$p_{23}^{(k)}(x,x+1) = \frac{\mu_{ND}(x)}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\Big(1-\exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)\Big)$$

$$p_{24}^{(k)}(x,x+1) = \frac{\mu_{24}^{(k)}(x)}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\Big(1-\exp\Big(-\Big(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\Big)\Big)\Big)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในกรณี $p_{13}(x,x+1)$ และ $p_{14}(x,x+1)$ จะสามารถเขียนสูตรใหม่ได้ดังนี้

$$p_{13}(x,x+1) = p_{113}(x,x+1) + \sum_{k=1}^{4} p_{123}^{(k)}(x,x+1)$$

$$p_{14}(x,x+1) = \sum_{k=1}^{4} p_{14}^{(k)}(x,x+1)$$

โดยที่

$$p_{113}(x,x+1) = \frac{\mu_{ND}(x)}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\big(1-\exp(-\big(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\big)\big)$$

$$p_{123}^{(k)}(x,x+1) = \frac{c_k \mu_{12}(x)\mu_{ND}(x)}{-\mu_{12}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\left[1 - \exp\left(-\left(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\right)\right)\right] - \frac{1}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left[1-\exp\left(-\left(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\right)\right)\right]\right)$$

$$p_{14}^{(k)}(x,x+1) = \frac{c_k \mu_{12}(x)\mu_{24}^{(k)}(x)}{-\mu_{12}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left(\frac{1}{\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)}\left[1 - \exp\left(-\left(\mu_{12}(x)+\mu_{ND}(x)\right)\right)\right] - \frac{1}{\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)}\left[1-\exp\left(-\left(\mu_{ND}(x)+\mu_{24}^{(k)}(x)\right)\right)\right]\right)$$

เมื่อ

$p_{113}(x,x+1)$ คือความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยเริ่มต้นที่เวลา x สถานะที่ 1 จะเปลี่ยนไปสู่สถานะที่ 3 ในปีถัดไปโดยไม่ผ่านสถานะที่ 2 กล่าวคือ เป็นผู้เอาประกันภัยปกติและเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นโดยไม่มีประวัติวินิจฉัยพบโรคมะเร็ง

$p_{123}^{(k)}(x,x+1)$ คือความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยเริ่มต้นที่เวลา x สถานะที่ 1 จะเปลี่ยนไปสู่สถานะที่ 3 ในปีถัดไปโดยมีการผ่านสถานะที่ 2 มาก่อน กล่าวคือ เป็นผู้เอาประกันภัยที่ปกติและเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นโดยมีประวัติวินิจฉัยพบโรคมะเร็ง

$p_{124}^{(k)}(x,x+1)$ คือความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยเริ่มต้นที่เวลา x สถานะที่ 1 จะเปลี่ยนไปสู่สถานะที่ 4 ในระยะที่ k ในปีถัดไป กล่าวคือ เป็นผู้เอาประกันภัยที่ปกติและเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ผู้เอาประกันภัยต้องมีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงก่อนที่จะเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ผู้เอาประกันภัยจึงต้องมีประวัติการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและคำนวณค่าความน่าจะเป็นตามข้อกำหนดดังกล่าว

หลังจากที่ทราบทั้งค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปี จะสามารถคำนวณเบี้ยประกันภัยตามผลประโยชน์ทางการประกันภัยที่ระบุในสัญญาแนบท้ายต่อไปได้

ผลการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในปีถัดไปสำหรับเพศชายได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.10 ถึง 3.15 และสำหรับของเพศหญิงได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.16 ถึง 3.21

ตาราง 3.10 ถึง 3.15 : เพศชาย

ตาราง 3.10 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x, x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิต ($p_{12}^{(k)}(x, x+1)$) โดยสำหรับความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมีการคูณด้วย 10,000,000 (หรือ 10^7) เนื่องจากผลการคำนวณค่าอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งได้ค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 6 ขึ้นไป

ตาราง 3.11 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยได้แยกประเภทว่ามีระหว่างช่วงเวลาสถานะปกติตอนต้นปีจนถึงเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในปีถัดไปและไม่มีประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในช่วงเวลาดังกล่าว ($p_{113}(x, x+1)$) หรือมีประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวระยะที่ k ($p_{123}^{(k)}(x, x+1)$) โดยในส่วนของผู้เอาประกันภัยที่ประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงก่อนเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นจะมีการคูณด้วย 10,000,000,000 (หรือ 10^{10}) เนื่องจากผลการคำนวณได้ค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 7 ขึ้นไป

ตาราง 3.12 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x, x+1)$) โดยจะมีการคูณด้วย 100,000,000 (หรือ 10^8) เนื่องจากผลการคำนวณค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 7 ขึ้นไป

ตาราง 3.13 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x, x+1)$)

ตาราง 3.14 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x, x+1)$)

ตาราง 3.15 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{23}^{(k)}(x, x+1)$)

ตาราง 3.16 ถึง 3.21 : เพศหญิง

ตาราง 3.16 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x, x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิต ($p_{12}^{(k)}(x, x+1)$) โดยสำหรับความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมีการคูณด้วย 10,000,000 (หรือ 10^7) เนื่องจากผลการคำนวณค่าอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งได้ค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 6 ขึ้นไป

ตาราง 3.17 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยได้แยกประเภทว่ามีระหว่างช่วงเวลาสถานะปกติตอนต้นปีจนถึงเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในปีถัดไปและไม่มีประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในช่วงเวลาดังกล่าว ($p_{113}(x, x+1)$) หรือมีประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวระยะที่ k ($p_{123}^{(k)}(x, x+1)$) โดยในส่วนของผู้เอาประกันภัยที่ประวัติว่าวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงก่อนเสียชีวิตด้วยสาเหตุอื่นจะมีการคูณด้วย 10,000,000,000 (หรือ 10^{10}) เนื่องจากผลการคำนวณได้ค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 7 ขึ้นไป

ตาราง 3.18 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x, x+1)$) โดยจะมีการคูณด้วย 100,000,000 (หรือ 10^8) เนื่องจากผลการคำนวณค่าที่มีจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 7 ขึ้นไป

ตาราง 3.19 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x, x+1)$)

ตาราง 3.20 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x, x+1)$)

ตาราง 3.21 แสดงค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{23}^{(k)}(x, x+1)$)

ตารางที่ 3.10 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x,x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิตอยู่ ($p_{12}^{(k)}(x,x+1)$) โดยแบบหลังจะเป็นแบบต่อ 10^7

อายุ (x)	$p_{11}(x,x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.998678	1.259989	2.987027	4.813837	3.143096
1	0.999729	1.018745	2.415127	3.892203	2.541468
2	0.999738	0.768016	1.820728	2.934274	1.915976
3	0.999747	0.526109	1.247241	2.010046	1.312489
4	0.999757	0.310669	0.736500	1.186939	0.775030
5	0.999766	0.139344	0.330342	0.532378	0.347624
6	0.999775	0.030620	0.072590	0.116986	0.076388
7	0.999785	0.001527	0.003620	0.005834	0.003809
8	0.999785	0.053963	0.127931	0.206172	0.134623
9	0.999818	0.193671	0.459135	0.739940	0.483156
10	0.999792	0.415440	0.984879	1.587225	1.036404
11	0.999722	0.718790	1.704028	2.746201	1.793169
12	0.999620	1.093203	2.591643	4.176672	2.727201
13	0.999498	1.518121	3.598989	5.800098	3.787211
14	0.999366	1.942884	4.605967	7.422927	4.846815
15	0.999232	2.316851	5.492522	8.851680	5.779684
16	0.999103	2.580532	6.117622	9.859075	6.437418
17	0.998985	2.718785	6.445370	10.387261	6.782254
18	0.998881	2.760796	6.544962	10.547753	6.887009
19	0.998793	2.868724	6.800821	10.960085	7.156204
20	0.998723	3.204697	7.597302	12.243674	7.994274
21	0.998668	3.942850	9.347223	15.063808	9.835600
22	0.998628	5.197195	12.320868	19.856073	12.964583
23	0.998597	7.021631	16.646013	26.826386	17.515668
24	0.998571	9.289707	22.022884	35.491639	23.173414

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{11}(x, x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.998552	11.875006	28.151786	45.368849	29.622471
26	0.998534	14.636865	34.699253	55.920607	36.511950
27	0.998516	17.505736	41.500411	66.881205	43.668355
28	0.998492	20.483184	48.558967	78.256614	51.095573
29	0.998459	23.784139	56.384448	90.867975	59.329727
30	0.998415	27.623505	65.486318	105.536322	68.906865
31	0.998358	32.244954	76.442246	123.192606	80.434792
32	0.998289	37.748081	89.488328	144.217304	94.161889
33	0.998207	44.088409	104.519124	168.440486	109.977159
34	0.998115	50.789393	120.404896	194.041481	126.691822
35	0.998014	57.374577	136.016124	219.199980	143.117354
36	0.997905	63.332681	150.140733	241.962633	157.978401
37	0.997789	68.327206	161.980995	261.043850	170.435612
38	0.997665	72.196406	171.153467	275.825691	180.085562
39	0.997533	75.302524	178.516910	287.692115	187.831856
40	0.997390	78.007691	184.929813	298.026632	194.577778
41	0.997233	80.649214	191.191814	308.117911	201.164661
42	0.997060	83.687818	198.395132	319.726121	208.741639
43	0.996869	87.707568	207.924375	335.082622	218.765428
44	0.996655	93.662772	222.041865	357.833249	233.616118
45	0.996416	102.507217	243.008668	391.621779	255.672328
46	0.996150	115.283111	273.295458	440.429746	287.533008
47	0.995854	132.586327	314.314779	506.533410	330.683630
48	0.995529	154.566619	366.421578	590.504630	385.496809
49	0.995174	180.037338	426.802662	687.809649	449.012037

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.10 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{11}(x,x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+1)$
50	0.994791	207.812372	492.646131	793.916832	518.270325
51	0.994380	236.649231	561.006444	904.079209	590.172276
52	0.993939	265.591189	629.615521	1014.641592	662.331363
53	0.993465	293.966881	696.881764	1123.038987	733.072784
54	0.992951	321.959619	763.239686	1229.971499	802.852996
55	0.992387	349.751734	829.121445	1336.135386	872.125703
56	0.991763	377.558248	895.036668	1442.351679	941.425747
57	0.991065	405.423686	961.090778	1548.789977	1010.862508
58	0.990279	433.222359	1026.985668	1654.969542	1080.120678
59	0.989392	460.320482	1091.218745	1758.468608	1147.618051
60	0.988391	486.084874	1152.288862	1856.867776	1211.774118
61	0.987263	509.726770	1208.326077	1947.153404	1270.620829
62	0.985993	531.240819	1259.317581	2029.304573	1324.143273
63	0.984564	551.264882	1307.102083	2106.283905	1374.273101
64	0.982955	572.721176	1359.061934	2189.986817	1428.768864
65	0.981139	598.934816	1422.548751	2292.258495	1495.353144
66	0.979087	633.185665	1505.432790	2425.778881	1582.288734
67	0.976762	677.533500	1612.733699	2598.633395	1694.836086
68	0.974124	732.820838	1746.623762	2814.318231	1835.257130
69	0.971133	796.345982	1900.864840	3062.777123	1996.972297
70	0.967747	865.405847	2069.216846	3333.950638	2173.399835
71	0.963928	937.306455	2245.450412	3617.796880	2357.970658
72	0.959647	1009.376758	2423.363519	3904.318687	2544.147833
73	0.954883	1078.986789	2596.803381	4183.599387	2725.452190
74	0.949630	1143.565993	2759.688640	4445.839073	2895.488280

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.11 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{113}(x,x+1)$) โดยในกรณีที่มีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ก่อนเสียชีวิต ($p_{123}^{(k)}(x,x+1)$) จะเป็นแบบ 10^{10}

อายุ (x)	$p_{113}(x,x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.001321	0.834727	1.999186	3.267988	2.342239
1	0.000270	0.138065	0.330669	0.540533	0.387418
2	0.000261	0.100557	0.240837	0.393687	0.282169
3	0.000252	0.066467	0.159189	0.260221	0.186509
4	0.000243	0.037836	0.090619	0.148132	0.106171
5	0.000234	0.016330	0.039110	0.063932	0.045822
6	0.000225	0.003447	0.008257	0.013497	0.009674
7	0.000215	0.000165	0.000395	0.000645	0.000463
8	0.000215	0.005813	0.013922	0.022758	0.016312
9	0.000182	0.017666	0.042311	0.069164	0.049572
10	0.000208	0.043241	0.103563	0.169290	0.121336
11	0.000278	0.100025	0.239562	0.391604	0.280676
12	0.000379	0.207680	0.497399	0.813080	0.582761
13	0.000500	0.380782	0.911982	1.490783	1.068491
14	0.000632	0.615607	1.474392	2.410133	1.727414
15	0.000765	0.889203	2.129660	3.481273	2.495126
16	0.000894	1.156737	2.770409	4.528678	3.245825
17	0.001012	1.379955	3.305021	5.402586	3.872171
18	0.001116	1.545522	3.701556	6.050785	4.336744
19	0.001204	1.731923	4.147991	6.780552	4.859779
20	0.001274	2.047783	4.904480	8.017153	5.746073
21	0.001327	2.625546	6.288234	10.279118	7.367268
22	0.001367	3.562882	8.533172	13.948825	9.997420
23	0.001395	4.913834	11.768727	19.237852	13.788172
24	0.001418	6.609573	15.830055	25.876735	18.546391

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{113}(x, x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.001435	8.549261	20.475643	33.470685	23.989124
26	0.001449	10.641905	25.487566	41.663465	29.861049
27	0.001465	12.864640	30.811057	50.365554	36.098002
28	0.001486	15.266211	36.562864	59.767789	42.836756
29	0.001515	18.075298	43.290678	70.765460	50.718978
30	0.001554	21.544265	51.598913	84.346577	60.452785
31	0.001606	25.981274	62.225628	101.717607	72.902865
32	0.001669	31.613354	75.714554	123.767364	88.706232
33	0.001743	38.572300	92.381340	151.011823	108.232671
34	0.001828	46.596239	111.598799	182.425741	130.747355
35	0.001922	55.345383	132.553127	216.678824	155.296821
36	0.002024	64.345958	154.109629	251.916233	180.551666
37	0.002135	73.217216	175.356402	286.647319	205.443513
38	0.002254	81.690379	195.649722	319.819814	229.218182
39	0.002383	90.082937	215.749978	352.676688	252.766515
40	0.002523	98.818847	236.672556	386.877744	277.278087
41	0.002677	108.396190	259.610359	424.372958	304.150424
42	0.002846	119.606036	286.458012	468.259371	335.603138
43	0.003033	133.608963	319.995098	523.080623	374.892583
44	0.003240	152.450041	365.119577	596.843138	427.756826
45	0.003469	178.664349	427.902967	699.471679	501.308690
46	0.003721	215.570502	516.293351	843.958503	604.859291
47	0.003997	266.380129	637.982554	1042.876925	747.419259
48	0.004298	333.980391	799.885281	1307.529882	937.088495
49	0.004624	418.626406	1002.612449	1638.915801	1174.581565

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{113}(x,x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x,x+1)$
50	0.004976	520.115803	1245.679273	2036.241998	1459.329249
51	0.005355	637.581504	1527.008984	2496.113435	1788.897165
52	0.005764	770.372650	1845.042653	3015.981534	2161.457461
53	0.006206	918.421827	2199.618675	3595.581799	2576.818997
54	0.006689	1084.498725	2597.370265	4245.756718	3042.750160
55	0.007221	1272.332176	3047.227711	4981.103484	3569.709373
56	0.007814	1486.939538	3561.207204	5821.263382	4171.768755
57	0.008481	1733.800325	4152.431653	6787.686448	4864.295147
58	0.009236	2018.604449	4834.527695	7902.645733	5663.243285
59	0.010093	2345.169716	5616.638098	9181.084366	6579.312863
60	0.011065	2716.785667	6506.640219	10635.876505	7621.718514
61	0.012166	3134.974554	7508.178551	12272.976617	8794.713477
62	0.013413	3605.003521	8633.866197	14112.998693	10113.052555
63	0.014819	4137.435377	9910.648482	16199.983230	11608.272324
64	0.016404	4764.651019	11419.157090	18665.724593	13374.780562
65	0.018189	5533.571235	13269.985229	21690.988324	15542.056597
66	0.020202	6508.813295	15619.345365	25531.102647	18292.976380
67	0.022477	7764.051495	18645.960760	30478.182209	21836.728889
68	0.025051	9380.559327	22547.884007	36855.923928	26405.069260
69	0.027970	11410.286828	27454.047687	44875.027673	32148.720458
70	0.031276	13905.820962	33496.412155	54751.124631	39221.853830
71	0.035011	16915.225589	40797.823017	66684.926555	47767.852774
72	0.039209	20475.209081	49455.716511	80835.589733	57900.222681
73	0.043891	24602.149949	59520.392964	97285.203496	69677.158166
74	0.049066	29283.064169	70972.792085	116002.468697	83075.550182

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.12 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x,x+1)$) และรวมทุกระยะ ($p_{14}(x,x+1)$) แบบต่อ 10^8

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
0	0.083333	1.133576	4.005408	13.671202	18.893518
1	0.072733	0.929230	3.258966	11.066982	15.327911
2	0.054867	0.700616	2.457020	8.343319	11.555822
3	0.037609	0.479995	1.683207	5.715426	7.916238
4	0.022223	0.283472	0.993994	3.375014	4.674703
5	0.009974	0.127161	0.445860	1.513810	2.096805
6	0.002193	0.027946	0.097980	0.332653	0.460772
7	0.000109	0.001394	0.004886	0.016588	0.022978
8	0.003868	0.049257	0.172686	0.586261	0.812072
9	0.013913	0.176857	0.619882	2.104135	2.914787
10	0.029790	0.379245	1.329490	4.513391	6.251916
11	0.051291	0.655570	2.299312	7.808406	10.814579
12	0.077455	0.995738	3.494890	11.874367	16.442450
13	0.106639	1.380588	4.849803	16.487533	22.824563
14	0.135196	1.763837	6.201867	21.097481	29.198382
15	0.159672	2.099673	7.389696	25.154479	34.803520
16	0.176185	2.334704	8.224379	28.013178	38.748446
17	0.184015	2.455973	8.658858	29.509981	40.808827
18	0.185420	2.490512	8.787159	29.962388	41.425479
19	0.191412	2.584895	9.125876	31.130578	43.032761
20	0.212702	2.884955	10.190354	34.773653	48.061663
21	0.260636	3.546952	12.533506	42.780603	59.121697
22	0.342535	4.672937	16.516926	56.387944	77.920342
23	0.461779	6.310968	22.311255	76.180034	105.264037
24	0.609857	8.346928	29.513952	100.784494	139.255232

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
25	0.778579	10.667489	37.723797	128.830091	177.999956
26	0.958619	13.146047	46.493551	158.790544	219.388761
27	1.145147	15.719485	55.601246	189.910673	262.376550
28	1.337789	18.388081	65.050036	222.206269	306.982176
29	1.549901	21.343165	75.519888	258.007255	356.420208
30	1.794597	24.775480	87.689780	299.642681	413.902538
31	2.086532	28.900787	102.328759	349.752877	483.068955
32	2.430685	33.804883	119.747299	409.414488	565.397355
33	2.822507	39.443948	139.797890	478.140993	660.205338
34	3.229943	45.387968	160.963568	550.760374	760.341853
35	3.621721	51.208857	181.730614	622.103499	858.664690
36	3.965373	56.449812	200.478815	686.626085	947.520086
37	4.240218	60.811814	216.144441	740.680832	1021.877306
38	4.437170	64.153160	228.219440	782.516673	1079.326442
39	4.579413	66.797920	237.852421	816.062173	1125.291926
40	4.689062	69.067547	246.187578	845.242030	1165.186217
41	4.785688	71.259021	254.286746	873.709372	1204.040827
42	4.894915	73.775368	263.596067	906.451242	1248.717593
43	5.047657	77.123776	275.942819	949.785851	1307.900103
44	5.292938	82.129434	294.306958	1014.032933	1395.762263
45	5.674855	89.605473	321.648121	1109.494449	1526.422899
46	6.236126	100.427456	361.179492	1247.414008	1715.257083
47	6.988066	115.064938	414.688230	1434.187761	1970.928996
48	7.912775	133.586808	482.544462	1671.372214	2295.416260
49	8.921386	154.900881	560.936350	1946.066354	2670.824971

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.12 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
50	9.929633	177.926257	646.071133	2245.386159	3079.313182
51	10.855776	201.546108	734.000587	2555.851016	3502.253487
52	11.636706	224.900043	821.683814	2867.080054	3925.300618
53	12.224250	247.375066	906.971994	3171.778725	4338.350035
54	12.604114	269.073479	990.346964	3471.870229	4743.894785
55	12.752365	290.074006	1072.250888	3769.243316	5144.320575
56	12.634594	310.454839	1153.181613	4066.110058	5542.381104
57	12.199379	330.127163	1233.073028	4362.818159	5938.217729
58	11.380813	348.841360	1311.305524	4657.860158	6329.387855
59	10.094697	365.926917	1385.702516	4944.252907	6705.977036
60	8.262142	380.726345	1454.109405	5215.032714	7058.130605
61	5.810568	392.481485	1513.940251	5461.588626	7373.820930
62	2.687036	401.062829	1564.977012	5683.730991	7652.457868
63	0.221177	406.914440	1609.276794	5889.610637	7906.023048
64	0.238131	412.091411	1655.537572	6112.239648	8180.106761
65	0.259683	418.341327	1711.939780	6384.180631	8514.721421
66	0.289283	427.161909	1786.640190	6739.904008	8953.995390
67	0.329981	438.727945	1883.584593	7200.580277	9523.222796
68	0.384362	451.923909	2002.562700	7774.127629	10228.998599
69	0.451615	463.068307	2133.092840	8430.618450	11027.231212
70	0.530239	468.448769	2264.641924	9140.083258	11873.704190
71	0.617807	464.446700	2386.835331	9872.693505	12724.593342
72	0.710857	447.704487	2489.738282	10599.005758	13537.159383
73	0.804933	415.348386	2564.230768	11290.286343	14270.670430
74	0.894762	365.216490	2602.390948	11918.842876	14887.345077

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.13 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{22}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(4)}(x,x+1)$
0-62	0.985591	0.926583	0.849346	0.461789
63	0.985098	0.926583	0.849346	0.461789
64	0.983510	0.926583	0.849346	0.461789
65	0.981720	0.926583	0.849346	0.461789
66	0.979702	0.926583	0.849346	0.461789
67	0.977420	0.926583	0.849346	0.461789
68	0.974837	0.926583	0.849346	0.461789
69	0.971909	0.926583	0.849346	0.461789
70	0.968591	0.926583	0.849346	0.461789
71	0.964844	0.926583	0.849346	0.461789
72	0.960635	0.926583	0.849346	0.461789
73	0.955942	0.926583	0.849346	0.461789
74	0.950755	0.926583	0.849346	0.461789

หมายเหตุ : สาเหตุที่ค่าตั้งแต่อายุ 0 จนถึง 62 มีค่าเท่ากันหมดเนื่องจากงานวิจัยนี้อ้างอิงตามงานวิจัยทางการแพทย์ที่สรุปผลว่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไม่ขึ้นกับอายุของผู้ป่วย ทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายสามัญจะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หรือกล่าวคือมีชีวิตอยู่แต่คงสถานะผู้ป่วยมีค่าเท่ากันหมดตามค่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีที่คงที่ ประกอบกับการที่ผู้เอาประกันภัยที่มีประวัติการวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวจะไม่สามารถคืนสถานะกับสู่สถานะปกติได้ เพราะเป็นโรคร้ายแรงที่ต้องมีการติดตามตลอดชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.14 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.001312	0.001272	0.001219	0.000921
1	0.000268	0.000260	0.000249	0.000188
2	0.000259	0.000252	0.000241	0.000182
3	0.000250	0.000243	0.000233	0.000176
4	0.000241	0.000234	0.000224	0.000169
5	0.000232	0.000225	0.000216	0.000163
6	0.000223	0.000216	0.000207	0.000156
7	0.000214	0.000207	0.000199	0.000150
8	0.000213	0.000207	0.000198	0.000150
9	0.000181	0.000175	0.000168	0.000127
10	0.000206	0.000200	0.000192	0.000145
11	0.000276	0.000267	0.000256	0.000193
12	0.000376	0.000365	0.000350	0.000264
13	0.000497	0.000482	0.000462	0.000349
14	0.000628	0.000609	0.000583	0.000440
15	0.000760	0.000737	0.000706	0.000533
16	0.000888	0.000861	0.000825	0.000623
17	0.001005	0.000975	0.000934	0.000705
18	0.001109	0.001075	0.001030	0.000778
19	0.001196	0.001160	0.001111	0.000839
20	0.001265	0.001227	0.001176	0.000888
21	0.001319	0.001279	0.001226	0.000925
22	0.001358	0.001317	0.001262	0.000953
23	0.001386	0.001344	0.001288	0.000972
24	0.001409	0.001366	0.001309	0.000989

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.001426	0.001383	0.001325	0.001000
26	0.001440	0.001396	0.001338	0.001010
27	0.001455	0.001411	0.001352	0.001021
28	0.001476	0.001431	0.001372	0.001036
29	0.001505	0.001460	0.001399	0.001056
30	0.001544	0.001498	0.001435	0.001084
31	0.001596	0.001547	0.001483	0.001120
32	0.001658	0.001608	0.001541	0.001164
33	0.001732	0.001680	0.001610	0.001216
34	0.001817	0.001762	0.001688	0.001275
35	0.001910	0.001852	0.001775	0.001340
36	0.002012	0.001951	0.001870	0.001412
37	0.002122	0.002058	0.001972	0.001489
38	0.002240	0.002173	0.002082	0.001572
39	0.002369	0.002297	0.002201	0.001662
40	0.002508	0.002432	0.002331	0.001760
41	0.002661	0.002581	0.002473	0.001867
42	0.002829	0.002744	0.002630	0.001985
43	0.003016	0.002925	0.002803	0.002116
44	0.003222	0.003125	0.002994	0.002261
45	0.003450	0.003346	0.003206	0.002421
46	0.003701	0.003590	0.003440	0.002597
47	0.003977	0.003857	0.003696	0.002790
48	0.004277	0.004148	0.003975	0.003001
49	0.004602	0.004463	0.004277	0.003229

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x, x+1)$
50	0.004953	0.004804	0.004603	0.003475
51	0.005332	0.005171	0.004955	0.003741
52	0.005740	0.005566	0.005334	0.004027
53	0.006182	0.005995	0.005745	0.004337
54	0.006664	0.006463	0.006193	0.004676
55	0.007196	0.006979	0.006688	0.005049
56	0.007790	0.007555	0.007240	0.005466
57	0.008458	0.008203	0.007860	0.005935
58	0.009214	0.008936	0.008563	0.006465
59	0.010073	0.009769	0.009361	0.007068
60	0.011049	0.010716	0.010268	0.007753
61	0.012156	0.011789	0.011297	0.008529
62	0.013410	0.013005	0.012462	0.009409
63	0.014823	0.014379	0.013779	0.010403
64	0.016408	0.015930	0.015265	0.011525
65	0.018194	0.017680	0.016942	0.012791
66	0.020209	0.019658	0.018837	0.014222
67	0.022484	0.021896	0.020982	0.015842
68	0.025060	0.024438	0.023417	0.017680
69	0.027981	0.027326	0.026185	0.019770
70	0.031290	0.030610	0.029332	0.022145
71	0.035028	0.034333	0.032899	0.024839
72	0.039229	0.038534	0.036925	0.027878
73	0.043915	0.043242	0.041437	0.031285
74	0.049095	0.048474	0.046450	0.035069

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.15 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยชายที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะเดียวกัน ($p_{24}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.013097	0.072145	0.149435	0.537290
1	0.014141	0.073157	0.150405	0.538022
2	0.014150	0.073166	0.150413	0.538029
3	0.014159	0.073175	0.150422	0.538035
4	0.014168	0.073183	0.150430	0.538041
5	0.014177	0.073192	0.150439	0.538048
6	0.014186	0.073201	0.150447	0.538054
7	0.014195	0.073210	0.150456	0.538061
8	0.014196	0.073210	0.150456	0.538061
9	0.014229	0.073242	0.150486	0.538084
10	0.014203	0.073217	0.150463	0.538066
11	0.014134	0.073150	0.150398	0.538017
12	0.014033	0.073052	0.150305	0.537947
13	0.013913	0.072936	0.150193	0.537862
14	0.013782	0.072809	0.150071	0.537770
15	0.013649	0.072680	0.149948	0.537677
16	0.013522	0.072556	0.149829	0.537588
17	0.013404	0.072443	0.149720	0.537505
18	0.013301	0.072342	0.149624	0.537433
19	0.013214	0.072258	0.149543	0.537372
20	0.013144	0.072190	0.149478	0.537323
21	0.013091	0.072138	0.149429	0.537285
22	0.013052	0.072101	0.149393	0.537258
23	0.013023	0.072073	0.149366	0.537238
24	0.013000	0.072051	0.149345	0.537222

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.15 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.012984	0.072035	0.149329	0.537210
26	0.012970	0.072021	0.149316	0.537200
27	0.012954	0.072006	0.149302	0.537190
28	0.012933	0.071986	0.149283	0.537175
29	0.012904	0.071958	0.149256	0.537155
30	0.012865	0.071920	0.149219	0.537127
31	0.012814	0.071870	0.149172	0.537091
32	0.012751	0.071809	0.149113	0.537047
33	0.012677	0.071737	0.149044	0.536995
34	0.012593	0.071656	0.148966	0.536936
35	0.012499	0.071565	0.148879	0.536871
36	0.012398	0.071466	0.148785	0.536799
37	0.012288	0.071360	0.148683	0.536722
38	0.012169	0.071245	0.148572	0.536639
39	0.012041	0.071120	0.148453	0.536549
40	0.011901	0.070985	0.148324	0.536451
41	0.011748	0.070837	0.148181	0.536344
42	0.011580	0.070673	0.148025	0.536225
43	0.011394	0.070493	0.147852	0.536095
44	0.011187	0.070292	0.147660	0.535950
45	0.010959	0.070071	0.147448	0.535790
46	0.010708	0.069828	0.147214	0.535614
47	0.010433	0.069561	0.146959	0.535420
48	0.010133	0.069270	0.146680	0.535210
49	0.009807	0.068954	0.146378	0.534982

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.15 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x, x+1)$
50	0.009456	0.068614	0.146051	0.534735
51	0.009078	0.068247	0.145700	0.534470
52	0.008670	0.067851	0.145320	0.534184
53	0.008228	0.067422	0.144910	0.533873
54	0.007745	0.066954	0.144461	0.533535
55	0.007213	0.066438	0.143966	0.533161
56	0.006619	0.065862	0.143415	0.532745
57	0.005951	0.065215	0.142794	0.532276
58	0.005195	0.064481	0.142091	0.531745
59	0.004336	0.063648	0.141293	0.531143
60	0.003360	0.062702	0.140386	0.530458
61	0.002253	0.061628	0.139357	0.529681
62	0.001000	0.060412	0.138192	0.528802
63	0.000079	0.059038	0.136876	0.527808
64	0.000082	0.057487	0.135390	0.526686
65	0.000085	0.055737	0.133712	0.525420
66	0.000090	0.053760	0.131818	0.523989
67	0.000096	0.051521	0.129672	0.522369
68	0.000103	0.048980	0.127237	0.520531
69	0.000111	0.046091	0.124469	0.518441
70	0.000119	0.042808	0.121323	0.516065
71	0.000128	0.039085	0.117755	0.513372
72	0.000136	0.034883	0.113729	0.510332
73	0.000144	0.030175	0.109218	0.506926
74	0.000150	0.024944	0.104205	0.503141

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.16 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะปกติ ($p_{11}(x,x+1)$) หรือเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ที่ยังมีชีวิตอยู่ ($p_{12}^{(k)}(x,x+1)$) โดยแบบหลังจะเป็นแบบต่อ 10^7

อายุ (x)	$p_{11}(x,x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.998940	1.132840	2.685602	4.328075	2.825965
1	0.999766	0.972534	2.305577	3.715653	2.426192
2	0.999771	0.814259	1.930355	3.110949	2.031342
3	0.999777	0.653485	1.549210	2.496697	1.630257
4	0.999782	0.485215	1.150295	1.853808	1.210473
5	0.999788	0.304453	0.721765	1.163192	0.759525
6	0.999793	0.103168	0.244579	0.394162	0.257374
7	0.999798	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	0.999795	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.999787	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	0.999777	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	0.999764	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	0.999750	0.298188	0.706911	1.139254	0.743892
13	0.999734	1.035209	2.454159	3.955107	2.582543
14	0.999717	1.879836	4.456507	7.182077	4.689634
15	0.999699	2.694256	6.387245	10.293641	6.721366
16	0.999682	3.323716	7.879499	12.698545	8.291672
17	0.999665	3.698209	8.767305	14.129325	9.225910
18	0.999649	3.832473	9.085602	14.642289	9.560848
19	0.999633	3.995471	9.472017	15.265031	9.967467
20	0.999618	4.456154	10.564152	17.025106	11.116718
21	0.999604	5.512318	13.067987	21.060265	13.751507
22	0.999589	7.317499	17.347509	27.957105	18.254853
23	0.999574	9.880982	23.424726	37.751095	24.649912
24	0.999560	12.779309	30.295751	48.824377	31.880287

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.16 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{11}(x, x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.999546	15.589036	36.956734	59.559154	38.889622
26	0.999533	17.850813	42.318698	68.200443	44.531991
27	0.999520	19.284894	45.718454	73.679453	48.109522
28	0.999508	19.791125	46.918565	75.613535	49.372364
29	0.999495	19.808117	46.958846	75.678445	49.414716
30	0.999481	19.774470	46.879075	75.549879	49.330733
31	0.999464	20.148907	47.766743	76.980427	50.264774
32	0.999443	21.289450	50.470608	81.337938	53.109977
33	0.999416	23.453422	55.600700	89.605526	58.508258
34	0.999384	26.596085	63.050957	101.612261	66.347992
35	0.999345	30.672683	72.715275	117.187141	76.517501
36	0.999299	35.645628	84.504540	136.186546	88.922983
37	0.999245	41.441400	98.244461	158.329583	103.380996
38	0.999183	47.950576	113.675623	183.198176	119.618527
39	0.999114	54.956009	130.283240	209.962693	137.093836
40	0.999037	62.240585	147.552598	237.793622	155.265270
41	0.998953	69.554430	164.891323	265.736295	173.509458
42	0.998861	76.811589	182.095640	293.462310	191.611955
43	0.998761	84.089985	199.350279	321.269367	209.767120
44	0.998653	91.959076	218.005241	351.333097	229.395456
45	0.998537	100.988177	239.410175	385.828555	251.917053
46	0.998410	111.807799	265.059812	427.164595	278.904608
47	0.998272	124.741247	295.720589	476.576355	311.164414
48	0.998122	139.804674	331.430776	534.125470	348.736522
49	0.997956	156.093323	370.045478	596.355231	389.363794

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.16 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{11}(x,x+1)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+1)$
50	0.997773	172.702562	409.420086	659.809403	430.789433
51	0.997570	188.616911	447.147223	720.608286	470.480203
52	0.997342	203.376072	482.135659	776.993254	507.287751
53	0.997085	217.074688	514.609749	829.325833	541.447945
54	0.996793	231.471449	548.738712	884.324917	577.347110
55	0.996461	248.323901	588.689033	948.704929	619.368367
56	0.996082	269.586635	639.094281	1029.932936	672.385798
57	0.995653	296.219167	702.229010	1131.674228	738.791040
58	0.995169	328.186550	778.010221	1253.794699	818.494988
59	0.994626	362.475635	859.294684	1384.782402	903.980897
60	0.994020	396.075281	938.943984	1513.133254	987.737658
61	0.993341	425.719906	1009.216578	1626.371361	1061.620447
62	0.992576	449.431703	1065.423816	1716.940782	1120.696656
63	0.991703	466.519066	1105.926152	1782.199324	1163.241445
64	0.990694	480.140474	1138.210983	1834.212767	1197.129430
65	0.989512	493.447557	1169.749298	1885.020066	1230.216015
66	0.988120	509.777739	1208.452294	1947.369045	1270.816875
67	0.986475	531.481196	1259.890565	2030.235088	1324.782921
68	0.984534	559.774685	1327.294192	2138.821297	1395.500413
69	0.982259	592.698905	1406.947488	2267.137773	1479.050368
70	0.979617	629.021158	1495.134330	2409.193903	1571.513333
71	0.976578	667.138036	1588.145913	2559.011052	1668.978473
72	0.973125	705.460405	1682.290359	2710.638261	1767.554832
73	0.969250	742.422116	1773.903194	2858.169371	1863.383594
74	0.964954	776.487536	1859.356449	2995.757900	1952.648733

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.17 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุนอกเหนือจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ($p_{113}(x,x+1)$) โดยในกรณีที่มีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ก่อนเสียชีวิต ($p_{123}^{(k)}(x,x+1)$) จะเป็นแบบ 10^{10}

อายุ (x)	$p_{113}(x,x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.001058	0.601335	1.440209	2.354252	1.687351
1	0.000233	0.113667	0.272235	0.445012	0.318956
2	0.000228	0.093014	0.222771	0.364156	0.261003
3	0.000223	0.072920	0.174646	0.285487	0.204618
4	0.000217	0.052885	0.126660	0.207047	0.148397
5	0.000212	0.032378	0.077547	0.126763	0.090855
6	0.000207	0.010699	0.025625	0.041888	0.030023
7	0.000202	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	0.000205	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.000213	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	0.000223	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	0.000236	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	0.000250	0.037303	0.089343	0.146045	0.104675
13	0.000265	0.137492	0.329298	0.538291	0.385811
14	0.000281	0.265010	0.634706	1.037530	0.743633
15	0.000298	0.402353	0.963646	1.575236	1.129024
16	0.000315	0.524362	1.255860	2.052909	1.471388
17	0.000331	0.613937	1.470393	2.403597	1.722738
18	0.000347	0.666935	1.597325	2.611088	1.871453
19	0.000362	0.725705	1.738080	2.841174	2.036362
20	0.000377	0.841626	2.015714	3.295012	2.361642
21	0.000390	1.078533	2.583112	4.222517	3.026414
22	0.000403	1.478441	3.540901	5.788179	4.148574
23	0.000415	2.054916	4.921572	8.045110	5.766188
24	0.000426	2.729863	6.538085	10.687562	7.660117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.17 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{113}(x,x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x,x+1)$
25	0.000437	3.414325	8.177388	13.367269	9.580746
26	0.000448	4.005135	9.592392	15.680322	11.238582
27	0.000458	4.431201	10.612829	17.348391	12.434137
28	0.000470	4.661905	11.165369	18.251608	13.081498
29	0.000482	4.791056	11.474690	18.757242	13.443900
30	0.000497	4.925784	11.797366	19.284707	13.821948
31	0.000514	5.188264	12.426012	20.312330	14.558473
32	0.000534	5.695818	13.641614	22.299427	15.982681
33	0.000558	6.556809	15.703705	25.670249	18.398644
34	0.000586	7.819979	18.729025	30.615622	21.943131
35	0.000621	9.549247	22.870659	37.385788	26.795495
36	0.000661	11.822623	28.315444	46.286165	33.174633
37	0.000709	14.728925	35.276098	57.664470	41.329758
38	0.000763	18.344468	43.935400	71.819484	51.475008
39	0.000824	22.718980	54.412442	88.945883	63.749901
40	0.000893	27.876367	66.764486	109.137263	78.221510
41	0.000969	33.815578	80.989011	132.389505	94.886868
42	0.001053	40.578880	97.187243	158.868074	113.864555
43	0.001145	48.286715	115.647645	189.044505	135.492512
44	0.001244	57.376924	137.418852	224.632955	160.999292
45	0.001350	68.413365	163.851311	267.840935	191.967030
46	0.001465	82.171025	196.801126	321.702533	230.570267
47	0.001588	99.405689	238.078409	389.176647	278.929627
48	0.001722	120.810354	289.342891	472.976344	338.989509
49	0.001869	146.436480	350.717810	573.303050	410.894145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.17 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{113}(x, x+1)$	$p_{123}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{123}^{(4)}(x, x+1)$
50	0.002033	176.272085	422.174447	690.109787	494.609699
51	0.002219	210.106739	503.208809	822.572654	589.545476
52	0.002430	248.156434	594.338170	971.537166	696.307214
53	0.002672	291.247024	697.540437	1140.236448	817.211795
54	0.002948	342.704552	820.781480	1341.691835	961.591184
55	0.003261	406.880951	974.484166	1592.940925	1141.655505
56	0.003616	489.897396	1173.308667	1917.947742	1374.578563
57	0.004016	597.932494	1432.052646	2340.900908	1677.694450
58	0.004464	736.684368	1764.362926	2884.107656	2066.988052
59	0.004968	905.849093	2169.511314	3546.376990	2541.602668
60	0.005537	1103.534471	2642.965648	4320.299654	3096.224510
61	0.006182	1325.002408	3173.377784	5187.324588	3717.554225
62	0.006921	1566.799251	3752.475754	6133.929022	4395.895350
63	0.007775	1828.030436	4378.116475	7156.608421	5128.729793
64	0.008769	2123.491724	5085.734787	8313.283697	5957.556606
65	0.009935	2474.560054	5926.526790	9687.638266	6942.330863
66	0.011309	2912.757103	6975.984116	11403.067436	8171.455688
67	0.012930	3475.885674	8324.640070	13607.550547	9750.935143
68	0.014839	4207.249857	10077.953390	16473.459262	11804.228814
69	0.017076	5136.077091	12312.134554	20125.349446	14420.502457
70	0.019678	6295.231032	15104.124669	24688.963776	17689.736672
71	0.022672	7712.769773	18524.023928	30278.854024	21693.851535
72	0.026081	9409.610986	22625.604296	36982.872618	26495.591821
73	0.029913	11395.213629	27435.889939	44845.141691	32126.327641
74	0.034168	13663.859198	32946.046417	53851.162932	38575.396272

ตารางที่ 3.18 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะปกติไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ($p_{14}^{(k)}(x,x+1)$) และรวมทุกระยะ ($p_{14}(x,x+1)$) แบบต่อ 10^8

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
0	0.076411	1.022711	3.606895	12.295314	17.001331
1	0.069614	0.887509	3.111829	10.565431	14.634383
2	0.058306	0.743122	2.605476	8.846012	12.252917
3	0.046811	0.596434	2.091095	7.099423	9.833763
4	0.034770	0.442885	1.552694	5.271382	7.301731
5	0.021825	0.277912	0.974286	3.307606	4.581629
6	0.007398	0.094180	0.330159	1.120829	1.552566
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	0.021320	0.272060	0.954022	3.239398	4.486801
13	0.073936	0.944314	3.311742	11.245908	15.575900
14	0.134107	1.714417	6.013209	20.421066	28.282800
15	0.191983	2.456639	8.617518	29.267744	40.533884
16	0.236557	3.029923	10.629765	36.104883	50.001128
17	0.262907	3.370593	11.826291	40.172172	55.631962
18	0.272145	3.492236	12.254476	41.629867	57.648725
19	0.283416	3.640044	12.774508	43.399653	60.097621
20	0.315773	4.058984	14.246198	48.402892	67.023846
21	0.390242	5.020129	17.621301	59.874061	82.905734
22	0.517573	6.663026	23.390178	79.480565	110.051342
23	0.698306	8.995853	31.582063	107.322970	148.599192
24	0.902417	11.632849	40.843101	138.801613	192.179980

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.18 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
25	1.099987	14.188524	49.819897	169.317258	234.425666
26	1.258630	16.244854	57.044538	193.880808	268.428830
27	1.358704	17.547456	61.623369	209.454074	289.983603
28	1.393230	18.005375	63.236636	214.949439	297.584680
29	1.393177	18.017875	63.286162	215.130882	297.828096
30	1.389386	17.983890	63.173215	214.761894	297.308385
31	1.414006	18.320421	64.362980	218.824296	302.921704
32	1.491914	19.352409	67.998157	231.205728	320.048207
33	1.640747	21.312829	74.899131	254.699778	352.552485
34	1.856765	24.159581	84.920703	288.819100	399.756149
35	2.136075	27.850189	97.917043	333.075783	460.979090
36	2.475164	32.348406	113.764747	387.059458	535.647775
37	2.867798	37.584840	132.224878	449.969046	622.646563
38	3.305257	43.457531	152.943927	520.613605	720.320320
39	3.771247	49.766540	175.224227	596.632238	825.394252
40	4.249735	56.312569	198.369194	675.665013	934.596511
41	4.722555	62.866919	221.578213	754.996603	1044.164290
42	5.183032	69.349910	244.574256	833.691888	1152.799086
43	5.635633	75.830024	267.602416	912.594662	1261.662735
44	6.117418	82.818170	292.470714	997.882386	1379.288687
45	6.664178	90.822152	320.981918	1095.727853	1514.196102
46	7.314054	100.400810	355.126885	1212.963776	1675.805526
47	8.083028	111.832238	395.912852	1353.084979	1868.913098
48	8.965364	125.114862	443.365264	1516.250056	2093.695545
49	9.894729	139.419292	494.583121	1692.625841	2336.522983

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.18 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{14}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{14}^{(4)}(x,x+1)$	$p_{14}(x,x+1)$
50	10.805432	153.917735	546.668168	1872.381879	2583.773214
51	11.625695	167.685600	596.374455	2044.487845	2820.173595
52	12.319875	180.296410	642.218728	2203.935973	3038.770986
53	12.886617	191.817255	684.472738	2351.734103	3240.910714
54	13.420690	203.779400	728.645299	2506.912022	3452.757411
55	14.006548	217.688836	780.202591	2688.461973	3700.359947
56	14.725334	235.190143	845.174955	2917.474110	4012.564543
57	15.585229	257.015687	926.402068	3204.223668	4403.226652
58	16.526859	282.998874	1023.555306	3548.190723	4871.271763
59	17.334045	310.388646	1126.990938	3916.637687	5371.351316
60	17.806586	336.473213	1227.131750	4276.886942	5858.298491
61	17.754150	358.375009	1313.693095	4593.564812	6283.387066
62	17.067277	374.364925	1380.467903	4845.260443	6617.160548
63	15.704558	383.830803	1425.273358	5024.477876	6849.286594
64	13.748192	389.314232	1457.667322	5165.175823	7025.905569
65	11.214237	393.194979	1486.935197	5301.075781	7192.420194
66	8.031069	397.783072	1522.571454	5467.667026	7396.052621
67	3.992579	404.336238	1570.667564	5689.553498	7668.549879
68	0.228052	413.061083	1633.913968	5980.455449	8027.658551
69	0.254761	421.770544	1706.076524	6322.552044	8450.653873
70	0.285736	428.270099	1780.908681	6698.012421	8907.476937
71	0.319826	430.435460	1852.282233	7089.109229	9372.146748
72	0.355561	426.309907	1914.351075	7478.360550	9819.377092
73	0.391168	414.211168	1961.730989	7848.685527	10225.018852
74	0.424616	392.824879	1989.656814	8183.540277	10566.446585

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.19 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k ($p_{22}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{22}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{22}^{(4)}(x,x+1)$
0-67	0.985591	0.926583	0.849346	0.461789
68	0.985076	0.926583	0.849346	0.461789
69	0.982834	0.926583	0.849346	0.461789
70	0.980227	0.926583	0.849346	0.461789
71	0.977226	0.926583	0.849346	0.461789
72	0.973811	0.926583	0.849346	0.461789
73	0.969973	0.926583	0.849346	0.461789
74	0.965712	0.926583	0.849346	0.461789

หมายเหตุ : สาเหตุที่ค่าตั้งแต่อายุ 0 จนถึง 67 มีค่าเท่ากันหมดและมีค่าเท่ากับของเพศชายเนื่องจากงานวิจัยนี้อ้างอิงตามงานวิจัยทางการแพทย์ที่สรุปผลว่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไม่ขึ้นกับอายุหรือเพศของผู้ป่วย ทำให้ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงสามัญจะคงสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หรือกล่าวคือมีชีวิตอยู่แต่คงสถานะผู้ป่วยมีค่าเท่ากันหมดตามค่าอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีที่คงที่ ประกอบกับการที่ผู้เอาประกันภัยที่มีประวัติการวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวจะไม่สามารถคืนสถานะกับสู่สถานะปกติได้ เพราะเป็นโรคร้ายแรงที่ต้องมีการติดตามตลอดชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.20 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้นตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่น ($p_{23}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.001051	0.001020	0.000977	0.000738
1	0.000231	0.000225	0.000215	0.000162
2	0.000226	0.000219	0.000210	0.000159
3	0.000221	0.000214	0.000205	0.000155
4	0.000216	0.000209	0.000201	0.000151
5	0.000211	0.000204	0.000196	0.000148
6	0.000205	0.000199	0.000191	0.000144
7	0.000200	0.000194	0.000186	0.000140
8	0.000203	0.000197	0.000189	0.000143
9	0.000211	0.000205	0.000196	0.000148
10	0.000222	0.000215	0.000206	0.000155
11	0.000234	0.000227	0.000217	0.000164
12	0.000248	0.000240	0.000230	0.000174
13	0.000263	0.000255	0.000244	0.000185
14	0.000279	0.000271	0.000259	0.000196
15	0.000296	0.000287	0.000275	0.000208
16	0.000312	0.000303	0.000290	0.000219
17	0.000329	0.000319	0.000306	0.000231
18	0.000345	0.000334	0.000320	0.000242
19	0.000360	0.000349	0.000334	0.000252
20	0.000374	0.000363	0.000348	0.000262
21	0.000388	0.000376	0.000360	0.000272
22	0.000400	0.000388	0.000372	0.000281
23	0.000412	0.000399	0.000383	0.000289
24	0.000423	0.000410	0.000393	0.000297

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.20 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.000434	0.000421	0.000403	0.000304
26	0.000444	0.000431	0.000413	0.000312
27	0.000455	0.000441	0.000423	0.000319
28	0.000467	0.000452	0.000434	0.000327
29	0.000479	0.000465	0.000445	0.000336
30	0.000493	0.000478	0.000458	0.000346
31	0.000510	0.000495	0.000474	0.000358
32	0.000530	0.000514	0.000492	0.000372
33	0.000554	0.000537	0.000515	0.000389
34	0.000582	0.000565	0.000541	0.000409
35	0.000617	0.000598	0.000573	0.000433
36	0.000657	0.000637	0.000610	0.000461
37	0.000704	0.000683	0.000654	0.000494
38	0.000758	0.000735	0.000704	0.000532
39	0.000819	0.000794	0.000761	0.000574
40	0.000887	0.000860	0.000824	0.000622
41	0.000963	0.000934	0.000895	0.000676
42	0.001046	0.001015	0.000972	0.000734
43	0.001137	0.001103	0.001057	0.000798
44	0.001236	0.001198	0.001148	0.000867
45	0.001342	0.001301	0.001247	0.000941
46	0.001455	0.001411	0.001352	0.001021
47	0.001578	0.001530	0.001466	0.001107
48	0.001711	0.001659	0.001590	0.001201
49	0.001858	0.001802	0.001726	0.001303

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.20 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{23}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{23}^{(4)}(x, x+1)$
50	0.002021	0.001960	0.001878	0.001418
51	0.002206	0.002139	0.002050	0.001548
52	0.002416	0.002343	0.002245	0.001695
53	0.002656	0.002576	0.002469	0.001864
54	0.002931	0.002843	0.002724	0.002057
55	0.003244	0.003146	0.003014	0.002276
56	0.003597	0.003489	0.003343	0.002524
57	0.003995	0.003875	0.003713	0.002803
58	0.004443	0.004309	0.004129	0.003117
59	0.004946	0.004796	0.004596	0.003470
60	0.005513	0.005347	0.005124	0.003868
61	0.006158	0.005972	0.005723	0.004321
62	0.006897	0.006689	0.006409	0.004839
63	0.007751	0.007517	0.007203	0.005438
64	0.008747	0.008483	0.008128	0.006137
65	0.009916	0.009617	0.009215	0.006957
66	0.011295	0.010954	0.010497	0.007925
67	0.012925	0.012535	0.012011	0.009069
68	0.014843	0.014399	0.013798	0.010418
69	0.017081	0.016589	0.015896	0.012002
70	0.019684	0.019142	0.018343	0.013849
71	0.022680	0.022089	0.021167	0.015981
72	0.026090	0.025455	0.024392	0.018416
73	0.029924	0.029253	0.028032	0.021164
74	0.034182	0.033488	0.032090	0.024228

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.21 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะในช่วงเวลา 1 ปีสำหรับผู้เอาประกันภัยหญิงที่จะเปลี่ยนจากสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k ไปสู่สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะเดียวกัน ($p_{24}^{(k)}(x,x+1)$)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x,x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x,x+1)$
0	0.013358	0.072398	0.149677	0.537473
1	0.014178	0.073193	0.150439	0.538048
2	0.014183	0.073198	0.150444	0.538052
3	0.014188	0.073203	0.150449	0.538056
4	0.014193	0.073208	0.150454	0.538059
5	0.014199	0.073213	0.150459	0.538063
6	0.014204	0.073218	0.150463	0.538067
7	0.014209	0.073223	0.150468	0.538070
8	0.014206	0.073220	0.150466	0.538068
9	0.014198	0.073212	0.150458	0.538062
10	0.014188	0.073202	0.150448	0.538055
11	0.014175	0.073191	0.150437	0.538047
12	0.014162	0.073177	0.150424	0.538037
13	0.014146	0.073162	0.150410	0.538026
14	0.014130	0.073147	0.150395	0.538015
15	0.014114	0.073131	0.150379	0.538003
16	0.014097	0.073114	0.150364	0.537991
17	0.014081	0.073099	0.150349	0.537980
18	0.014065	0.073083	0.150334	0.537969
19	0.014050	0.073069	0.150320	0.537958
20	0.014035	0.073055	0.150307	0.537948
21	0.014022	0.073042	0.150294	0.537939
22	0.014009	0.073029	0.150282	0.537930
23	0.013997	0.073018	0.150272	0.537922
24	0.013986	0.073007	0.150261	0.537914

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.21 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x, x+1)$
25	0.013976	0.072997	0.150251	0.537906
26	0.013965	0.072986	0.150241	0.537899
27	0.013954	0.072976	0.150231	0.537891
28	0.013943	0.072965	0.150221	0.537883
29	0.013930	0.072953	0.150209	0.537875
30	0.013916	0.072939	0.150196	0.537865
31	0.013899	0.072923	0.150180	0.537853
32	0.013879	0.072903	0.150162	0.537839
33	0.013856	0.072880	0.150140	0.537822
34	0.013827	0.072853	0.150113	0.537802
35	0.013793	0.072819	0.150081	0.537778
36	0.013752	0.072780	0.150044	0.537750
37	0.013705	0.072735	0.150000	0.537717
38	0.013652	0.072683	0.149950	0.537679
39	0.013591	0.072623	0.149893	0.537636
40	0.013522	0.072557	0.149830	0.537588
41	0.013446	0.072484	0.149760	0.537535
42	0.013363	0.072403	0.149682	0.537477
43	0.013272	0.072315	0.149598	0.537413
44	0.013174	0.072219	0.149506	0.537344
45	0.013068	0.072116	0.149408	0.537269
46	0.012954	0.072006	0.149302	0.537190
47	0.012831	0.071887	0.149188	0.537104
48	0.012698	0.071758	0.149064	0.537010
49	0.012552	0.071616	0.148928	0.536907

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.21 (ต่อ)

อายุ (x)	$p_{24}^{(1)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(2)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(3)}(x, x+1)$	$p_{24}^{(4)}(x, x+1)$
50	0.012388	0.071457	0.148776	0.536793
51	0.012204	0.071278	0.148605	0.536663
52	0.011993	0.071074	0.148409	0.536516
53	0.011753	0.070841	0.148186	0.536347
54	0.011478	0.070575	0.147930	0.536154
55	0.011166	0.070272	0.147640	0.535935
56	0.010812	0.069929	0.147311	0.535687
57	0.010414	0.069543	0.146941	0.535407
58	0.009967	0.069109	0.146526	0.535094
59	0.009464	0.068621	0.146058	0.534741
60	0.008896	0.068071	0.145531	0.534342
61	0.008251	0.067445	0.144932	0.533890
62	0.007513	0.066729	0.144245	0.533372
63	0.006659	0.065901	0.143451	0.532772
64	0.005663	0.064935	0.142526	0.532074
65	0.004494	0.063801	0.141439	0.531253
66	0.003114	0.062463	0.140157	0.530286
67	0.001485	0.060883	0.138643	0.529142
68	0.000080	0.059018	0.136856	0.527793
69	0.000085	0.056828	0.134758	0.526209
70	0.000089	0.054276	0.132312	0.524362
71	0.000094	0.051328	0.129487	0.522230
72	0.000099	0.047962	0.126262	0.519795
73	0.000103	0.044164	0.122623	0.517047
74	0.000106	0.039929	0.118564	0.513983

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4 การคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

ในบทนี้ จะเริ่มต้นด้วยการกำหนดเงื่อนไขของสัญญาแนบท้ายประกันชีวิต เพื่อเพิ่มการคุ้มครองกรณีที่วินิจฉัยพบและเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เนื่องจากเงื่อนไขในสัญญาจะใช้เป็นข้อกำหนดในการคำนวณและสร้างสมการคำนวณเบี้ยประกันภัยตามผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับ

จากนั้น อธิบายถึงการคำนวณการคำนวณเบี้ยประกันภัยตามผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับ โดยใช้หลักการของมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัย (Actuarial Present Value หรือ APV) ซึ่งต้องใช้อัตราดอกเบี้ยซึ่งในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากับร้อยละ 4 ต่อปีเท่ากันตลอดอายุกรมธรรม์และสัญญาแนบท้าย

เมื่อผู้เอาประกันภัยมีประวัติวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง สถานะของผู้ป่วยจะเปลี่ยนเป็นสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระยะที่วินิจฉัยพบครั้งแรก ผู้เอาประกันภัยจะยังคงสามารถรับผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง จึงจำเป็นต้องคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยซึ่งเริ่มต้นจากสถานะปกติจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะไปสู่สถานะผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละปีหลังจากเริ่มทำสัญญาแนบท้าย

การกำหนดผลประโยชน์ที่จะจ่ายให้ผู้เอาประกันภัยซึ่งจะคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะและการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง สูตรที่ใช้กำหนดตัวแปรแยกกันเนื่องจากเงื่อนไขต่างกัน การคำนวณเบี้ยประกันภัยจะคำนวณสำหรับกรณีที่ผลประโยชน์เท่ากันหมดและแบบที่ผลประโยชน์เพิ่มขึ้นตามระยะของโรคมะเร็ง ตามอัตราส่วนที่กำหนด ในขณะที่เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้ายจะกำหนดให้เป็นเบี้ยประกันภัยต่อผลประโยชน์ 1,000,000 บาทของผลประโยชน์ โดยในส่วนแสดงผลการคำนวณในบทนี้ จะกำหนดระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยตามสัญญาแนบท้ายไว้ที่ 5 ปีเท่ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 ลักษณะของสัญญาแนบท้ายประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตัวอย่าง

ในการสร้างสูตรการคำนวณ งานวิจัยนี้เริ่มจากนิยามตัวแปรและความหมายของตัวเลขแทนสถานะที่ใช้ในสมการดังนี้

สถานะที่ 1 คือ สถานะปกติ หมายถึงผู้เอาประกันภัยทั่วไปที่ไม่เคยมีประวัติการวินิจฉัยพบมะเร็งหรือมีประวัติการรักษาโรคมะเร็งก่อนทำสัญญากรมธรรม์

สถานะที่ 2 คือ สถานะผู้ป่วยมะเร็ง หมายถึงผู้เอาประกันภัยที่มีประวัติการวินิจฉัยพบมะเร็งแล้วแบ่งเป็น 4 ระยะย่อย

สถานะที่ 3 คือ สถานะเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่มะเร็ง

สถานะที่ 4 คือ สถานะเสียชีวิตจากมะเร็ง

$p_{ij}(z,t)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยสถานะ i จะเปลี่ยนเป็นสถานะ j ในช่วงเวลา z ถึง t

$p_{ij}^{(k)}(z,t)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยสถานะ i จะเปลี่ยนเป็นสถานะ j ในช่วงเวลา z ถึง t สำหรับมะเร็งระยะที่ k (ใช้กรณีที่ i หรือ j มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งบ่งบอกว่ามีสถานะผู้ป่วยมะเร็งเข้ามาเกี่ยวข้อง)

$\mu_{ij}(t)$ คือ ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i จะเปลี่ยนเป็นสถานะ j ณ เวลา t

$\mu_{ij}^{(k)}(t)$ คือ ค่าความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ i จะเปลี่ยนเป็นสถานะj ณ เวลา t สำหรับมะเร็งระยะที่ k (ใช้กรณีที่ i หรือ j มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งบ่งบอกว่ามีสถานะผู้ป่วยมะเร็งเข้ามาเกี่ยวข้อง)

c_k คือ อัตราส่วนผู้ป่วยมะเร็งระยะที่ k ต่อจำนวนผู้ป่วยมะเร็งทุกระยะรวมกัน

$b_1^{(k)}$ คือ ผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับเมื่อผู้เอาประกันภัยที่อยู่ในสถานะปกติมีการวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k

$b_2^{(k)}$ คือ ผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับเมื่อผู้เอาประกันภัยเสียชีวิตด้วยสาเหตุจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในระยะที่ k

B_1 คือ APV ของผลประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรวมทุกระยะ เมื่อกรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง n ปี

B_2 คือ APV ของผลประโยชน์จ่ายเมื่อการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรวมทุกระยะ เมื่อกรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง n ปี

A คือ APV ของเบี้ยประกันภัยคงที่

P คือ เบี้ยประกันภัยที่ผู้เอาประกันภัยต้องจ่ายในแต่ละงวด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตัวแปรดังกล่าว สามารถใช้อธิบายในรูปแบบของเงื่อนไขของสัญญาแนบท้ายคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงดังนี้

- ผู้เอาประกันภัยต้องไม่เคยมีประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือมีประวัติการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาก่อน กล่าวคือวันที่วินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงครั้งแรกสุดจะต้องไม่ก่อนวันทำสัญญากรมธรรม์
- ผู้เอาประกันภัยที่สามารถทำสัญญาแนบท้ายต้องมีอายุ 30-70 ปี
- อัตราดอกเบี้ยตลอดระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยมีค่าคงที่เท่ากับร้อยละ i โดยในที่นี้กำหนดให้ i = 4% ต่อปี
- ผลประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k เท่ากับ $b_1^{(k)}$ เมื่อ $k = 1,2,3,4$
- ผลประโยชน์สำหรับกรณีที่เสียชีวิตด้วยสาเหตุจากโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ k เท่ากับ $b_2^{(k)}$ เมื่อ $k = 1,2,3,4$
- ผลประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะจ่ายให้ทันทีที่ผู้เอาประกันภัยนำผลการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยได้รับการรับรองจากแพทย์ พร้อมระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเมื่อวินิจฉัยครั้งแรก
- ผลประโยชน์สำหรับกรณีที่เสียชีวิตทุกสาเหตุการตายจะจ่ายให้ตอนสิ้นปีของปีกรมธรรม์เท่านั้น
- กรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง n ปี
- ระยะเวลาการจ่ายเบี้ยประกันภัยเท่ากับ n ปี โดยสิ้นสุดเมื่อครบกำหนดเวลาหรือผู้เอาประกันภัยมีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือผู้เอาประกันภัยเสียชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 การคำนวณเบี้ยประกันภัยตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่าง

เมื่อ x หมายถึงอายุของผู้เอาประกันภัย ณ เวลาที่เริ่มทำสัญญากรมธรรม์
มูลค่าปัจจุบันทางประกันภัย (Actuarial Present Value หรือ APV) จะใช้อัตราดอกเบี้ยซึ่งกำหนดให้มีค่าคงที่ทุกปี โดยมีค่าเท่ากับ i ต่อปีและ

$$v = \frac{1}{1+i} = e^{-\delta}$$

โดยที่ δ คือค่าพลังดอกเบี้ยต่อปี
ในการคำนวณค่าเบี้ยประกันภัยและผลประโยชน์ จำเป็นที่จะต้องคำนวณความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยจะอยู่ในสถานะปกติหรือผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และสำไส้ตรงในแต่ละระยะ โดยจะใช้สูตรการคำนวณดังนี้
เมื่อ n, y เป็นจำนวนเต็มบวกหรือ 0

$$p_{11}(x, x+n) = \prod_{y=0}^{n-1} p_{11}(x+y, x+y+1)$$

$$p_{22}^{(k)}(x, x+n) = \prod_{y=0}^{n-1} p_{22}^{(k)}(x+y, x+y+1)$$

$$\begin{aligned} p_{12}^{(k)}(x, x+n) &= \sum_{y=0}^{n-1} p_{11}(x, x+y) p_{12}^{(k)}(x+y, x+y+1) p_{22}^{(k)}(x+y+1, x+n) \\ &= p_{11}(x, x+n-1) p_{12}^{(k)}(x+n-1, x+n) \\ &\quad + p_{12}^{(k)}(x, x+n-1) p_{22}^{(k)}(x+n-1, x+n) \end{aligned}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APV ของผลประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงรวมทุกระยะ เมื่อกรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง n ปี (จ่ายทันทีและสามารถคำนวณด้วยรูปแบบเวลาต่อเนื่อง) แทนด้วย B_1 คือ

$$\begin{aligned} B_1 &= \sum_{k=1}^{4} \left[\sum_{y=1}^{n} \left(\int_{x+y-1}^{x+y} c_i b_1^{(k)} e^{-\delta(t-x)} p_{11}(x,t) \mu_{12}(t) dt \right) \right] \\ &= \sum_{k=1}^{4} \left[c_i b_1^{(k)} \sum_{y=1}^{n} \left(\int_{x+y-1}^{x+y} e^{-\delta(t-x)} p_{11}(x,t) \mu_{12}(t) dt \right) \right] \end{aligned}$$

$$= \sum_{k=1}^{4} \left[c_i b_1^{(k)} \sum_{y=1}^{n} \left(v^{y-1} p_{11}(x, x+y \right. \right.$$
$$\left. \left. - 1) \left(\frac{\mu_{12}(x+y-1)}{\mu_{12}(x+y-1) + \mu_{13}(x+y-1) + \delta} (1 \right. \right.$$
$$\left. \left. - exp\big(-(\mu_{12}(x+y-1) + \mu_{13}(x+y-1) + \delta)\big) \right) \right) \right]$$

สำหรับผลประโยชน์การตายและเบี้ยประกันภัย จะใช้การคำนวณแบบเวลาไม่ต่อเนื่อง เมื่อ n, y เป็นจำนวนเต็มบวก

APV ของผลประโยชน์จ่ายเมื่อการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง เมื่อกรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง n ปี แทนด้วย B_2 คือ

$$B_2 = \sum_{k=1}^{4} b_1^{(k)} \left\{ v p_{14}^{(k)}(x, x+1) \right.$$
$$+ \sum_{y=1}^{n-1} v^{t+1} \Big[p_{11}(x, x+y) p_{14}(x+y, x+y+1)$$
$$\left. + p_{12}^{(k)}(x, x+y) p_{24}^{(k)}(x+y, x+y+1) \Big] \right\}$$

APV ของเบี้ยประกันภัยคงที่ ระยะเวลาการจ่ายเบี้ยประกันภัยเท่ากับ w ปี แทนด้วย A คือ

$$A = \sum_{t=0}^{w-1} v^t p_{11}(x, x+t)$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$P = \frac{B_1 + B_2}{A}$$

4.3 ตัวอย่างการคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิตามเงื่อนไขของสัญญาแนบท้ายตัวอย่าง

ในส่วนนี้ จะเป็นการนำค่าที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้นบทมาใช้ในการคำนวณ โดยเมื่อจัดให้อยู่ในรูปของเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายจะได้ดังนี้

- ผู้เอาประกันภัยเป็นเพศชายหรือหญิงในช่วงอายุ 30-70 ปี
- ผู้เอาประกันภัยจะต้องไม่เคยมีประวัติการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หรือมีประวัติการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาก่อน กล่าวคือวันที่วินิจฉัยพบ

มะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงครั้งแรกสุดจะต้องไม่ก่อนวันทำสัญญากรมธรรม์

- อัตราดอกเบี้ยตลอดระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยมีค่าคงที่เท่ากับร้อยละ 4
- ผลประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะจ่ายให้ทันทีที่ผู้เอาประกันภัยนำผลการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยได้รับการรับรองจากแพทย์ พร้อมระยะของมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงเมื่อวินิจฉัยครั้งแรก และจะจ่ายให้เต็มจำนวน เมื่อวินิจฉัยพบว่าเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
- ผลประโยชน์สำหรับกรณีที่เสียชีวิตทุกสาเหตุการตายจะจ่ายให้ตอนสิ้นปีของปีกรมธรรม์เท่านั้น
- กรมธรรม์มีอายุในการคุ้มครอง 5 ปี
- ระยะเวลาการจ่ายเบี้ยประกันภัยเท่ากับ 5 ปี โดยสิ้นสุดเมื่อครบกำหนดเวลาหรือผู้เอาประกันภัยมีการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือผู้เอาประกันภัยเสียชีวิต
- ผลประโยชน์สำหรับการการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะคำนวณแบบ 2 กรณี
  - กรณีที่ 1 : จ่ายเมื่อวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะเท่ากับ 1,000,000 บาท และจ่ายเมื่อเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะเท่ากับ 1,000,000 บาท
  - กรณีที่ 2 : เมื่อวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับ และเมื่อเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1 เบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่างกรณีที่จ่ายผลประโยชน์ตามกรณีที่ 1

ขั้นตอนแรกคือการคำนวณความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยซึ่งเริ่มต้นจากสถานะปกติจะคงสถานะหรือเปลี่ยนเป็นสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หลังเวลาผ่านไปนับจากเวลาที่เริ่มทำกรมธรรม์ โดยขึ้นกับอายุและเพศของผู้เอาประกันภัย ณ เวลาที่สัญญาแนบท้ายเริ่มคุ้มครอง โดยผลลัพธ์สำหรับเพศชายอายุ 30 ปีแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ส่วนอายุอื่นและเพศหญิง แสดงไว้ในภาคผนวก ตาราง ฆ-1 ถึง ฆ-82

ขั้นที่ 2 คือคำนวณมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์คุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยกำหนดให้ผลประโยชน์สำหรับการคุ้มครองทั้ง 2 แบบในระยะมะเร็งทุกระยะมีค่าเท่ากับ 1,000,000 บาท และคำนวณมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของเบี้ยประกันภัย 1 หน่วยสำหรับระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปี โดยผลลัพธ์สำหรับเพศชายและหญิงอายุ 30-70 ปีแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ขั้นที่ 3 นำมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์คุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาหารด้วยมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของเบี้ยประกันภัย 1 บาท เพื่อให้ได้เป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการคุ้มครองดังกล่าวต่อผลประโยชน์ 1,000,000 บาท โดยผลลัพธ์แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายอายุ 30 ปีที่เริ่มทำประกันภัยที่สถานะปกติจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x, x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x, x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x, x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x, x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x, x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998415	0.000003	0.000007	0.000011	0.000007
2	0.996775	0.000006	0.000014	0.000021	0.000011
3	0.995070	0.000010	0.000022	0.000032	0.000015
4	0.993286	0.000014	0.000030	0.000044	0.000018

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 APV ของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปีจะได้รับจากการคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_1) และการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_2) เมื่อกำหนดให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับมีค่าเท่ากับ 1,000,000 บาทสำหรับการคุ้มครองทั้งสองอย่างและ APV ของเบี้ยประกันภัย 1 บาท (A) สำหรับระยะเวลาในการคุ้มครอง 5 ปี

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	B_1	B_2	A	B_1	B_2	A
30	192.608716	67.137030	4.615267	112.279677	40.867610	4.625112
31	222.500829	77.963220	4.614658	122.958960	44.007016	4.624920
32	253.895809	89.740098	4.613944	138.296203	48.904915	4.624683
33	284.950701	101.809200	4.613135	158.374261	55.646788	4.624393
34	313.647548	113.324338	4.612244	182.882800	64.130799	4.624046
35	338.766963	123.612007	4.611282	211.346635	74.219324	4.623635
36	359.920035	132.295777	4.610253	243.119272	85.713183	4.623159
37	377.598712	139.401082	4.609154	277.337302	98.325211	4.622614
38	393.127068	145.322791	4.607974	313.106161	111.703634	4.622001
39	408.610288	150.795378	4.606698	349.692887	125.490482	4.621320
40	426.711087	156.670015	4.605303	387.114810	139.489555	4.620571
41	450.671283	164.001216	4.603766	426.168970	153.783959	4.619755
42	484.444716	174.131898	4.602062	468.557837	168.845321	4.618869
43	532.171045	188.622401	4.600164	516.451637	185.465963	4.617911
44	597.629206	209.082781	4.598049	572.033655	204.614105	4.616873
45	682.565293	236.678233	4.595695	636.081240	226.952314	4.615746
46	786.612219	271.816456	4.593091	707.909859	252.617486	4.614518
47	907.051392	313.871778	4.590229	785.141137	281.016886	4.613176
48	1039.489678	361.323079	4.587112	864.501529	310.952658	4.611701
49	1178.560847	411.993664	4.583744	942.651649	340.886141	4.610071
50	1320.195119	463.988651	4.580122	1018.779780	369.822398	4.608257
51	1461.667293	515.889163	4.576233	1094.699513	397.703576	4.606224
52	1601.743827	566.922217	4.572043	1175.262844	425.770964	4.603931

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	B_1	B_2	A	B_1	B_2	A
53	1740.260393	616.870343	4.567498	1266.925169	456.335261	4.601333
54	1877.685871	665.920224	4.562519	1376.256812	492.297670	4.598379
55	2013.711216	714.076585	4.557010	1505.299903	535.564056	4.595025
56	2147.222470	761.050910	4.550862	1651.397352	586.348696	4.591230
57	2276.095105	806.150723	4.543964	1806.550898	642.548684	4.586957
58	2398.055681	848.394048	4.536201	1959.527848	700.114770	4.582166
59	2511.567668	886.865326	4.527462	2098.037573	753.770028	4.576805
60	2618.516099	921.474097	4.517635	2215.594719	799.501476	4.570793
61	2724.306262	953.136133	4.506595	2311.720237	835.430940	4.564004
62	2838.351586	984.362437	4.494200	2392.625753	862.569191	4.556255
63	2972.261508	1018.891411	4.480280	2469.108112	884.363902	4.547311
64	3137.976787	1061.051271	4.464626	2554.372606	906.014603	4.536882
65	3342.033991	1113.812803	4.447001	2657.104104	931.828404	4.524646
66	3585.373239	1178.056517	4.427132	2781.305537	964.061795	4.510268
67	3862.864036	1251.976431	4.404730	2925.915105	1002.683547	4.493421
68	4164.448487	1331.492030	4.379499	3085.755952	1045.687987	4.473807
69	4476.351427	1410.821583	4.351168	3252.537013	1089.548545	4.451184
70	4785.108550	1484.459657	4.319506	3418.148611	1130.925604	4.425374

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 เบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปี แบ่งเป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระยะของโรคมะเร็งแบบกรณีที่ 1

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
30	41.732954	14.546728	56.279681	24.276097	8.836025	33.112122
31	48.216108	16.894692	65.110800	26.586182	9.515195	36.101377
32	55.027940	19.449761	74.477700	29.903934	10.574761	40.478696
33	61.769426	22.069417	83.838843	34.247576	12.033316	46.280893
34	68.003236	24.570323	92.573559	39.550387	13.868980	53.419368
35	73.464808	26.806429	100.271237	45.710059	16.052158	61.762217
36	78.069475	28.695990	106.765465	52.587266	18.539962	71.127228
37	81.923653	30.244398	112.168051	59.995776	21.270479	81.266255
38	85.314507	31.537239	116.851746	67.742558	24.167809	91.910367
39	88.699169	32.733940	121.433109	75.669488	27.154686	102.824174
40	92.656457	34.019478	126.675935	83.780729	30.188813	113.969542
41	97.891865	35.623270	133.515136	92.249263	33.288338	125.537602
42	105.266881	37.837799	143.104679	101.444275	36.555554	137.999829
43	115.685224	41.003405	156.688629	111.836644	40.162310	151.998955
44	129.974528	45.472068	175.446596	123.900682	44.318769	168.219451
45	148.522746	51.499983	200.022729	137.806820	49.169154	186.975974
46	171.259890	59.179422	230.439312	153.409259	54.744062	208.153322
47	197.604808	68.378234	265.983042	170.195348	60.916139	231.111487
48	226.610901	78.769179	305.380080	187.458272	67.426888	254.885160
49	257.117516	89.881475	346.998991	204.476615	73.943799	278.420414
50	288.244524	101.304865	389.549389	221.077048	80.252127	301.329175
51	319.404050	112.732281	432.136332	237.656595	86.340476	323.997071

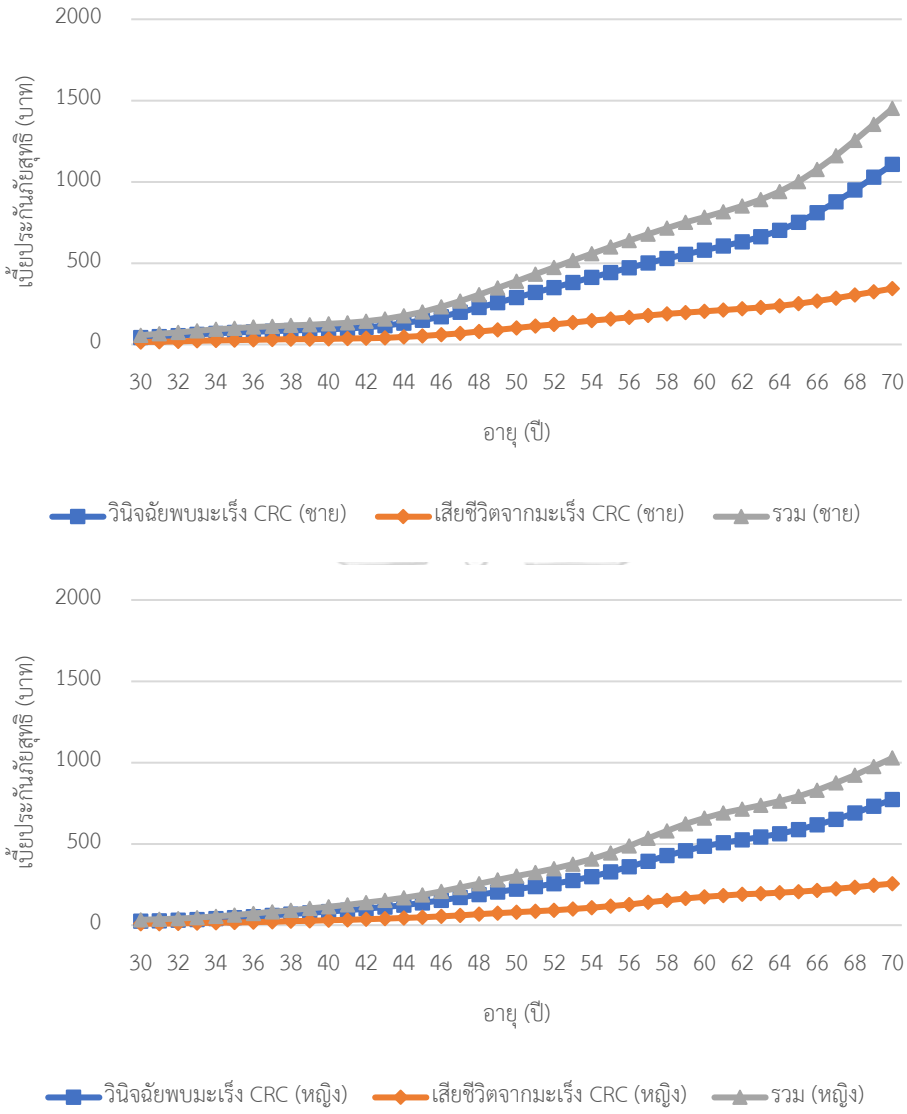
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
52	350.334351	123.997560	474.331912	255.273748	92.479865	347.753614
53	381.009550	135.056508	516.066058	275.338738	99.174583	374.513321
54	411.545876	145.954510	557.500386	299.291738	107.058962	406.350700
55	441.893098	156.698494	598.591591	327.593412	116.553024	444.146436
56	471.827597	167.232239	639.059837	359.685175	127.710592	487.395767
57	500.905208	177.411346	678.316554	393.845214	140.081702	533.926915
58	528.648470	187.027440	715.675910	427.642305	152.791242	580.433548
59	554.740719	195.885747	750.626466	458.406548	164.693483	623.100031
60	579.621041	203.972691	783.593733	484.728685	174.915248	659.643933
61	604.515437	211.498066	816.013503	506.511471	183.047822	689.559293
62	631.558758	219.029496	850.588254	525.129858	189.315373	714.445232
63	663.409798	227.416916	890.826714	542.981963	194.480608	737.462572
64	702.853157	237.657346	940.510503	563.023832	199.699845	762.723678
65	751.525377	250.463816	1001.989193	587.251265	205.945039	793.196304
66	809.863591	266.099236	1075.962827	616.660798	213.748223	830.409021
67	876.980957	284.234567	1161.215524	651.155329	223.144798	874.300127
68	950.896137	304.028404	1254.924541	689.738219	233.735584	923.473804
69	1028.770106	324.239750	1353.009856	730.712798	244.777250	975.490049
70	1107.790588	343.664186	1451.454775	772.397593	255.554780	1027.952373

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อผู้เอาประกันภัยมีอายุมากขึ้น เบี้ยประกันภัยคุ้มครองการวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมากขึ้นด้วย ตามอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวที่มากขึ้นตามอายุ สำหรับความแตกต่างระหว่างเพศ พบว่าเบี้ยประกันภัยของเพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิงในทุกอายุปี



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.1 แผนภูมิเส้นแสดงเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์ตามตัวอย่างสัญญาแนบท้ายแบบให้ผลประโยชน์กรณีที่ 1 โดยรูปบนเป็นของเพศชายและรูปล่างเป็นของเพศหญิง

4.3.2 เบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายตัวอย่างกรณีที่จ่ายผลประโยชน์ตามกรณีที่ 2

เช่นเดียวกับกรณีที่ 1 ขั้นตอนแรกคือการคำนวณความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยซึ่งเริ่มต้นจากสถานะปกติจะคงสถานะหรือเปลี่ยนเป็นสถานะผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง หลังเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งนับจากเวลาที่เริ่มทำกรมธรรม์ โดยขึ้นกับอายุและเพศของผู้เอาประกันภัย ณ เวลาที่สัญญาแนบท้ายเริ่มคุ้มครอง ซึ่งในที่นี้ สามารถใช้ค่าที่ได้จากการคำนวณในกรณีที่ 1 ตามตารางที่ 4.1 ได้

ขั้นที่ 2 คือคำนวณมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์คุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง โดยกำหนดให้ผลประโยชน์สำหรับการคุ้มครองทั้ง 2 แบบในระยะมะเร็งแต่ละระยะมีค่าดังนี้

- ผลประโยชน์คุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
  - ระยะที่ 1 เท่ากับ 1,000,000 บาท
  - ระยะที่ 2 เท่ากับ 2,000,000 บาท
  - ระยะที่ 3 เท่ากับ 3,000,000 บาท
  - ระยะที่ 4 เท่ากับ 4,000,000 บาท
- ผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง
  - ระยะที่ 1 เท่ากับ 1,000,000 บาท
  - ระยะที่ 2 เท่ากับ 2,000,000 บาท
  - ระยะที่ 3 เท่ากับ 3,000,000 บาท
  - ระยะที่ 4 เท่ากับ 4,000,000 บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากนั้น คำนวณมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของเบี้ยประกันภัย 1 หน่วยสำหรับระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปี โดยผลลัพธ์สำหรับเพศชายและหญิงอายุ 30-70 ปีแสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ขั้นที่ 3 นำมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์คุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงมาหารด้วยมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของเบี้ยประกันภัย 1 บาท เพื่อให้ได้เป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการคุ้มครองดังกล่าวต่อผลประโยชน์แบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง โดยผลลัพธ์สำหรับเพศชายและหญิงอายุ 30-70 ปีแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 APV ของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปีจะได้รับจากการคุ้มครองการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_1) และการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง (B_2) เมื่อกำหนดให้มูลค่าของผลประโยชน์ที่ผู้เอาประกันภัยจะได้รับแบ่งตามระยะของโรคมะเร็งโดยผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับ และเมื่อเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1,2,3 และ 4 จ่าย 1,000,000 , 2,000,000 , 3,000,000 และ 4,000,000 บาทตามลำดับและ APV ของเบี้ยประกันภัย 1 บาท (A) สำหรับระยะเวลาในการคุ้มครอง 5 ปี

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	B_1	B_2	A	B_1	B_2	A
30	562.417452	236.119740	4.615267	327.856657	143.232484	4.625112
31	649.702420	274.168267	4.614658	359.040163	154.376807	4.624920
32	741.375762	315.496746	4.613944	403.824914	171.681546	4.624683
33	832.056048	357.783066	4.613135	462.452843	195.433361	4.624393
34	915.850839	398.072632	4.612244	534.017777	225.275257	4.624046
35	989.199533	434.031794	4.611282	617.132175	260.721696	4.623635
36	1050.966503	464.382257	4.610253	709.908275	301.068711	4.623159
37	1102.588240	489.249385	4.609154	809.824920	345.304716	4.622614
38	1147.931039	510.040679	4.607974	914.269989	392.197236	4.622001
39	1193.142041	529.338305	4.606698	1021.103230	440.503739	4.621320
40	1245.996374	550.147403	4.605303	1130.375247	489.563746	4.620571
41	1315.960147	576.199431	4.603766	1244.413392	539.708741	4.619755
42	1414.578571	612.240212	4.602062	1368.188884	592.628140	4.618869
43	1553.939451	663.767922	4.600164	1508.038780	651.117200	4.617911
44	1745.077281	736.428140	4.598049	1670.338272	718.554544	4.616873
45	1993.090657	834.271300	4.595695	1857.357220	797.221311	4.615746
46	2296.907680	958.658368	4.593091	2067.096788	887.533731	4.614518
47	2648.590063	1107.335174	4.590229	2292.612121	987.359703	4.613176
48	3035.309860	1274.943104	4.587112	2524.344464	1092.481859	4.611701
49	3441.397674	1453.884059	4.583744	2752.542816	1197.551667	4.610071
50	3854.969746	1637.572863	4.580122	2974.836958	1299.178208	4.608257

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	B_1	B_2	A	B_1	B_2	A
51	4268.068495	1821.120412	4.576233	3196.522578	1397.302216	4.606224
52	4677.091974	2001.907363	4.572043	3431.767505	1496.412736	4.603931
53	5081.560348	2179.252449	4.567498	3699.421495	1604.698265	4.601333
54	5482.842743	2353.868441	4.562519	4018.669892	1732.322456	4.598379
55	5880.036751	2525.825365	4.557010	4395.475717	1885.884047	4.595025
56	6269.889612	2694.156429	4.550862	4822.080268	2065.981263	4.591230
57	6646.197706	2856.476229	4.543964	5275.128621	2265.107112	4.586957
58	7002.322587	3009.398992	4.536201	5721.821316	2469.016039	4.582166
59	7333.777590	3149.592828	4.527462	6126.269714	2659.308222	4.576805
60	7646.067008	3276.430464	4.517635	6469.536581	2822.124207	4.570793
61	7954.974285	3393.408387	4.506595	6750.223091	2951.205711	4.564004
62	8287.986631	3509.755218	4.494200	6986.467198	3050.450618	4.556255
63	8679.003604	3639.125815	4.480280	7209.795688	3132.278617	4.547311
64	9162.892219	3797.303716	4.464626	7458.768011	3214.961581	4.536882
65	9758.739254	3995.251609	4.447001	7758.743982	3313.095541	4.524646
66	10469.289859	4236.506210	4.427132	8121.412168	3434.800227	4.510268
67	11279.562984	4515.164633	4.404730	8543.672108	3580.220289	4.493421
68	12160.189581	4817.321759	4.379499	9010.407379	3742.642923	4.473807
69	13070.946167	5123.035940	4.351168	9497.408078	3910.058286	4.451184
70	13972.516965	5413.214274	4.319506	9980.993945	4070.968698	4.425374

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 เบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยอายุ 30-70 ปี แบ่งเป็นเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์เมื่อวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงตามระยะของโรคมะเร็งแบบกรณีที่ 2

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
30	121.860225	51.160583	173.020807	70.886203	30.968433	101.854636
31	140.791035	59.412483	200.203519	77.631651	33.379348	111.010999
32	160.681583	68.378978	229.060561	87.319488	37.122882	124.442371
33	180.366725	77.557467	257.924192	100.002922	42.261406	142.264328
34	198.569448	86.307791	284.877239	115.487131	48.718216	164.205347
35	214.517241	94.123885	308.641126	133.473371	56.388899	189.862270
36	227.962866	100.728149	328.691015	153.554817	65.121865	218.676682
37	239.217066	106.147334	345.364401	175.187666	74.699019	249.886685
38	249.118361	110.686525	359.804886	197.808269	84.854427	282.662696
39	259.001573	114.906230	373.907803	220.954905	95.319904	316.274809
40	270.556855	119.459538	390.016393	244.639728	105.953082	350.592810
41	285.844247	125.158268	411.002515	269.367849	116.826276	386.194125
42	307.379292	133.036062	440.415354	296.217283	128.305894	424.523177
43	337.800855	144.292219	482.093073	326.563001	140.998222	467.561223
44	379.525623	160.161015	539.686638	361.789992	155.636644	517.426636
45	433.686419	181.533204	615.219623	402.395913	172.717770	575.113683
46	500.078879	208.717488	708.796367	447.955037	192.335070	640.290107
47	577.006039	241.237438	818.243477	496.970416	214.030345	711.000761
48	661.703830	277.940235	939.644065	547.378154	236.893464	784.271618
49	750.783146	317.182654	1067.965801	597.071715	259.768612	856.840327
50	841.674011	357.539128	1199.213139	645.544982	281.924013	927.468994
51	932.659827	397.951873	1330.611700	693.957256	303.350903	997.308160

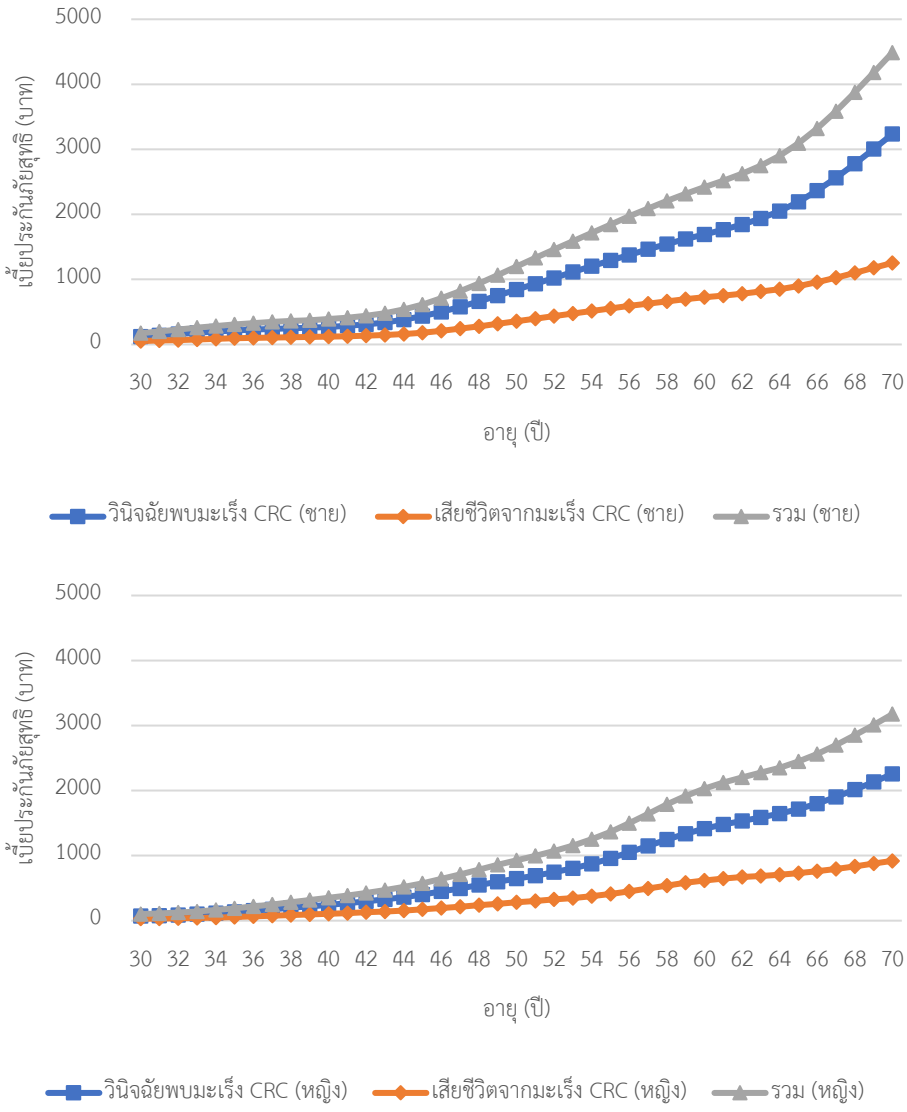
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
52	1022.976305	437.858355	1460.834660	745.399344	325.029324	1070.428668
53	1112.547886	477.121699	1589.669585	803.989116	348.746403	1152.735520
54	1201.713958	515.914224	1717.628183	873.931876	376.724602	1250.656477
55	1290.327845	554.272522	1844.600367	956.572762	410.418673	1366.991435
56	1377.736584	592.010084	1969.746668	1050.280711	449.984270	1500.264981
57	1462.643207	628.630946	2091.274153	1150.028024	493.814814	1643.842838
58	1543.653533	663.418363	2207.071896	1248.715531	538.831695	1787.547226
59	1619.842899	695.664071	2315.506970	1338.547119	581.040262	1919.587381
60	1692.493441	725.253528	2417.746968	1415.407760	617.425445	2032.833205
61	1765.185075	752.987203	2518.172278	1479.013496	646.626492	2125.639988
62	1844.151573	780.952105	2625.103678	1533.379187	669.508259	2202.887445
63	1937.156610	812.254142	2749.410752	1585.507333	688.819896	2274.327229
64	2052.331218	850.531118	2902.862336	1644.029591	708.628015	2352.657606
65	2194.454101	898.414852	3092.868952	1714.773692	732.233089	2447.006782
66	2364.801685	956.941412	3321.743097	1800.649530	761.551228	2562.200758
67	2560.784393	1025.071906	3585.856299	1901.373561	796.769365	2698.142926
68	2776.616721	1099.971021	3876.587741	2014.035601	836.567734	2850.603335
69	3004.008709	1177.393310	4181.402019	2133.681371	878.431090	3012.112461
70	3234.748518	1253.202046	4487.950565	2255.400972	919.915072	3175.316044

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อผู้เอาประกันภัยมีอายุมากขึ้น เบี้ยประกันภัยคุ้มครองการวินิจฉัยพบและการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงจะมากขึ้นด้วย ตามอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งดังกล่าวที่มากขึ้นตามอายุ สำหรับความแตกต่างระหว่างเพศ พบว่าเบี้ยประกันภัยของเพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิงในทุกอายุปี เช่นเดียวกับกรณีที่ 1



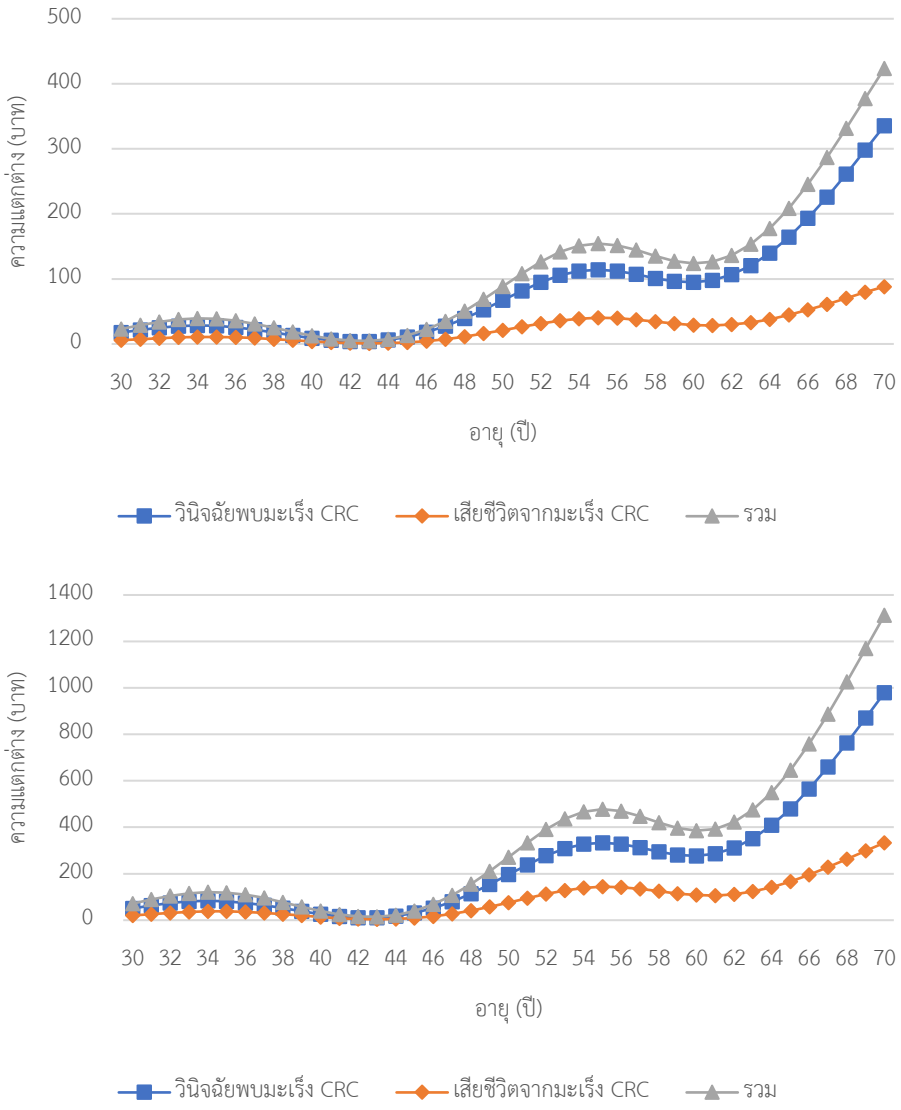
รูปที่ 4.2 แผนภูมิเส้นแสดงเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายที่คุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ โดยมีอายุสัญญาแนบท้าย 5 ปี และผลประโยชน์ตามตัวอย่างสัญญาแนบท้ายแบบให้ผลประโยชน์กรณีที่ 2 โดยรูปบนเป็นของเพศชายและรูปล่างเป็นของเพศหญิง

4.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้าย

จากตัวอย่างสัญญาแนบท้ายในหัวข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 ซึ่งได้ค่าเบี้ยประกันภัยสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และ 4.5 ซึ่งเมื่อนำมาแสดงค่าความแตกต่างของเบี้ยประกันภัยระหว่างประชากรสองกลุ่ม โดยให้

ความแตกต่าง = เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชาย – เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศหญิง

ผลลัพธ์ของความแตกต่างของเบี้ยประกันภัยสุทธิระหว่างเพศชายและเพศหญิงได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 โดยผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.3 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง โดยรูปบนเป็นความแตกต่างสำหรับกรณีที่ 1 และรูปล่างเป็นสำหรับกรณีที่ 2

ตารางที่ 4.6 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง ตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายตัวอย่างในแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและแบบรวมการคุ้มครองทั้ง 2 แบบ

อายุ (ปี)	กรณีที่ 1 (ผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ)			กรณีที่ 2 (ผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง CRC)		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
30	17.456857	5.710703	23.167559	50.974022	20.192150	71.166172
31	21.629926	7.379497	29.009423	63.159384	26.033136	89.192520
32	25.124005	8.874999	33.999004	73.362095	31.256095	104.618191
33	27.521850	10.036101	37.557951	80.363803	35.296062	115.659864
34	28.452848	10.701343	39.154191	83.082317	37.589575	120.671892
35	27.754750	10.754270	38.509020	81.043869	37.734986	118.778856
36	25.482209	10.156029	35.638237	74.408049	35.606284	110.014333
37	21.927877	8.973919	30.901796	64.029400	31.448315	95.477716
38	17.571949	7.369430	24.941379	51.310092	25.832098	77.142190
39	13.029681	5.579254	18.608935	38.046668	19.586326	57.632994
40	8.875729	3.830665	12.706394	25.917128	13.506456	39.423583
41	5.642602	2.334932	7.977534	16.476398	8.331992	24.808390
42	3.822606	1.282245	5.104851	11.162009	4.730168	15.892177
43	3.848580	0.841094	4.689674	11.237853	3.293997	14.531850
44	6.073846	1.153299	7.227146	17.735631	4.524371	22.260003
45	10.715927	2.330829	13.046756	31.290506	8.815434	40.105939
46	17.850631	4.435360	22.285990	52.123842	16.382418	68.506260
47	27.409460	7.462095	34.871555	80.035622	27.207094	107.242716
48	39.152629	11.342291	50.494919	114.325675	41.046771	155.372446
49	52.640901	15.937676	68.578577	153.711432	57.414042	211.125474
50	67.167476	21.052738	88.220214	196.129030	75.615115	271.744145
51	81.747456	26.391805	108.139261	238.702571	94.600969	333.303540

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

อายุ (ปี)	กรณีที่ 1 (ผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ)			กรณีที่ 2 (ผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง CRC)		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
52	95.060603	31.517695	126.578298	277.576961	112.829031	390.405992
53	105.670812	35.881925	141.552737	308.558770	128.375296	436.934065
54	112.254138	38.895549	151.149686	327.782082	139.189623	466.971705
55	114.299686	40.145469	154.445155	333.755083	143.853849	477.608932
56	112.142422	39.521648	151.664070	327.455873	142.025814	469.481687
57	107.059994	37.329644	144.389638	312.615183	134.816132	447.431315
58	101.006165	34.236198	135.242363	294.938002	124.586668	419.524670
59	96.334171	31.192264	127.526435	281.295780	114.623809	395.919589
60	94.892356	29.057444	123.949800	277.085681	107.828082	384.913763
61	98.003966	28.450244	126.454210	286.171579	106.360711	392.532291
62	106.428900	29.714123	136.143023	310.772387	111.443847	422.216233
63	120.427835	32.936308	153.364142	351.649277	123.434246	475.083523
64	139.829325	37.957501	177.786825	408.301628	141.903102	550.204730
65	164.274113	44.518777	208.792889	479.680409	166.181762	645.862171
66	193.202793	52.351013	245.553806	564.152155	195.390184	759.542339
67	225.825628	61.089769	286.915397	659.410832	228.302541	887.713374
68	261.157918	70.292820	331.450738	762.581120	263.403286	1025.984406
69	298.057307	79.462500	377.519807	870.327337	298.962221	1169.289558
70	335.392995	88.109407	423.502402	979.347546	333.286975	1312.634521

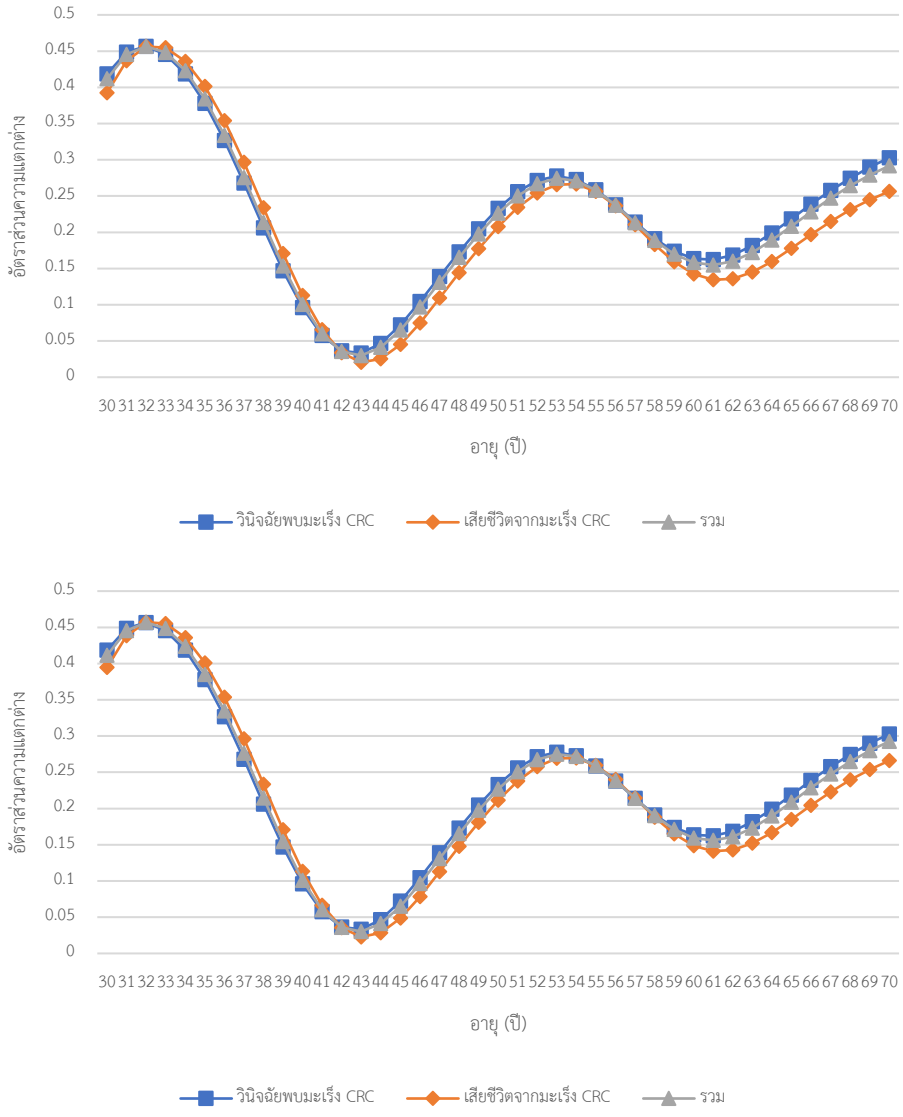
จากการเปรียบเทียบความแตกต่าง จะเห็นได้ว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชายมีมูลค่ามากกว่าของเพศหญิงในทุกอายุปี โดยมีความแตกต่างกันไม่สม่ำเสมอ และมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีค่าน้อยกว่า 10 ในกรณีที่ 1 และน้อยกว่า 30 ในกรณีที่ 2 ในช่วงอายุ 41-44 ปี ซึ่งใกล้เคียงกับความแตกต่างของค่าประมาณอุบัติการณ์การพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและเพศหญิงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าน้อยกว่า 1 ในช่วงอายุ 42-47 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเบี้ยประกันภัยสุทธิโดยเทียบอัตราส่วนต่อเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับเพศชายตามสูตร

$$\text{อัตราส่วนความแตกต่าง} = \frac{\text{เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชาย} - \text{เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศหญิง}}{\text{เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชาย}}$$

จะได้ผลดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 โดยผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.4 อัตราส่วนความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงที่โดยรูปบนเป็นความแตกต่างสำหรับกรณีที่ 1 และรูปล่างเป็นสำหรับกรณีที่ 2

ตารางที่ 4.7 อัตราส่วนความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงตามเงื่อนไขและผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายตัวอย่างในแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและแบบรวมการคุ้มครองทั้ง 2 แบบ

อายุ (ปี)	กรณีที่ 1 (ผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ)			กรณีที่ 2 (ผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง CRC)		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
30	0.418299	0.392576	0.411651	0.418299	0.394682	0.411316
31	0.448604	0.436794	0.445539	0.448604	0.438176	0.445509
32	0.456568	0.456304	0.456499	0.456568	0.457101	0.456727
33	0.445558	0.454752	0.447978	0.445558	0.455096	0.448426
34	0.418404	0.435539	0.422952	0.418404	0.435529	0.423593
35	0.377797	0.401183	0.384049	0.377797	0.400908	0.384845
36	0.326404	0.353918	0.333799	0.326404	0.353489	0.334704
37	0.267662	0.296713	0.275496	0.267662	0.296270	0.276455
38	0.205967	0.233674	0.213445	0.205967	0.233381	0.214400
39	0.146897	0.170442	0.153244	0.146897	0.170455	0.154137
40	0.095792	0.112602	0.100306	0.095792	0.113063	0.101082
41	0.057641	0.065545	0.059750	0.057641	0.066572	0.060361
42	0.036313	0.033888	0.035672	0.036313	0.035556	0.036085
43	0.033268	0.020513	0.029930	0.033268	0.022829	0.030143
44	0.046731	0.025363	0.041193	0.046731	0.028249	0.041246
45	0.072150	0.045259	0.065226	0.072150	0.048561	0.065190
46	0.104231	0.074948	0.096711	0.104231	0.078491	0.096652
47	0.138708	0.109130	0.131104	0.138708	0.112781	0.131065
48	0.172775	0.143994	0.165351	0.172775	0.147682	0.165352
49	0.204735	0.177319	0.197633	0.204735	0.181013	0.197689
50	0.233023	0.207816	0.226467	0.233023	0.211488	0.226602
51	0.255937	0.234110	0.250243	0.255937	0.237720	0.250489

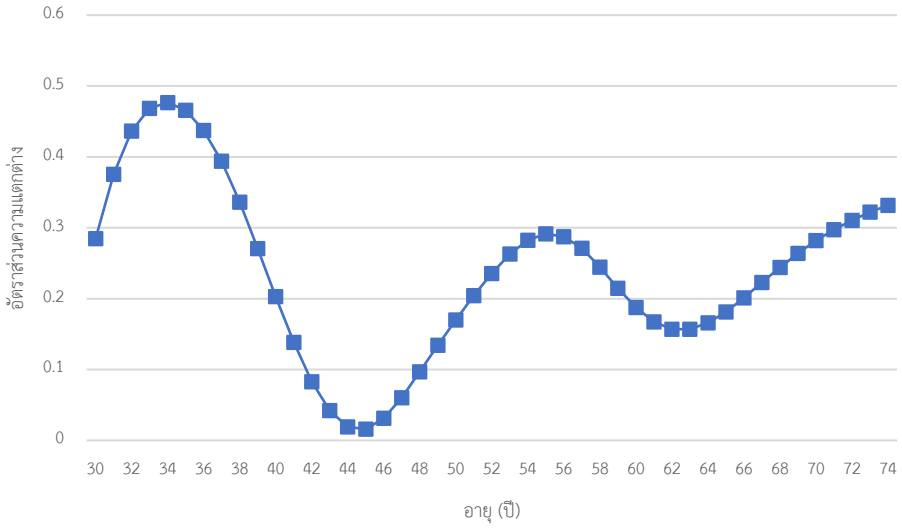
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

อายุ (ปี)	กรณีที่ 1 (ผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ)			กรณีที่ 2 (ผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะของโรคมะเร็ง CRC)		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
52	0.271343	0.254180	0.266856	0.271343	0.257684	0.267249
53	0.277344	0.265681	0.274292	0.277344	0.269062	0.274858
54	0.272762	0.266491	0.271120	0.272762	0.269792	0.271870
55	0.258659	0.256196	0.258014	0.258659	0.259536	0.258923
56	0.237677	0.236328	0.237324	0.237677	0.239904	0.238346
57	0.213733	0.210413	0.212865	0.213733	0.214460	0.213952
58	0.191065	0.183054	0.188972	0.191065	0.187795	0.190082
59	0.173656	0.159237	0.169893	0.173656	0.164769	0.170986
60	0.163714	0.142458	0.158181	0.163714	0.148676	0.159203
61	0.162120	0.134518	0.154966	0.162120	0.141252	0.155880
62	0.168518	0.135663	0.160057	0.168518	0.142703	0.160838
63	0.181529	0.144828	0.172159	0.181529	0.151965	0.172795
64	0.198945	0.159715	0.189032	0.198945	0.166841	0.189539
65	0.218588	0.177745	0.208378	0.218588	0.184972	0.208823
66	0.238562	0.196735	0.228218	0.238562	0.204182	0.228658
67	0.257503	0.214927	0.247082	0.257503	0.222719	0.247560
68	0.274644	0.231205	0.264120	0.274644	0.239464	0.264662
69	0.289722	0.245073	0.279022	0.289722	0.253919	0.279641
70	0.302758	0.256382	0.291778	0.302758	0.265948	0.292480

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนความแตกต่างบ่งชี้ว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายระหว่างเพศชายและเพศหญิงมีความใกล้เคียงกันหรือน้อยกว่าร้อยละ 0.05 ในช่วงอายุ 42-44 ปี ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่ได้คำนวณไว้ในหัวข้อที่ 3.1 โดยเมื่อหาอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวระหว่างเพศชายและเพศหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ของเพศชายจะได้ช่วงความแตกต่างในลักษณะเดียวกัน ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 โดยผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.5 อัตราส่วนความแตกต่างของค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวสำหรับเพศชาย สำหรับประชากรไทยอายุ 30-74 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 อัตราส่วนความแตกต่างของค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวสำหรับเพศชายสำหรับประชากรไทยอายุ 30-74 ปี

อายุ	อัตราส่วนความแตกต่าง	อายุ	อัตราส่วนความแตกต่าง
30	0.284526	53	0.262912
31	0.375476	54	0.282444
32	0.436339	55	0.291454
33	0.468359	56	0.287525
34	0.476679	57	0.271047
35	0.465753	58	0.244318
36	0.437562	59	0.214635
37	0.393929	60	0.187485
38	0.336337	61	0.167369
39	0.270776	62	0.156808
40	0.202782	63	0.156993
41	0.138313	64	0.165814
42	0.082994	65	0.181231
43	0.042157	66	0.200987
44	0.019174	67	0.222678
45	0.015868	68	0.244145
46	0.031247	69	0.264079
47	0.060312	70	0.281866
48	0.096683	71	0.297358
49	0.134206	72	0.310661
50	0.170195	73	0.322003
51	0.204246	74	0.331644
52	0.235561		

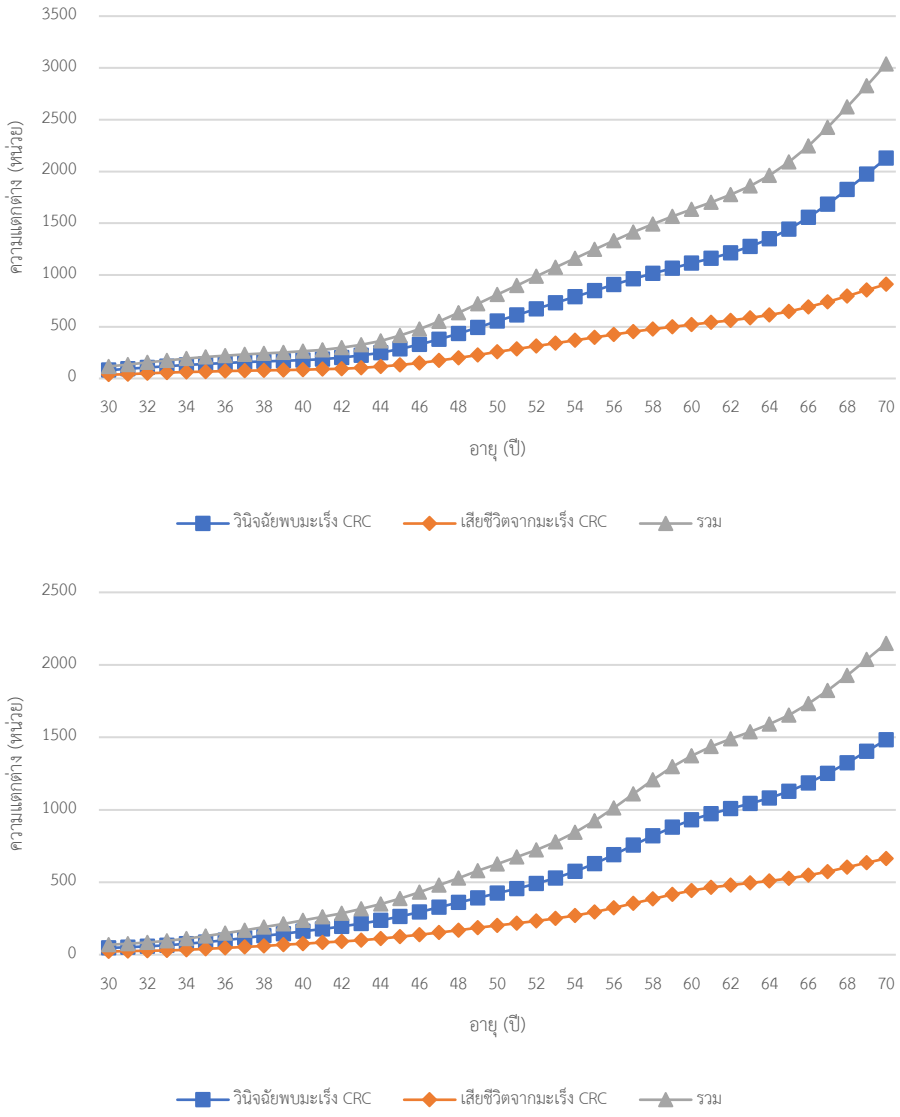
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จะเห็นว่าอัตราส่วนความแตกต่างของค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระหว่างเพศชายและหญิงต่อค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวสำหรับเพศชายมีลักษณะเหมือนอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิง โดยช่วงอายุที่ค่าอัตราส่วนความแตกต่างมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 0.05 สำหรับค่าประมาณอัตราอุบัติการณ์ดังกล่าวจะอยู่ในช่วงอายุ 44-46 ซึ่งมากกว่าสำหรับเบี้ยประกันภัยสุทธิอยู่ 2 ปี เนื่องจากเบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายใช้การคำนวณสำหรับระยะเวลาการคุ้มครอง 5 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายแบบผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ (กรณีที่ 1) และผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะ (กรณีที่ 2)

เมื่อเปรียบความแตกต่างของเบี้ยประกันภัยระหว่างสองเพศ ทั้งแบบที่ผลประโยชน์ในแต่ละระยะเท่ากันและไม่เท่ากัน พบว่าความแตกต่างระหว่างเพศมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยเบี้ยประกันภัยกรณีที่ 2 มีค่าสูงกว่ากรณีที่ 1 ทุกอายุและทุกเพศ โดยมีความต่างมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ดังรูปที่ 4.4 ส่วนผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.6 ความแตกต่างกันระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายแบบผลประโยชน์จ่ายเท่ากันทุกระยะ (กรณีที่ 1) และผลประโยชน์จ่ายแบ่งตามระยะ (กรณีที่ 2) โดยรูปบนเป็นของเพศชาย รูปล่างเป็นของเพศหญิง

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างระหว่างเบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายกรณีที่ 1 ให้ผลประโยชน์สำหรับมะเร็งแต่ละระยะเท่ากันทุกระยะและกรณีที่ 2 ให้ผลประโยชน์สำหรับมะเร็งแต่ละระยะไม่เท่ากัน โดยให้ในอัตราส่วน 1:2:3:4 สำหรับมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1, 2, 3, และ 4 โดยแบ่งเป็นค่าสำหรับการคุ้มครองเฉพาะการวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, เฉพาะการเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง, และแบบรวมการคุ้มครองทั้งสองแบบ ของเพศชายและเพศหญิง

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
30	80.127271	36.613855	116.741126	46.610106	22.132408	68.742514
31	92.574927	42.517791	135.092719	51.045469	23.864152	74.909622
32	105.653644	48.929217	154.582861	57.415554	26.548121	83.963675
33	118.597299	55.488050	174.085349	65.755346	30.228089	95.983435
34	130.566212	61.737468	192.303680	75.936744	34.849235	110.785979
35	141.052432	67.317456	208.369888	87.763313	40.336740	128.100053
36	149.893392	72.032159	221.925550	100.967551	46.581903	147.549454
37	157.293413	75.902936	233.196350	115.191890	53.428540	168.620430
38	163.803854	79.149286	242.953140	130.065711	60.686618	190.752329
39	170.302404	82.172290	252.474694	145.285417	68.165218	213.450635
40	177.900398	85.440060	263.340458	160.858999	75.764269	236.623269
41	187.952382	89.534998	277.487379	177.118586	83.537938	260.656523
42	202.112411	95.198263	297.310674	194.773008	91.750340	286.523348
43	222.115630	103.288814	325.404444	214.726357	100.835912	315.562269
44	249.551095	114.688947	364.240042	237.889310	111.317875	349.207185
45	285.163673	130.033221	415.196893	264.589094	123.548616	388.137710
46	328.818989	149.538067	478.357055	294.545778	137.591008	432.136786
47	379.401231	172.859204	552.260435	326.775068	153.114206	479.889274
48	435.092929	199.171056	634.263985	359.919882	169.466575	529.386458
49	493.665631	227.301179	720.966810	392.595100	185.824813	578.419913
50	553.429487	256.234263	809.663750	424.467933	201.671886	626.139819

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม	วินิจฉัยพบมะเร็ง CRC	เสียชีวิตจากมะเร็ง CRC	รวม
51	613.255777	285.219591	898.475368	456.300662	217.010427	673.311088
52	672.641954	313.860795	986.502749	490.125596	232.549458	722.675055
53	731.538336	342.065191	1073.603527	528.650378	249.571820	778.222198
54	790.168082	369.959714	1160.127796	574.640138	269.665640	844.305777
55	848.434747	397.574029	1246.008776	628.979350	293.865649	922.844999
56	905.908987	424.777845	1330.686832	690.595536	322.273678	1012.869214
57	961.737999	451.219600	1412.957599	756.182810	353.733112	1109.915922
58	1015.005063	476.390922	1491.395985	821.073226	386.040452	1207.113678
59	1065.102180	499.778324	1564.880504	880.140571	416.346779	1296.487350
60	1112.872400	521.280836	1634.153236	930.679075	442.510198	1373.189273
61	1160.669639	541.489137	1702.158776	972.502025	463.578670	1436.080694
62	1212.592815	561.922609	1774.515424	1008.249328	480.192885	1488.442214
63	1273.746812	584.837226	1858.584038	1042.525370	494.339288	1536.864657
64	1349.478061	612.873772	1962.351833	1081.005758	508.928170	1589.933928
65	1442.928724	647.951035	2090.879759	1127.522428	526.288050	1653.810478
66	1554.938094	690.842176	2245.780270	1183.988732	547.803005	1731.791737
67	1683.803437	740.837338	2424.640775	1250.218232	573.624567	1823.842799
68	1825.720583	795.942616	2621.663200	1324.297381	602.832150	1927.129531
69	1975.238603	853.153560	2828.392163	1402.968573	633.653839	2036.622412
70	2126.957930	909.537860	3036.495790	1483.003379	664.360292	2147.363671

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.6 การเปรียบเทียบสัดส่วนของเบี้ยประกันภัยสุทธิตามผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายคุ้มครองการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงกับเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี

เบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตที่ใช้ในการเปรียบเทียบในที่นี้เป็นการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีและจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปี กำหนดให้เป็น

- เป็นการประกันชีวิตสำหรับผู้เอาประกันภัยชายและหญิงอายุ 30-70 ปี
- ระยะเวลาการคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยเท่ากับ 5 ปีเท่ากันทุกปี
- ผลประโยชน์เมื่อเสียชีวิตทุกสาเหตุเท่ากับ 1,000,000 บาท
- ผลประโยชน์จ่ายเมื่อสิ้นปีกรมธรรม์ที่ผู้เอาประกันภัยเสียชีวิต
- เบี้ยประกันภัยจะจ่ายทุกต้นปีกรมธรรม์ นับวันที่เริ่มคุ้มครองคือวันเริ่มต้นของปีกรมธรรม์ปีที่ 1

วิธีการคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิใช้ตารางมรณะไทยสำหรับปีพ.ศ. 2560 ของคปภ. ซึ่งเป็นตารางเดียวกันกับที่ใช้ในการคำนวณเบี้ยประกันภัยสำหรับสัญญาแนบท้ายในงานวิจัยนี้ และใช้หลักการเดียวกัน กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของผลประโยชน์ตลอดระยะเวลาการคุ้มครองมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัยของเบี้ยประกันภัยที่จ่ายตลอดระยะเวลาการจ่ายเบี้ยประกันภัย

APV ของผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตทุกสาเหตุตามการประกันชีวิต

$$B = \sum_{i=0}^{4} \frac{v^{i+1}}{p_x} (\prod_{j=0}^{i} p_{x+j}) q_{x+i}$$

APV ของเบี้ยประกันภัยตามการประกันชีวิต

$$A = \sum_{i=0}^{4} \frac{v^{i}}{p_{x-1}} (\prod_{j=0}^{i} p_{x-1+j})$$

จากสูตรดังกล่าว จะได้ว่า

$$P = \frac{B}{A}$$

ผลการคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการประกันชีวิต แสดงไว้ในตารางที่ 4.10 และการเปรียบเทียบและสัดส่วนร้อยละของเบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายตัวอย่างต่อเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการประกันชีวิต แสดงไว้ในในตารางที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.10 มูลค่าเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีจ่ายเบี้ยประกันภัย 5 ปีเท่ากัน สำหรับผู้เอาประกันภัยเพศชายและหญิงอายุ 30-70 ปี โดยมีผลประโยชน์เมื่อเสียชีวิตทุกสาเหตุเท่ากับ 1,000,000 บาท

อายุ (ปี)	ชาย	หญิง	ความแตกต่าง (ชาย-หญิง)
30	1615.698009	518.414914	1097.283095
31	1686.401350	542.238577	1144.162772
32	1766.983187	570.717169	1196.266018
33	1856.723812	604.527270	1252.196542
34	1955.034988	644.221459	1310.813529
35	2061.719207	690.268686	1371.450521
36	2177.127279	742.966141	1434.161138
37	2302.212553	802.589745	1499.622808
38	2438.374356	869.275178	1569.099178
39	2587.411663	943.163678	1644.247985
40	2751.405624	1024.294038	1727.111585
41	2932.451789	1112.746031	1819.705758
42	3132.542724	1208.626278	1923.916446
43	3353.449752	1312.222749	2041.227003
44	3596.607966	1424.118289	2172.489677
45	3863.080108	1545.414947	2317.665161
46	4153.653579	1677.839638	2475.813941
47	4469.016810	1823.824571	2645.192238
48	4810.034867	1986.463228	2823.571639
49	5178.256018	2169.425317	3008.830701
50	5576.326399	2376.702670	3199.623729
51	6008.514879	2612.368860	3396.146019
52	6481.068696	2880.373740	3600.694956
53	7002.287731	3184.547744	3817.739987
54	7582.296212	3528.662906	4053.633307

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฐ (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย	หญิง	ความแตกต่าง (ชาย-หญิง)
55	8232.712745	3916.768193	4315.944552
56	8966.077925	4353.774144	4612.303781
57	9795.381344	4846.128304	4949.253040
58	10733.933496	5402.584646	5331.348850
59	11795.426228	6035.030962	5760.395265
60	12994.357432	6759.188630	6235.168802
61	14346.769477	7595.103623	6751.665854
62	15871.143780	8567.454369	7303.689412
63	17589.370768	9705.283833	7884.086936
64	19527.583169	11041.438648	8486.144521
65	21716.298035	12611.308793	9104.989242
66	24190.010828	14451.165535	9738.845293
67	26985.656364	16595.914994	10389.741369
68	30140.168809	19076.822091	11063.346718
69	33687.346997	21919.188272	11768.158725
70	37654.844743	25140.818282	12514.026461

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.11 เบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีและสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่จ่ายผลประโยชน์เท่ากันทุกระยะของการเป็นโรค (กรณีที่ 1) และจ่ายผลประโยชน์ตามระยะของการเป็นโรค (กรณีที่ 2)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	เบี้ยประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)	เบี้ยประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)
30	1615.70	56.28	173.02	518.41	33.11	101.85
31	1686.40	65.11	200.20	542.24	36.10	111.01
32	1766.98	74.48	229.06	570.72	40.48	124.44
33	1856.72	83.84	257.92	604.53	46.28	142.26
34	1955.03	92.57	284.88	644.22	53.42	164.21
35	2061.72	100.27	308.64	690.27	61.76	189.86
36	2177.13	106.77	328.69	742.97	71.13	218.68
37	2302.21	112.17	345.36	802.59	81.27	249.89
38	2438.37	116.85	359.80	869.28	91.91	282.66
39	2587.41	121.43	373.91	943.16	102.82	316.27
40	2751.41	126.68	390.02	1024.29	113.97	350.59
41	2932.45	133.52	411.00	1112.75	125.54	386.19
42	3132.54	143.10	440.42	1208.63	138.00	424.52
43	3353.45	156.69	482.09	1312.22	152.00	467.56
44	3596.61	175.45	539.69	1424.12	168.22	517.43
45	3863.08	200.02	615.22	1545.41	186.98	575.11
46	4153.65	230.44	708.80	1677.84	208.15	640.29
47	4469.02	265.98	818.24	1823.82	231.11	711.00
48	4810.03	305.38	939.64	1986.46	254.89	784.27
49	5178.26	347.00	1067.97	2169.43	278.42	856.84
50	5576.33	389.55	1199.21	2376.70	301.33	927.47
51	6008.51	432.14	1330.61	2612.37	324.00	997.31
52	6481.07	474.33	1460.83	2880.37	347.75	1070.43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย			หญิง		
	เบี้ยประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)	เบี้ยประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)
53	7002.29	516.07	1589.67	3184.55	374.51	1152.74
54	7582.30	557.50	1717.63	3528.66	406.35	1250.66
55	8232.71	598.59	1844.60	3916.77	444.15	1366.99
56	8966.08	639.06	1969.75	4353.77	487.40	1500.26
57	9795.38	678.32	2091.27	4846.13	533.93	1643.84
58	10733.93	715.68	2207.07	5402.58	580.43	1787.55
59	11795.43	750.63	2315.51	6035.03	623.10	1919.59
60	12994.36	783.59	2417.75	6759.19	659.64	2032.83
61	14346.77	816.01	2518.17	7595.10	689.56	2125.64
62	15871.14	850.59	2625.10	8567.45	714.45	2202.89
63	17589.37	890.83	2749.41	9705.28	737.46	2274.33
64	19527.58	940.51	2902.86	11041.44	762.72	2352.66
65	21716.30	1001.99	3092.87	12611.31	793.20	2447.01
66	24190.01	1075.96	3321.74	14451.17	830.41	2562.20
67	26985.66	1161.22	3585.86	16595.91	874.30	2698.14
68	30140.17	1254.92	3876.59	19076.82	923.47	2850.60
69	33687.35	1353.01	4181.40	21919.19	975.49	3012.11
70	37654.84	1451.45	4487.95	25140.82	1027.95	3175.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 อัตราส่วนร้อยละของเบี้ยประกันภัยสุทธิตามสัญญาแนบท้ายต่อเบี้ยประกันภัยสุทธิตามการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี โดยแบ่งระหว่างเพศและสัญญาแนบท้ายในแต่ละกรณี

อายุ (ปี)	ชาย		หญิง	
	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)
30	3.483305	10.708734	6.387185	19.647320
31	3.860931	11.871641	6.657840	20.472722
32	4.214964	12.963370	7.092602	21.804561
33	4.515418	13.891360	7.655716	23.533153
34	4.735136	14.571465	8.292081	25.488960
35	4.863477	14.970085	8.947562	27.505560
36	4.903961	15.097464	9.573414	29.432927
37	4.872185	15.001412	10.125504	31.135046
38	4.792199	14.755933	10.573219	32.517056
39	4.693227	14.451036	10.902050	33.533396
40	4.604044	14.175169	11.126643	34.227751
41	4.553021	14.015661	11.281784	34.706403
42	4.568323	14.059357	11.417907	35.124437
43	4.672461	14.376034	11.583320	35.631239
44	4.878113	15.005434	11.812182	36.333122
45	5.177804	15.925624	12.098755	37.214192
46	5.547870	17.064407	12.406032	38.161579
47	5.951713	18.309250	12.671805	38.984054
48	6.348812	19.535078	12.831104	39.480802
49	6.701078	20.624044	12.833833	39.496189
50	6.985771	21.505433	12.678455	39.023350
51	7.192066	22.145434	12.402424	38.176391
52	7.318730	22.540027	12.073211	37.162839

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

อายุ (ปี)	ชาย		หญิง	
	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 1)	เบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย (กรณีที่ 2)
53	7.369964	22.702146	11.760330	36.197778
54	7.352659	22.653140	11.515713	35.442787
55	7.270891	22.405742	11.339615	34.901004
56	7.127529	21.968877	11.194788	34.458953
57	6.924861	21.349594	11.017598	33.920745
58	6.667415	20.561632	10.743627	33.086890
59	6.363708	19.630549	10.324720	31.807416
60	6.030261	18.606129	9.759218	30.075107
61	5.687786	17.552190	9.078998	27.986978
62	5.359338	16.540104	8.339061	25.712275
63	5.064574	15.631092	7.598568	23.433907
64	4.816318	14.865446	6.907829	21.307528
65	4.613996	14.242156	6.289564	19.403274
66	4.447963	13.731879	5.746312	17.730063
67	4.303084	13.288008	5.268165	16.257874
68	4.163628	12.861865	4.840816	14.942758
69	4.016374	12.412381	4.450393	13.741898
70	3.854630	11.918654	4.088779	12.630122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อเปรียบเทียบเบี้ยประกันภัยสุทธิที่คำนวณได้จากตาราง 4.10 และเบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง กรณีที่ 1 ที่จ่ายผลประโยชน์เท่ากันทุกระยะของการเป็นโรค (ตาราง 4.3) จะพบว่า เบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายคิดเป็นประมาณร้อยละ 3.48-7.37 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 4.09-12.83 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง

เมื่อเปรียบเทียบเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันภัยประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปี และเบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง กรณีที่ 2 ที่จ่ายผลประโยชน์ตามระยะของการเป็นโรค (ตาราง 4.5) จะพบว่า เบี้ยประกันภัยสุทธิของสัญญาแนบท้ายคิดเป็นประมาณร้อยละ 10.71-22.70 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 12.63-39.50 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่จ่ายผลประโยชน์ตามระยะของโรค 4 ระยะหลัก โดยอัตรามรณะใช้ตารางมรณะไทยประจำปีพ.ศ.2560 ที่ประกาศโดยสำนักงานคณะกรรมการการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) ค่าอัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรโดยปรับฐานตามช่วงอายุช่วงละ 5 ปี สำหรับประชากรไทยในปี พ.ศ. 2553-2555 จาก Cancer in Thailand Vol 8 2010-2012 การแบ่งระยะของโรคมะเร็งจะใช้ระบบ TNM (Tumor, Lymph Node, and Metastasis) ของ AJCC (American Joint Committee on Cancer) และ UICC (Union for International Cancer Control) ซึ่งได้ระบุรายละเอียดสำหรับการแบ่งระยะของโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงไว้ รวมทั้งอัตราการอยู่รอด 5 ปีและอัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงแต่ละระยะ ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 ได้จากบทความวิจัยทางการแพทย์ในวารสารทางการแพทย์ที่ศึกษาผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในประเทศไทย

การคำนวณความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะที่เกี่ยวข้องใช้รูปแบบหลายสถานะของลูกโซ่มาร์คอฟและคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิใช้หลักการเท่ากันของมูลค่าปัจจุบันทางประกันภัย โดยผลประโยชน์ของสัญญาแนบท้ายการประกันภัยตัวอย่างที่กำหนดไว้แบ่งเป็น 2 กรณีคือกรณีที่ 1 ให้ผลประโยชน์ 1,000,000 บาทจ่ายเมื่อวินิจฉัยพบหรือเสียชีวิตด้วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงสำหรับทุกระยะของโรคมะเร็ง และกรณีที่ 2 ที่กำหนดให้ผลประโยชน์สำหรับแต่ละระยะของมะเร็งไม่เท่ากัน โดยผลประโยชน์จ่ายเมื่อวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1 เท่ากับ 1,000,000 บาทสำหรับทั้งการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งดังกล่าว ส่วนระยะที่ 2,3, และ 4 จะมีค่าเป็น 2,3 และ 4 เท่าของระยะที่ 1 ส่วนผลประโยชน์จ่ายเมื่อเสียชีวิตจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะที่ 1 เท่ากับ 1,000,000 บาทสำหรับทั้งการวินิจฉัยพบและเสียชีวิตจากมะเร็งดังกล่าว ส่วนระยะที่ 2,3, และ 4 จะมีค่าเป็น 2,3 และ 4 เท่าของระยะที่ 1 ในขณะที่ระยะเวลาคุ้มครองและจ่ายเบี้ยประกันภัยของสัญญาแนบท้าย 5 ปี สำหรับอัตราดอกเบี้ย กำหนดให้เท่ากับร้อยละ 4 และมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการคุ้มครอง

ผลการศึกษาพบว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของผู้เอาประกันภัย เมื่อกำหนดผลประโยชน์ในกรณีที่ 1 เบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าอยู่ระหว่าง 56.28 บาทถึง 1451.45 บาทสำหรับเพศชายและมีค่าระหว่าง 33.11 บาทถึง 1027.95 บาทสำหรับเพศหญิง และเมื่อกำหนดผลประโยชน์ใน

กรณีที่ 2 เบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าอยู่ระหว่าง 173.02 บาทถึง 4487.95 บาทสำหรับเพศชายและมีค่าระหว่าง 101.85 บาทถึง 3175.32 บาทสำหรับเพศหญิง

เบี้ยประกันภัยสุทธิของเพศชายมีค่าสูงกว่าของเพศหญิง โดยมีความแตกต่างไม่สม่ำเสมอในแต่ละอายุทั้งสองกรณี ในขณะที่เบี้ยประกันภัยสุทธิเมื่อกำหนดผลประโยชน์แบบกรณีที่ 2 มีค่าสูงกว่าแบบกรณีที่ 1 ทุกอายุและเพศ

เมื่อเปรียบเทียบกับเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีและจ่ายเบี้ยประกันภัยเท่ากันทุกปี ให้ผลประโยชน์คุ้มครองการเสียชีวิตทุกสาเหตุเท่ากับ 1,000,000 บาทพบว่าเบี้ยประกันภัยสุทธิของกรณีที่ 1 คิดเป็นประมาณร้อยละ 3.48-7.37 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 4.09-12.83 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง ส่วนในกรณีที่ 2 คิดเป็นประมาณร้อยละ 10.71-22.70 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศชายและประมาณร้อยละ 12.63-39.50 ของเบี้ยประกันภัยสุทธิของการประกันชีวิตชั่วระยะเวลา 5 ปีสำหรับเพศหญิง

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ในเรื่องการประมาณค่าอัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในผู้เอาประกันภัยในแต่ละช่วงอายุปีต่อปี งานวิจัยนี้ใช้วิธีการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสาม ได้พบว่าสมการบางช่วงมีค่าต่ำกว่า 0 ทำให้ต้องตัดส่วนดังกล่าวทิ้ง โดยปัดขึ้นเป็น 0 แทน ในงานวิจัยอื่น (Baione & Levantesi, 2014) ผู้ทำการวิจัยแนะนำให้ใช้ Gompertz-Makeham Formula ซึ่งเป็นฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลที่สถาบันวิจัยโรคมะเร็งแห่งชาติในบางช่วงมีค่าเป็น 0 ซึ่งฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียลไม่สามารถมีค่าเป็นศูนย์ได้ ทำให้ต้องตัดข้อมูลส่วนที่เท่ากับศูนย์ออกและเมื่อใช้วิธีการทางสถิติหาค่าแตกต่างกำลังสองที่น้อยที่สุด จะได้ค่าที่เบี่ยงเบนจากความเป็นจริงมากขึ้น ในขณะที่วิธีการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามจะไม่มีปัญหาตรงนี้ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการประมาณค่าด้วยสมการพหุนามกำลังสามในการประมาณค่าอัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในผู้เอาประกันภัยในช่วงอายุ 5 ปีเป็นในแต่ละช่วงอายุปีต่อปี

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเช่น อัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในผู้เอาประกันภัย อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในประเทศไทยและอัตราส่วนของผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในแต่ละระยะ ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากสถิติที่เก็บรวบรวมโดยองค์กรและงานวิจัยอื่นซึ่งไม่ใช่สถิติของปีล่าสุด ทำให้ผลการคำนวณอาจจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลต้องได้รับอนุญาตจากทั้งทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงพยาบาลและผู้ป่วย เพื่อรักษาสิทธิผู้ป่วยในการเก็บความลับของสุขภาพของผู้ป่วย และการเก็บอัตราการอยู่รอดของผู้ป่วยต้องใช้เวลาในการติดตามอาการผู้ป่วยเป็นเวลานาน ในขณะที่การศึกษาและงานวิจัยในประเทศต้องได้รับการรับรองจากสำนักพิมพ์งานวิจัยทางการแพทย์ซึ่งมีมาตรฐานในการรับรอง เพื่อให้ได้งานวิจัยที่ถูกต้องและใช้อ้างอิงได้ในภายหลัง ทำให้ใช้เวลานานกว่าจะได้ตีพิมพ์ และเมื่อได้รับการตีพิมพ์ ข้อมูลที่ได้จะล้าช้ากว่าปีที่ได้ตีพิมพ์หลายปี

ในงานวิจัยของต่างประเทศ (Baione & Levantesi, 2014) และ (Brink, 2010) แนะนำให้ใช้รูปแบบ Gompertz-Makeham ในการประมาณค่าอัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคร้ายแรง และทำการคำนวณเบี้ยประกันภัยแบบเวลาต่อเนื่องโดยมีการประมาณค่าใกล้เคียง เพื่อให้สามารถอินทิเกรตค่าได้ แต่เมื่อนำอัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีมาคำนวณพบว่าไม่สามารถอินทิเกรตได้แม้ว่าจะแทนค่าแบบเดียวกันกับที่ใช้ในงานวิจัยของต่างประเทศ (Baione & Levantesi, 2014) งานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการประมาณค่าโดยตั้งสมมุติฐานว่าค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะมีค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปี สำหรับการเปลี่ยนทุกสถานะ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการคำนวณ แต่อาจได้ผลแตกต่างไปสำหรับเวลาต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้คำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับโรคมะเร็งเพียงชนิดเดียวคือโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง ซึ่งมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับโรคร้ายแรงทั้งหมด จึงไม่สามารถใช้งานวิจัยนี้ในการอ้างอิงค่าสำหรับใช้กับโรคร้ายแรงอื่นโดยตรงได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องข้อมูลอัตราการอยู่รอดของผู้ป่วยมะเร็งในประเทศไทยที่มีน้อยและไม่ละเอียดพอ ทำให้ต้องใช้โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงที่มีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับใช้เป็นตัวอย่างการคำนวณ

5.3 ข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเป็นข้อมูลจากงานวิจัยทางการแพทย์ ไม่ใช่สถิติของประชากรทั้งหมดในประเทศไทย เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บรวบรวมและการรับรองข้อมูลสถิติขององค์กรภาครัฐ ประกอบกับข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่เก่า จึงอาจจะทำให้ผลการคำนวณเบี้ยประกันภัยสุทธิมีค่าต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป ถ้าหากว่าในอนาคตมีข้อมูลสถิติที่ใหม่กว่าและครอบคลุมประชากรจำนวนมากขึ้น ควรใช้ข้อมูลสถิติดังกล่าวมาคำนวณตามรูปแบบที่ได้สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าอัตราอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงและอัตราการอยู่รอดจากมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงในประชากรไทยและในประชากรที่ทำประกันภัยที่คปภ.ใช้คำนวณตารางมรณะมีค่าเท่ากัน ซึ่งในความเป็นจริงอาจจะมีค่าต่างกัน อย่างไรก็ตาม ไม่มีงานวิจัยหรือการศึกษาที่บ่งบอกความแตกต่างระหว่างประชากรทั้งสองกลุ่ม หากว่าในอนาคต มีงานวิจัยหรือสถิติจากบริษัทประกันภัยมาแสดงหรือหักล้างข้อมูล ก็จำเป็นที่จะต้องปรับตัวเลขค่าอัตราอุบัติการณ์และอัตราการอยู่รอดให้เหมาะสม

อัตราการอยู่รอดที่ 5 ปีของผู้ป่วยมะเร็งแต่ละระยะไม่ได้ระบุชัดเจนว่าผู้ป่วยเสียชีวิตจากสาเหตุมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงหรือสาเหตุอื่น ในงานวิจัยทางการประกันภัยบางฉบับ (Baione & Levantesi, 2014) ระบุถึงอัตราการเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นที่สูงกว่าประชากรปกติในผู้ป่วยโรคร้ายแรงซึ่งโรคมะเร็งจัดอยู่ในกลุ่มด้วย แต่เนื่องจากไม่มีงานวิจัยที่ระบุถึงอัตราส่วนการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นสำหรับผู้ป่วยมะเร็งในแต่ละระยะในประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงตั้งสมมุติฐานว่าค่าพลังความรุนแรงในการเสียชีวิตจากสาเหตุอื่นในผู้เอาประกันภัยสถานะปกติและสถานะผู้ป่วยมะเร็งมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงทุกระยะมีค่าเท่ากันหมด

อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณ งานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราดอกเบี้ยคงที่ที่ร้อยละ 4 ตลอดอายุกรมธรรม์ อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์จริง อัตราดอกเบี้ยจะไม่คงที่ตามข้อกำหนดและกฎหมายในประเทศและต่างประเทศที่แตกต่างกันออกไป เมื่อนำข้อกำหนดดังกล่าวมาใช้ จะต้องทำการคำนวณเบี้ยประกันภัยให้สอดคล้องกับอัตราดอกเบี้ยไม่คงที่ด้วย

เมื่อใช้รูปแบบการเปลี่ยนสถานะกับโรคมะเร็งชนิดอื่นหรือโรคร้ายแรงอื่นที่มีอัตราการอยู่รอดหรืออัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยในแต่ละระยะของโรคไม่คงที่ทุกปีหรือแตกต่างกันตามปัจจัยอื่นเช่น เพศ อายุ เชื้อชาติ สถานะการเงิน เป็นต้น ควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ด้วยในการสร้างตัวแบบและการคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิ โดยปัจจัยเหล่านี้จะมี Odd Ratio, Relative Risk, หรือ Hazard Ratio ระหว่างปัจจัยแต่ละปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอยู่รอดแตกต่างกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองยุทธศาสตร์และแผนงาน. (2558). สถิติสาธารณสุข: สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.

คณะกรรมการจัดทำแผนการป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งแห่งชาติ. (2556). แผนป้องกันและควบคุมมะเร็งแห่งชาติ: กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย.

นุสรา (อัสสกุล) บัญญัติปิยพจน์. (2559). สมาคมประกันชีวิตไทย เผยธุรกิจประกันชีวิตปี 59 โตร้อยละ 5.7 คาดปี 60 โตต่อเนื่องร้อยละ 6. Retrieved from http://www.tlaa.org/2012/enews_acti_de.php?activities_id=6&activities_detail_id=247#.WU_QwulLdPY

สาโรจน์ เกษมสุขโชติกุล, อักษราภัค อับดุลเล๊าะ, & กนต์ธร ชัยนิวัฒนา. (2557). โอกาสของการประกันสุขภาพในประเทศไทย. *วารสารประกันภัย, 125*, 21-26.

สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2558). รายงานการสร้างหลักประกันสุขภาพแห่งชาติประจำปี: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.

สำนักบริหารการจัดสรรและชดเชยค่าบริการ. (2556). คู่มือแนวทางการขอรับค่าใช้จ่ายเพื่อบริการสาธารณสุข กรณีการรักษาโรคมะเร็งตามโปรโตคอล: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.

ภาษาอังกฤษ

American Joint Committee on Cancer. (2012). Colon and Rectum. In C. C. Compton, D. R. Byrd, J. Garcia-Aguilar, S. H. Kurtzman, A. Olawaiye, & M. K. Washington (Eds.), *Cancer Staging Atlas - A Companion to the Seventh Editions of the AJCC Cancer Staging Manual and Handbook* (pp. 185-201): Springer. (Reprinted from: Second).

Andersen, P. K., & Keiding, N. (2002). Multi-state models for event history analysis. *Statistical Methods in Medical Research, 11*, 91-115.

Ascher, U. M., & Greif, C. (2011). *A First Course in Numerical Methods*. Philadelphia, United States: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Baione, F., & Levantesi, S. (2014). A health insurance pricing model based on prevalence rates : Application to critical illness insurance. *Insurance: Mathematics and Economics, 58*, 174-184.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Brink, A. (2010). *Practical Example of a Split Benefit Accelerated Critical Illness Insurance Product*.

Fu, J., Yang, J., Tan, Y., Jiang, M., Wen, F., Huang, Y., Chen, H., Yi, C., Zheng, S., & Yuan, Y. (2014). Young Patients (not more than 35 years old) With Colorectal Cancer Have Worse Outcomes Due to More Advanced Disease - A 30-Year Retrospective Review. *Medicine, 93*(23), 1-7.

Gill, S., Berry, S., Biagi, J., Butts, C., Buyse, M., Chen, E., Jonker, D., Mărginean, C., Samson, B., Stewart, J., Thirlwell, M., Wong, R., & Maroun, J. A. (2011). Progression-free survival as a primary endpoint in clinical trials of metastatic colorectal cancer. *Current Oncology, 18*(Supplement 2), 55-60.

Haberman, S., & Pitacco, E. (1998). *Actuarial Models for Disability Insurance* (First ed.): Chapman and Hall/CRC.

Hassan, M. R. A., Suan, M. A. M., Soelar, S. A., Mohammed, N. S., Ismail, I., & Ahmad, F. (2016). Survival Analysis and Prognostic Factors for Colorectal Cancer Patients in Malaysia. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 17*(7), 3575-3581. doi:10.14456/apjcp.2016.136/APJCP.2016.17.7.3575

Hougaard, P. (1999). Multi-state Models: A Review. *Lifetime Data Analysis*(5), 239-264.

Hürlimann, W. (2011). Surrender in Single and Double Decrement Markov Chain Life Insurance Models. *International Mathematical Forum, 6*(48), 2387-2401.

Jones, B. L. (1993). Modelling Multi-State Processes using a Markov Assumption. *ACTUARIAL RESEARCH CLEARING HOUSE, 1*, 239-248.

Laohavinij, S., Maneechavakajorn, J., & Techatanol, P. (2010). Prognostic Factors for Survival in Colorectal Cancer Patients. *J Med Assoc Thai, 93*(10), 1156-1166.

Marais, C. A. (2010). *Markov Processes in Disease Modelling - Estimation and Implementation.* (Magister Scientiae), University of Pretoria,

Mayer, R. J. (2015). 110: Lower Gastrointestinal Cancers. In *Harrison's Principles of Internal Medicine* (19 ed., Vol. 1): McGraw-Hill Education.

Newton L. Bowers, J., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). *Actuarial Mathematics*: The Society Of Actuaries.

Pitacco, E. (1995). Actuarial models for pricing disability benefits: Towards a unifying approach. *Insurance: Mathematics and Economics, 16*, 39-62.

Poole, D. (2015). *Linear Algebra : A Modern Introduction* (Fourth ed.). Stamford, Connecticut, United State: Cengage Learning.

Schoen, R. (1975). Constructing Increment-Decrement Life Tables. *Demography, 12*(2), 313-323.

Schoen, R. (1988). Practical Uses of Multistate Population Models. *Annu. Rev. Sociol*, 341-361.

Steele, S. R., Park, G. E., Johnson, E. K., Martin, M. J., Stojadinovic, A., Maykel, J. A., & Causey, M. W. (2014). The Impact of Age on Colorectal Cancer Incidence, Treatment, and Outcomes in an Equal-Access Health Care System. *Diseases of the Colon & Rectum, 57*(3), 303-310. doi:10.1097/DCR.0b013e3182a586e7

Techawathanawanna, S., Nimmannit, A., & Akewanlop, C. (2012). Clinical Characteristics and Disease Outcome of UICC Stages I-III Colorectal Cancer Patients at Siriraj Hospital. *J Med Assoc Thai, 95*(Supllement 2), 5189-5198.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก อัตราอุบัติการณ์การวินิจฉัยพบมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงของกลุ่มประชากรแบ่งช่วงกลุ่มละ 5 ปี ของประชากรไทย 100,000 คนต่อปี ปีพ.ศ. 2553-2555 จากสถาบันวิจัยมะเร็งแห่งประเทศไทย

ช่วงอายุ (ปี)	อัตราอุบัติการณ์ (ชาย 100,000 คน)	อัตราอุบัติการณ์ (หญิง 100,000 คน)
0-4	0.1	0.1
5-9	0	0
10-14	0.1	0
15-19	0.3	0.4
20-24	0.5	0.7
25-29	1.8	2.1
30-34	3.9	2.3
35-39	7.4	4.3
40-44	9.2	8.2
45-49	13.8	13.2
50-54	28.2	22
55-59	44	31.6
60-64	58.7	49.3
65-69	74.2	58.5
70-74	112.4	78.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข ค่าดิเทอร์มิแนนท์ของเมทริกซ์ $A(b_j)$ และ A

j	ชาย	หญิง
0	0	0
1	17,694,830,566,406,200	-5,009,945,800,781,250
2	15,220,259,765,625,000	63,039,574,218,750,000
3	-35,576,078,613,281,200	-75,149,187,011,718,700
4	127,084,054,687,500,000	194,557,382,812,500,000
5	237,561,035,156,250	-230,082,643,066,406,000
6	215,964,029,296,875,000	209,775,697,265,625,000
7	-262,096,604,003,906,000	164,976,092,285,156,000
8	101,425,939,453,125,000	-52,684,037,109,375,000
9	1,060,386,994,628,900,000	518,757,757,324,218,000
10	-128,994,398,437,500,000	-388,354,933,593,750,000
11	57,587,673,339,843,700	1,378,660,305,175,780,000
12	-574,353,996,093,750,000	-1,643,303,214,843,750,000
13	2,583,826,639,160,150,000	1,539,570,317,871,090,000
14	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

det A = 35,833,159,179,687,500

ภาคผนวก ค ตารางมรณะไทยปีพ.ศ. 2560 ที่ใช้สำหรับคำนวณทางคณิตศาสตร์ประกันภัยซึ่งแสดงความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยอายุ X จะเสียชีวิตในช่วงเวลา 1 ปีและผลการคำนวณแปลงค่าเป็นค่าพลังความรุนแรงในการเปลี่ยนสถานะจากปกติไปสู่เสียชีวิตแบบค่าคงที่ในช่วงเวลา 1 ปี

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$
0	1.320800	0.001322	1.058500	0.001059
1	0.270500	0.000271	0.233300	0.000233
2	0.261300	0.000261	0.228000	0.000228
3	0.252100	0.000252	0.222700	0.000223
4	0.243000	0.000243	0.217500	0.000218
5	0.233800	0.000234	0.212200	0.000212
6	0.224600	0.000225	0.206900	0.000207
7	0.215400	0.000215	0.201600	0.000202
8	0.214900	0.000215	0.204600	0.000205
9	0.182000	0.000182	0.212800	0.000213
10	0.207700	0.000208	0.223200	0.000223
11	0.277700	0.000278	0.235600	0.000236
12	0.379100	0.000379	0.249600	0.000250
13	0.500500	0.000501	0.265100	0.000265
14	0.632200	0.000632	0.281500	0.000282
15	0.765700	0.000766	0.298300	0.000298
16	0.894200	0.000895	0.315200	0.000315
17	1.012400	0.001013	0.331700	0.000332
18	1.116500	0.001117	0.347700	0.000348
19	1.204000	0.001205	0.362900	0.000363
20	1.274300	0.001275	0.377400	0.000377
21	1.328000	0.001329	0.391100	0.000391
22	1.367300	0.001368	0.404100	0.000404
23	1.396000	0.001397	0.416300	0.000416
24	1.419600	0.001421	0.428000	0.000428

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$
25	1.436800	0.001438	0.439200	0.000439
26	1.451400	0.001452	0.450200	0.000450
27	1.467400	0.001468	0.461200	0.000461
28	1.488600	0.001490	0.472800	0.000473
29	1.518300	0.001519	0.485400	0.000486
30	1.558600	0.001560	0.499800	0.000500
31	1.610700	0.001612	0.516600	0.000517
32	1.674700	0.001676	0.536800	0.000537
33	1.750100	0.001752	0.561100	0.000561
34	1.835800	0.001837	0.590400	0.000591
35	1.930700	0.001933	0.625500	0.000626
36	2.033800	0.002036	0.666800	0.000667
37	2.145100	0.002147	0.715000	0.000715
38	2.264900	0.002267	0.770100	0.000770
39	2.394200	0.002397	0.832600	0.000833
40	2.534800	0.002538	0.902400	0.000903
41	2.688800	0.002692	0.979800	0.000980
42	2.858500	0.002863	1.064800	0.001065
43	3.046200	0.003051	1.157400	0.001158
44	3.254300	0.003260	1.257600	0.001258
45	3.484600	0.003491	1.365500	0.001366
46	3.738600	0.003746	1.481600	0.001483
47	4.017400	0.004025	1.606900	0.001608
48	4.321500	0.004331	1.743000	0.001745
49	4.651400	0.004662	1.892700	0.001894

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$
50	5.007500	0.005020	2.059400	0.002062
51	5.390900	0.005405	2.247300	0.002250
52	5.803800	0.005821	2.460800	0.002464
53	6.250500	0.006270	2.704400	0.002708
54	6.737500	0.006760	2.982500	0.002987
55	7.273900	0.007300	3.298800	0.003304
56	7.871300	0.007902	3.656800	0.003664
57	8.542600	0.008579	4.060300	0.004069
58	9.301500	0.009345	4.513600	0.004524
59	10.162100	0.010214	5.022800	0.005035
60	11.138100	0.011201	5.596400	0.005612
61	12.243400	0.012319	6.246300	0.006266
62	13.492700	0.013585	6.988800	0.007013
63	14.902000	0.015014	7.845000	0.007876
64	16.490200	0.016628	8.841500	0.008881
65	18.279800	0.018449	10.009800	0.010060
66	20.298400	0.020507	11.386400	0.011452
67	22.579700	0.022839	13.010700	0.013096
68	25.163100	0.025485	14.923900	0.015036
69	28.091500	0.028494	17.166000	0.017315
70	31.408900	0.031913	19.773000	0.019971
71	35.155700	0.035789	22.774000	0.023037
72	39.365000	0.040161	26.188800	0.026538
73	44.058500	0.045059	30.026700	0.030487
74	49.245100	0.050499	34.287800	0.034889

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค (ต่อ)

อายุ (x)	ชาย		หญิง	
	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$	$1000q_x$	$\mu_{TMO}(x)$
75	54.920100	0.056486	38.965100	0.039745
76	61.068000	0.063012	44.049900	0.045050
77	67.665500	0.070064	49.536400	0.050805
78	74.685700	0.077622	55.427100	0.057022
79	82.101400	0.085668	61.736000	0.063724
80	89.889300	0.094189	68.489400	0.070948
81	98.034500	0.103179	75.726500	0.078747
82	106.536900	0.112650	83.497400	0.087190
83	115.417500	0.122639	91.861900	0.096359
84	124.721100	0.133213	100.887200	0.106347
85	134.514200	0.144464	110.646400	0.117260
86	144.879100	0.156512	121.216500	0.129217
87	155.907600	0.169493	132.676000	0.142343
88	170.367500	0.186772	146.847100	0.158816
89	186.168500	0.206002	162.531800	0.177372
90	203.43500	0.227447	179.891800	0.198319
91	222.30300	0.251418	199.106100	0.222027
92	242.920800	0.278287	220.372600	0.248939
93	265.450900	0.308498	243.910600	0.279596
94	287.772200	0.339357	267.892800	0.311828
95	311.543800	0.373304	293.739500	0.347771
96	336.778100	0.410646	321.486700	0.387851
97	363.469800	0.451723	351.144100	0.432545
98	391.592700	0.496911	382.689200	0.482383
99	1000	-	1000	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-1 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 30 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998415	0.000003	0.000007	0.000011	0.000007
2	0.996775	0.000006	0.000014	0.000021	0.000011
3	0.995070	0.000010	0.000022	0.000032	0.000015
4	0.993286	0.000014	0.000030	0.000044	0.000018

ภาคผนวก ง-2 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 31 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998358	0.000003	0.000008	0.000012	0.000008
2	0.996650	0.000007	0.000016	0.000025	0.000013
3	0.994863	0.000011	0.000025	0.000038	0.000017
4	0.992988	0.000016	0.000035	0.000051	0.000020

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-3 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 32 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998289	0.000004	0.000009	0.000014	0.000009
2	0.996499	0.000008	0.000019	0.000029	0.000015
3	0.994621	0.000013	0.000029	0.000044	0.000020
4	0.992645	0.000019	0.000041	0.000059	0.000023

ภาคผนวก ง-4 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 33 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998207	0.000004	0.000010	0.000017	0.000011
2	0.996326	0.000009	0.000022	0.000034	0.000018
3	0.994347	0.000015	0.000034	0.000050	0.000022
4	0.992263	0.000021	0.000046	0.000067	0.000026

ภาคผนวก ง-5 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 34 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998115	0.000005	0.000012	0.000019	0.000013
2	0.996132	0.000011	0.000025	0.000038	0.000020
3	0.994045	0.000017	0.000038	0.000057	0.000025
4	0.991847	0.000023	0.000051	0.000074	0.000029

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-6 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 35 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998014	0.000006	0.000014	0.000022	0.000014
2	0.995923	0.000012	0.000028	0.000043	0.000022
3	0.993720	0.000019	0.000042	0.000062	0.000027
4	0.991400	0.000026	0.000056	0.000080	0.000031

ภาคผนวก ง-7 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 36 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997905	0.000006	0.000015	0.000024	0.000016
2	0.995698	0.000013	0.000030	0.000047	0.000024
3	0.993373	0.000020	0.000045	0.000067	0.000029
4	0.990923	0.000027	0.000059	0.000086	0.000032

ภาคผนวก ง-8 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 37 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997789	0.000007	0.000016	0.000026	0.000017
2	0.995459	0.000014	0.000032	0.000050	0.000026
3	0.993003	0.000021	0.000048	0.000071	0.000031
4	0.990411	0.000029	0.000062	0.000090	0.000033

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-9 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 38 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997665	0.000007	0.000017	0.000028	0.000018
2	0.995204	0.000015	0.000034	0.000052	0.000027
3	0.992606	0.000022	0.000050	0.000074	0.000032
4	0.989860	0.000030	0.000065	0.000093	0.000035

ภาคผนวก ง-10 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 39 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997533	0.000008	0.000018	0.000029	0.000019
2	0.994929	0.000015	0.000035	0.000054	0.000028
3	0.992176	0.000023	0.000051	0.000077	0.000033
4	0.989260	0.000031	0.000067	0.000097	0.000036

ภาคผนวก ง-11 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 40 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997390	0.000008	0.000018	0.000030	0.000019
2	0.994630	0.000016	0.000036	0.000056	0.000029
3	0.991706	0.000024	0.000053	0.000079	0.000034
4	0.988601	0.000032	0.000070	0.000101	0.000037

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-12 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 41 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997233	0.000008	0.000019	0.000031	0.000020
2	0.994302	0.000016	0.000038	0.000058	0.000030
3	0.991188	0.000025	0.000055	0.000083	0.000036
4	0.987873	0.000034	0.000073	0.000106	0.000040

ภาคผนวก ง-13 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 42 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997060	0.000008	0.000020	0.000032	0.000021
2	0.993939	0.000017	0.000039	0.000061	0.000031
3	0.990614	0.000026	0.000058	0.000087	0.000038
4	0.987064	0.000036	0.000078	0.000113	0.000043

ภาคผนวก ง-14 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 43 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996869	0.000009	0.000021	0.000034	0.000022
2	0.993534	0.000018	0.000041	0.000064	0.000033
3	0.989974	0.000028	0.000063	0.000093	0.000041
4	0.986162	0.000039	0.000085	0.000123	0.000047

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-15 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 44 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996655	0.000009	0.000022	0.000036	0.000023
2	0.993083	0.000019	0.000045	0.000069	0.000036
3	0.989259	0.000031	0.000069	0.000103	0.000045
4	0.985158	0.000043	0.000095	0.000137	0.000054

ภาคผนวก ง-16 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 45 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996416	0.000010	0.000024	0.000039	0.000026
2	0.992580	0.000022	0.000050	0.000077	0.000040
3	0.988465	0.000034	0.000077	0.000116	0.000052
4	0.984045	0.000049	0.000108	0.000157	0.000062

ภาคผนวก ง-17 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 46 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996150	0.000012	0.000027	0.000044	0.000029
2	0.992020	0.000025	0.000057	0.000088	0.000046
3	0.987584	0.000040	0.000089	0.000133	0.000060
4	0.982819	0.000057	0.000124	0.000181	0.000072

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-18 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 47 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.995854	0.000013	0.000031	0.000051	0.000033
2	0.991402	0.000028	0.000066	0.000102	0.000054
3	0.986617	0.000046	0.000103	0.000155	0.000069
4	0.981478	0.000066	0.000144	0.000210	0.000083

ภาคผนวก ง-19 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 48 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.995529	0.000015	0.000037	0.000059	0.000039
2	0.990725	0.000033	0.000076	0.000119	0.000063
3	0.985564	0.000053	0.000120	0.000179	0.000080
4	0.980025	0.000076	0.000166	0.000241	0.000095

ภาคผนวก ง-20 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 49 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.995174	0.000018	0.000043	0.000069	0.000045
2	0.989991	0.000038	0.000089	0.000137	0.000072
3	0.984427	0.000061	0.000138	0.000206	0.000092
4	0.978460	0.000087	0.000189	0.000275	0.000108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-21 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 50 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.994791	0.000021	0.000049	0.000079	0.000052
2	0.989200	0.000044	0.000101	0.000157	0.000083
3	0.983205	0.000070	0.000156	0.000234	0.000104
4	0.976779	0.000098	0.000213	0.000309	0.000120

ภาคผนวก ง-22 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 51 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.994380	0.000024	0.000056	0.000090	0.000059
2	0.988353	0.000050	0.000115	0.000178	0.000093
3	0.981894	0.000078	0.000175	0.000262	0.000115
4	0.974972	0.000109	0.000237	0.000343	0.000132

ภาคผนวก ง-23 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 52 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.993939	0.000027	0.000063	0.000101	0.000066
2	0.987443	0.000055	0.000128	0.000198	0.000103
3	0.980483	0.000086	0.000194	0.000289	0.000127
4	0.973019	0.000119	0.000261	0.000377	0.000144

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-24 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 53 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.993465	0.000029	0.000070	0.000112	0.000073
2	0.986462	0.000061	0.000140	0.000218	0.000114
3	0.978952	0.000095	0.000212	0.000317	0.000138
4	0.970888	0.000130	0.000284	0.000410	0.000156

ภาคผนวก ง-25 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 54 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.992951	0.000032	0.000076	0.000123	0.000080
2	0.985392	0.000066	0.000153	0.000237	0.000124
3	0.977275	0.000103	0.000230	0.000344	0.000150
4	0.968543	0.000141	0.000307	0.000443	0.000168

ภาคผนวก ง-26 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 55 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.992387	0.000035	0.000083	0.000134	0.000087
2	0.984213	0.000072	0.000166	0.000257	0.000134
3	0.975419	0.000111	0.000248	0.000370	0.000161
4	0.965937	0.000151	0.000330	0.000476	0.000180

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-27 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 56 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.991763	0.000038	0.000090	0.000144	0.000094
2	0.982901	0.000077	0.000178	0.000276	0.000144
3	0.973347	0.000119	0.000266	0.000397	0.000173
4	0.963022	0.000162	0.000353	0.000509	0.000191

ภาคผนวก ง-28 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 57 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.991065	0.000041	0.000096	0.000155	0.000101
2	0.981431	0.000083	0.000191	0.000296	0.000154
3	0.971020	0.000127	0.000284	0.000424	0.000184
4	0.959747	0.000172	0.000375	0.000540	0.000202

ภาคผนวก ง-29 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 58 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.990279	0.000043	0.000103	0.000165	0.000108
2	0.979774	0.000088	0.000203	0.000315	0.000164
3	0.968400	0.000135	0.000301	0.000449	0.000194
4	0.956066	0.000182	0.000396	0.000570	0.000213

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-30 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 59 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.989392	0.000046	0.000109	0.000176	0.000115
2	0.977906	0.000093	0.000215	0.000333	0.000173
3	0.965451	0.000142	0.000317	0.000473	0.000204
4	0.951928	0.000191	0.000416	0.000598	0.000222

ภาคผนวก ง-31 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 60 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.988391	0.000049	0.000115	0.000186	0.000121
2	0.975802	0.000098	0.000226	0.000350	0.000182
3	0.962134	0.000149	0.000332	0.000495	0.000213
4	0.947283	0.000200	0.000434	0.000623	0.000231

ภาคผนวก ง-32 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 61 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.987263	0.000051	0.000121	0.000195	0.000127
2	0.973434	0.000103	0.000236	0.000366	0.000189
3	0.958408	0.000155	0.000346	0.000516	0.000221
4	0.942072	0.000207	0.000451	0.000648	0.000239

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-33 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 62 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.985993	0.000053	0.000126	0.000203	0.000132
2	0.970773	0.000107	0.000246	0.000380	0.000197
3	0.954226	0.000161	0.000359	0.000535	0.000230
4	0.936229	0.000215	0.000469	0.000673	0.000249

ภาคผนวก ง-34 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 63 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.984564	0.000055	0.000131	0.000211	0.000137
2	0.967782	0.000111	0.000255	0.000395	0.000204
3	0.949529	0.000167	0.000374	0.000557	0.000239
4	0.929671	0.000223	0.000489	0.000703	0.000261

ภาคผนวก ง-35 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 64 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.982955	0.000057	0.000136	0.000219	0.000143
2	0.964416	0.000115	0.000266	0.000411	0.000213
3	0.944247	0.000174	0.000391	0.000583	0.000251
4	0.922304	0.000234	0.000515	0.000741	0.000276

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-36 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 65 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.981139	0.000060	0.000142	0.000229	0.000150
2	0.960621	0.000121	0.000280	0.000433	0.000224
3	0.938298	0.000183	0.000414	0.000617	0.000266
4	0.914018	0.000247	0.000547	0.000788	0.000295

ภาคผนวก ง-37 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 66 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.979087	0.000063	0.000151	0.000243	0.000158
2	0.956335	0.000128	0.000297	0.000460	0.000239
3	0.931589	0.000195	0.000443	0.000660	0.000286
4	0.904696	0.000264	0.000587	0.000846	0.000318

ภาคผนวก ง-38 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 67 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.976762	0.000068	0.000161	0.000260	0.000169
2	0.951487	0.000138	0.000320	0.000496	0.000258
3	0.924020	0.000210	0.000477	0.000712	0.000309
4	0.894218	0.000283	0.000634	0.000913	0.000343

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-39 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 68 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.974124	0.000073	0.000175	0.000281	0.000184
2	0.946004	0.000149	0.000347	0.000537	0.000279
3	0.915492	0.000226	0.000517	0.000772	0.000335
4	0.882469	0.000304	0.000685	0.000987	0.000370

ภาคผนวก ง-40 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 69 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.971133	0.000080	0.000190	0.000306	0.000200
2	0.939811	0.000161	0.000377	0.000584	0.000303
3	0.905910	0.000244	0.000560	0.000836	0.000362
4	0.869354	0.000325	0.000739	0.001064	0.000397

ภาคผนวก ง-41 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยชายที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 70 ปีจะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.967747	0.000087	0.000207	0.000333	0.000217
2	0.932839	0.000174	0.000409	0.000633	0.000329
3	0.895196	0.000262	0.000605	0.000902	0.000389
4	0.854807	0.000347	0.000793	0.001141	0.000424

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง-42 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 30 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999481	0.000002	0.000005	0.000008	0.000005
2	0.998945	0.000004	0.000009	0.000014	0.000007
3	0.998388	0.000006	0.000013	0.000020	0.000009
4	0.997805	0.000008	0.000018	0.000026	0.000010

ภาคผนวก ง-43 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 31 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999464	0.000002	0.000005	0.000008	0.000005
2	0.998907	0.000004	0.000009	0.000015	0.000008
3	0.998324	0.000006	0.000014	0.000021	0.000009
4	0.997708	0.000009	0.000020	0.000028	0.000011

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-44 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 32 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999443	0.000002	0.000005	0.000008	0.000005
2	0.998859	0.000004	0.000010	0.000016	0.000008
3	0.998244	0.000007	0.000016	0.000024	0.000010
4	0.997590	0.000010	0.000022	0.000032	0.000012

ภาคผนวก ง-45 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 33 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999416	0.000002	0.000006	0.000009	0.000006
2	0.998800	0.000005	0.000011	0.000018	0.000009
3	0.998146	0.000008	0.000018	0.000027	0.000012
4	0.997446	0.000011	0.000025	0.000036	0.000014

ภาคผนวก ง-46 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 34 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999384	0.000003	0.000006	0.000010	0.000007
2	0.998729	0.000006	0.000013	0.000020	0.000011
3	0.998029	0.000009	0.000021	0.000031	0.000014
4	0.997275	0.000013	0.000029	0.000042	0.000017

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-47 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 35 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999345	0.000003	0.000007	0.000012	0.000008
2	0.998644	0.000007	0.000015	0.000024	0.000012
3	0.997890	0.000011	0.000024	0.000036	0.000016
4	0.997075	0.000015	0.000033	0.000049	0.000019

ภาคผนวก ง-48 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 36 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999299	0.000004	0.000008	0.000014	0.000009
2	0.998544	0.000008	0.000018	0.000027	0.000014
3	0.997729	0.000012	0.000028	0.000042	0.000019
4	0.996845	0.000018	0.000039	0.000056	0.000022

ภาคผนวก ง-49 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 37 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999245	0.000004	0.000010	0.000016	0.000010
2	0.998429	0.000009	0.000020	0.000032	0.000017
3	0.997544	0.000014	0.000032	0.000048	0.000021
4	0.996584	0.000020	0.000044	0.000064	0.000025

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-50 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 38 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999183	0.000005	0.000011	0.000018	0.000012
2	0.998298	0.000010	0.000024	0.000037	0.000019
3	0.997337	0.000016	0.000037	0.000055	0.000024
4	0.996293	0.000023	0.000050	0.000073	0.000029

ภาคผนวก ง-51 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 39 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999114	0.000005	0.000013	0.000021	0.000014
2	0.998152	0.000012	0.000027	0.000042	0.000022
3	0.997107	0.000018	0.000041	0.000062	0.000027
4	0.995971	0.000026	0.000056	0.000082	0.000032

ภาคผนวก ง-52 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 40 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.999037	0.000006	0.000015	0.000024	0.000016
2	0.997991	0.000013	0.000030	0.000047	0.000025
3	0.996854	0.000021	0.000046	0.000069	0.000030
4	0.995619	0.000029	0.000063	0.000091	0.000035

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-53 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 41 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998953	0.000007	0.000016	0.000027	0.000017
2	0.997815	0.000015	0.000033	0.000052	0.000027
3	0.996579	0.000023	0.000051	0.000076	0.000033
4	0.995237	0.000032	0.000069	0.000100	0.000038

ภาคผนวก ง-54 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 42 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998861	0.000008	0.000018	0.000029	0.000019
2	0.997623	0.000016	0.000037	0.000057	0.000030
3	0.996280	0.000025	0.000056	0.000083	0.000037
4	0.994822	0.000035	0.000076	0.000109	0.000042

ภาคผนวก ง-55 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 43 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998761	0.000008	0.000020	0.000032	0.000021
2	0.997416	0.000017	0.000040	0.000062	0.000033
3	0.995957	0.000027	0.000061	0.000091	0.000040
4	0.994373	0.000038	0.000083	0.000120	0.000046

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-56 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 44 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998653	0.000009	0.000022	0.000035	0.000023
2	0.997192	0.000019	0.000044	0.000068	0.000036
3	0.995607	0.000030	0.000067	0.000101	0.000044
4	0.993886	0.000042	0.000092	0.000133	0.000051

ภาคผนวก ง-57 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 45 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998537	0.000010	0.000024	0.000039	0.000025
2	0.996949	0.000021	0.000049	0.000075	0.000039
3	0.995227	0.000033	0.000075	0.000112	0.000049
4	0.993357	0.000047	0.000102	0.000148	0.000057

ภาคผนวก ง-58 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 46 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998410	0.000011	0.000027	0.000043	0.000028
2	0.996685	0.000023	0.000054	0.000084	0.000044
3	0.994813	0.000037	0.000083	0.000124	0.000055
4	0.992780	0.000052	0.000114	0.000165	0.000064

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-59 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 47 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998272	0.000012	0.000030	0.000048	0.000031
2	0.996397	0.000026	0.000060	0.000094	0.000049
3	0.994361	0.000041	0.000093	0.000139	0.000062
4	0.992146	0.000058	0.000127	0.000184	0.000071

ภาคผนวก ง-60 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 48 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.998122	0.000014	0.000033	0.000053	0.000035
2	0.996082	0.000029	0.000068	0.000105	0.000055
3	0.993864	0.000046	0.000103	0.000155	0.000068
4	0.991449	0.000064	0.000140	0.000203	0.000078

ภาคผนวก ง-61 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 49 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997956	0.000016	0.000037	0.000060	0.000039
2	0.995734	0.000033	0.000075	0.000116	0.000061
3	0.993314	0.000051	0.000114	0.000171	0.000075
4	0.990674	0.000070	0.000154	0.000222	0.000085

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-62 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 50 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997773	0.000017	0.000041	0.000066	0.000043
2	0.995349	0.000036	0.000083	0.000128	0.000067
3	0.992703	0.000056	0.000124	0.000186	0.000081
4	0.989810	0.000076	0.000166	0.000240	0.000091

ภาคผนวก ง-63 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 51 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997570	0.000019	0.000045	0.000072	0.000047
2	0.994919	0.000039	0.000090	0.000139	0.000072
3	0.992019	0.000060	0.000134	0.000200	0.000087
4	0.988838	0.000082	0.000179	0.000258	0.000098

ภาคผนวก ง-64 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 52 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997342	0.000020	0.000048	0.000078	0.000051
2	0.994435	0.000042	0.000096	0.000149	0.000077
3	0.991246	0.000064	0.000144	0.000214	0.000093
4	0.987738	0.000088	0.000191	0.000276	0.000104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-65 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 53 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.997085	0.000022	0.000051	0.000083	0.000054
2	0.993888	0.000044	0.000102	0.000159	0.000083
3	0.990370	0.000069	0.000153	0.000229	0.000100
4	0.986490	0.000094	0.000205	0.000297	0.000113

ภาคผนวก ง-66 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 54 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996793	0.000023	0.000055	0.000088	0.000058
2	0.993265	0.000048	0.000110	0.000170	0.000088
3	0.989374	0.000074	0.000165	0.000246	0.000108
4	0.985073	0.000102	0.000222	0.000321	0.000123

ภาคผนวก ง-67 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 55 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996461	0.000025	0.000059	0.000095	0.000062
2	0.992557	0.000051	0.000118	0.000183	0.000096
3	0.988242	0.000080	0.000179	0.000268	0.000117
4	0.983467	0.000111	0.000243	0.000351	0.000135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-68 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 56 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.996082	0.000027	0.000064	0.000103	0.000067
2	0.991752	0.000056	0.000129	0.000200	0.000105
3	0.986960	0.000088	0.000197	0.000294	0.000129
4	0.981657	0.000122	0.000267	0.000387	0.000149

ภาคผนวก ง-69 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 57 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.995653	0.000030	0.000070	0.000113	0.000074
2	0.990842	0.000062	0.000143	0.000221	0.000116
3	0.985518	0.000097	0.000217	0.000325	0.000143
4	0.979624	0.000135	0.000294	0.000425	0.000163

ภาคผนวก ง-70 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 58 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.995169	0.000033	0.000078	0.000125	0.000082
2	0.989821	0.000068	0.000158	0.000244	0.000128
3	0.983902	0.000107	0.000239	0.000357	0.000157
4	0.977350	0.000147	0.000321	0.000463	0.000177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-71 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 59 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.994626	0.000036	0.000086	0.000138	0.000090
2	0.988678	0.000075	0.000173	0.000268	0.000140
3	0.982095	0.000116	0.000260	0.000389	0.000170
4	0.974804	0.000159	0.000346	0.000499	0.000188

ภาคผนวก ง-72 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 60 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.994020	0.000040	0.000094	0.000151	0.000099
2	0.987401	0.000081	0.000187	0.000290	0.000151
3	0.980071	0.000125	0.000279	0.000416	0.000180
4	0.971939	0.000168	0.000367	0.000528	0.000197

ภาคผนวก ง-73 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 61 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.993341	0.000043	0.000101	0.000163	0.000106
2	0.985967	0.000087	0.000199	0.000309	0.000160
3	0.977786	0.000131	0.000294	0.000438	0.000189
4	0.968687	0.000176	0.000383	0.000551	0.000204

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-74 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 62 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.992576	0.000045	0.000107	0.000172	0.000112
2	0.984341	0.000091	0.000208	0.000323	0.000167
3	0.975180	0.000137	0.000305	0.000455	0.000195
4	0.964953	0.000183	0.000397	0.000570	0.000210

ภาคผนวก ง-75 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 63 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.991703	0.000047	0.000111	0.000178	0.000116
2	0.982474	0.000094	0.000215	0.000333	0.000172
3	0.972170	0.000141	0.000314	0.000468	0.000200
4	0.960621	0.000188	0.000409	0.000587	0.000216

ภาคผนวก ง-76 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 64 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.990694	0.000048	0.000114	0.000183	0.000120
2	0.980303	0.000096	0.000221	0.000343	0.000177
3	0.968657	0.000145	0.000324	0.000482	0.000206
4	0.955556	0.000194	0.000422	0.000606	0.000224

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-77 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 65 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.989512	0.000049	0.000117	0.000189	0.000123
2	0.977757	0.000099	0.000228	0.000353	0.000183
3	0.964532	0.000150	0.000334	0.000498	0.000214
4	0.949615	0.000201	0.000438	0.000629	0.000233

ภาคผนวก ง-78 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 66 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.988120	0.000051	0.000121	0.000195	0.000127
2	0.974755	0.000103	0.000236	0.000366	0.000190
3	0.959680	0.000156	0.000348	0.000519	0.000224
4	0.942654	0.000210	0.000458	0.000659	0.000245

ภาคผนวก ง-79 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 67 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.986475	0.000053	0.000126	0.000203	0.000132
2	0.971218	0.000108	0.000248	0.000383	0.000199
3	0.953988	0.000163	0.000366	0.000546	0.000235
4	0.934542	0.000220	0.000482	0.000693	0.000259

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง-80 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 68 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.984534	0.000056	0.000133	0.000214	0.000140
2	0.967068	0.000113	0.000262	0.000405	0.000210
3	0.947356	0.000172	0.000387	0.000577	0.000249
4	0.925166	0.000231	0.000509	0.000732	0.000273

ภาคผนวก ง-81 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 69 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.982259	0.000059	0.000141	0.000227	0.000148
2	0.962238	0.000120	0.000277	0.000429	0.000223
3	0.939700	0.000181	0.000410	0.000611	0.000263
4	0.914445	0.000243	0.000538	0.000773	0.000288

ภาคผนวก ง-82 ความน่าจะเป็นที่ผู้เอาประกันภัยหญิงที่เริ่มทำประกันที่สถานะปกติที่อายุ 70 ปี จะคงสถานะหรือเปลี่ยนสถานะเป็นผู้ป่วยมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรงระยะต่าง ๆ หลังเวลาผ่านไป 0-4 ปี

เวลา (ปี, t)	$p_{11}(x,x+t)$	$p_{12}^{(1)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(2)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(3)}(x,x+t)$	$p_{12}^{(4)}(x,x+t)$
0	1	0	0	0	0
1	0.979617	0.000063	0.000150	0.000241	0.000157
2	0.956672	0.000127	0.000294	0.000455	0.000236
3	0.930961	0.000191	0.000433	0.000646	0.000278
4	0.902333	0.000254	0.000567	0.000815	0.000302

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ-1 รหัสต้นฉบับโปรแกรม python 3.6 ที่ใช้ในการคำนวณการหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสมการกำลังสามที่ใช้ในการประมาณค่า

หมายเหตุ - โปรแกรมที่ใช้คือ Anaconda ซึ่งสามารถโหลดได้ฟรีจาก https://www.anaconda.com/download/ ซึ่งมีโปรแกรม python และโปรแกรมเสริมพร้อมใช้งานหลังจากติดตั้งโปรแกรมในเครื่อง

```
from sympy import *
from fractions import Fraction
A=Matrix([[20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20]])
AM=[0.1,0,0.1,0.3,0.5,1.8,3.9,7.4,9.2,13.8,28.2,44,58.7,74.2,112.4]
OPM=[0,12,6,0,66,48,84,-102,168,588,84,-66,48,1362,0]
AF=[0.1,0,0,0.4,0.7,2.1,2.3,4.3,8.2,13.2,22,31.6,49.3,58.5,78.2,64.7]
OPF=[0,6,24,-6,66,-72,108,114,66,228,48,486,-510,630,0]
PM=[]
PF=[]
for i in range(0,14):
    if i==0:
        PM.append(0)
        PF.append(0)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    else:
        PM.append((AM[i+1]-2*AM[i]+AM[i-1])/5*300)
        PF.append((AF[i+1]-2*AF[i]+AF[i-1])/5*300)

B=Matrix([12,6,0,66,48,84,-102,168,588,84,-66,48,1362])
C=Matrix([6,24,-6,66,-72,108,114,66,228,48,486,-510,630])
print('det A',A.det())
j=0
while j<13:
    X=Matrix([[20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5,0],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20,5],
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,5,20]])
    i=0
    while i<13:
        X[i,j]=C[i]
        i+=1
    print('det Ax',j+1,X.det())
    j+=1
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ-2 รหัสต้นฉบับโปรแกรม python 3.6 ที่ใช้ในการคำนวณหาเบี้ยประกันภัยสุทธิสำหรับสัญญาแนบท้ายการประกันภัยโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่และลำไส้ตรง

หมายเหตุ - รหัสต้นฉบับที่ใช้จะแสดงผลเป็นไฟล์ excel

```
from sympy import *
from fractions import Fraction
from math import exp,log
import xlsxwriter

MDet=[0,17694830566406250,15220259765625000,-35576078613281250,
   127084054687500000,237561035156250,215964029296875000,
   -262096604003906250,101425939453125000,1060386994628906250,
   -128994398437500000,57587673339843750,-574353996093750000,
   2583826639160156250,0]
FDet=[0,-5009945800781250,63039574218750000,-75149187011718750,
   194557382812500000,-230082643066406250,209775697265625000,
   164976092285156250,-52684037109375000,518757757324218750,
   -388354933593750000,137866030517578125,-164330321484375000,
   153957031787109375,0]
Det=35833159179687500
C=[0]*15
B=[0]*15
D=[0]*15
AM=[0.1,0,0.1,0.3,0.5,1.8,3.9,7.4,9.2,13.8,28.2,44,58.7,74.2,112.4]
PM=[0,12,6,0,66,48,84,-102,168,588,84,-66,48,1362,0]
AF=[0.1,0,0,0.4,0.7,2.1,2.3,4.3,8.2,13.2,22,31.6,49.3,58.5,78.2,64.7]
PF=[0,6,24,-6,66,-72,108,114,66,228,48,486,-510,630,0]
TMONM=[1.3208,0.2705,0.2613,0.2521,0.243,0.2338,0.2246,0.2154,0.2149,0.182,
      0.2077,0.2777,0.3791,0.5005,0.6322,0.7657,0.8942,1.0124,1.1165,1.204,
      1.2743,1.328,1.3673,1.396,1.4196,1.4368,1.4514,1.4674,1.4886,1.5183,
      1.5586,1.6107,1.6747,1.7501,1.8358,1.9307,2.0338,2.1451,2.2649,2.3942,
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        2.5348,2.6888,2.8585,3.0462,3.2543,3.4846,3.7386,4.0174,4.3215,4.6514,
        5.0075,5.3909,5.8038,6.2505,6.7375,7.2739,7.8713,8.5426,9.3015,10.1621,
        11.1381,12.2434,13.4927,14.902,16.4902,18.2798,20.2984,22.5797,25.1631,
        28.0915,31.4089,35.1557,39.365,44.0585,49.2451,54.9201,61.068,67.6655,
        74.6857,82.1014,89.8893,98.0345,106.5369,115.4175,124.7211,134.5142,
        144.8791,155.9076,170.3675,186.1685,203.435,222.303,242.9208,265.4509,
        287.7722,311.5438,336.7781,363.4698,391.5927,1000]
TMONF=[1.0585,0.2333,0.228,0.2227,0.2175,0.2122,0.2069,0.2016,0.2046,0.2128,
        0.2232,0.2356,0.2496,0.2651,0.2815,0.2983,0.3152,0.3317,0.3477,0.3629,
        0.3774,0.3911,0.4041,0.4163,0.428,0.4392,0.4502,0.4612,0.4728,0.4854,
        0.4998,0.5166,0.5368,0.5611,0.5904,0.6255,0.6668,0.715,0.7701,0.8326,
        0.9024,0.9798,1.0648,1.1574,1.2576,1.3655,1.4816,1.6069,1.743,1.8927,
        2.0594,2.2473,2.4608,2.7044,2.9825,3.2988,3.6568,4.0603,4.5136,5.0228,
        5.5964,6.2463,6.9888,7.845,8.8415,10.0098,11.3864,13.0107,14.9239,
        17.166,19.773,22.774,26.1888,30.0267,34.2878,38.9651,44.0499,49.5364,
        55.4271,61.736,68.4894,75.7265,83.4974,91.8619,100.8872,110.6464,
        121.2165,132.676,146.8471,162.5318,179.8918,199.1061,220.3726,243.9106,
        267.8928,293.7395,321.4867,351.1441,382.6892,1000]
SR=[0.93,0.683,0.442,0.021]
CR=[0.09,0.22,0.37,0.32]
'''
Intensity need for calculation
M12,M13,M23,M241,M242,M243,M244
M12k=CRk*M12
'''
M1T=[] #Total death intensity from Thailand's death table
M2S=[] #Total death intensity for cancer stage k
MND=[] #Normal death intensity MND=M12=M23
# Cancer death intensity for each stage
M241=[]
M242=[]
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
M243=[]
M244=[]

### Assigning Global value
# Standard Male

A=AM
P=PM
SDet=MDet
TMO=TMONM
print('Calculating Standard Male CRC Insurance')

# Standard Female ,Activiate this section by remove the '''
'''
A=AF
P=PF
SDet=FDet
TMO=TMONF
print('Calculating Standard Female CRC Insurance')
'''
### TMO survival Probability
PX=[]
for i in range(0,100):
    PX.append(1-TMO[i]/1000)

def Pxt(x,y):
    temp=1
    for i in range(0,y):
        temp*=PX[x+i]
    return temp
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
### Convert 5-year survival rate into intensity
### Remember - Stage k is list number k-1
i=0
while i<4:
    M2S.append(-log(SR[i])/5)
    i+=1
print('Survival rate converted to Intensity')
### Convert TMO yearly probability of death into intensity
i=0
while i<100:
    if i==99:M1T.append(999999999)
    else:M1T.append(-log(1-TMO[i]/1000))
    i+=1
print('TMO yearly death converted to intensity')
### Result and assigning result to the array C
i=0
while i<15:
    C[i]=Fraction(SDet[i],Det)/100
    #print(C[i])
    i+=1
print('Parameter C for cubic spline equation created')
### Solution Check
'''
j=0
while j<15:
    if j==0:S=0
    elif j==14:S=0
    elif j==1:S=20*C[j]+5*C[j+1]
    elif j==13:S=5*C[j-1]+20*C[j]
    else: S=5*C[j-1]+20*C[j]+5*C[j+1]
    print(S,S-P[j]/100)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    j+=1
'''
### Natural boundary condition set C[0],C[14]=0
C[0]=0
C[14]=0
#print('Natural Boundary Condition')
#print('k , C , D , B')
k=0
while k<15:
    if k==14:
        D[k]=0
        B[k]=0
    else:
        D[k]=(C[k+1]-C[k])/15
        X=Fraction((A[k+1]-A[k])/5)
        Y=Fraction(5/3*(2*C[k]+C[k+1]))
        B[k]=X-Y
    #print(k,C[k],D[k],B[k])
    k+=1
print('All parameter for cubic spline equation create')
### Not-a-knot condition set D[0]=D[1],D[13]=D[14]
'''
print('Not-a-knot Condition')
print('k , C , D , B')
C[0]=2*C[1]-C[2]
C[14]=2*C[13]-C[12]
k=0
while k<15:
    if k==14:
        D[k]=0
        B[k]=0
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    else:
        D[k]=(C[k+1]-C[k])/15
        X=Fraction((A[k+1]-A[k])/5)
        Y=Fraction(5/3*(2*C[k+1]+C[k]))
        B[k]=X-Y
    ###print(k,C[k],D[k],B[k])
    k+=1
'''
### Creating Interpolation Formula
def spline(x):
    i=0
    if x<7:i=0
    elif x>=7 and x<12:i=1
    elif x>=12 and x<17:i=2
    elif x>=17 and x<22:i=3
    elif x>=22 and x<27:i=4
    elif x>=27 and x<32:i=5
    elif x>=32 and x<37:i=6
    elif x>=37 and x<42:i=7
    elif x>=42 and x<47:i=8
    elif x>=47 and x<52:i=9
    elif x>=52 and x<57:i=10
    elif x>=57 and x<62:i=11
    elif x>=62 and x<67:i=12
    else: i=13
    return A[i]+B[i]*(x-2-i*5)+C[i]*(x-2-i*5)**2+D[i]*(x-2-i*5)**3

def dev1spline(x):
    i=0
    if x<7:i=0
    elif x>=7 and x<12:i=1
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    elif x>=12 and x<17:i=2
    elif x>=17 and x<22:i=3
    elif x>=22 and x<27:i=4
    elif x>=27 and x<32:i=5
    elif x>=32 and x<37:i=6
    elif x>=37 and x<42:i=7
    elif x>=42 and x<47:i=8
    elif x>=47 and x<52:i=9
    elif x>=52 and x<57:i=10
    elif x>=57 and x<62:i=11
    elif x>=62 and x<67:i=12
    else: i=13
    return B[i]+2*C[i]*(x-2-i*5)+3*D[i]*(x-2-i*5)**2

def dev2spline(x):
    i=0
    if x<7:i=0
    elif x>=7 and x<12:i=1
    elif x>=12 and x<17:i=2
    elif x>=17 and x<22:i=3
    elif x>=22 and x<27:i=4
    elif x>=27 and x<32:i=5
    elif x>=32 and x<37:i=6
    elif x>=37 and x<42:i=7
    elif x>=42 and x<47:i=8
    elif x>=47 and x<52:i=9
    elif x>=52 and x<57:i=10
    elif x>=57 and x<62:i=11
    elif x>=62 and x<67:i=12
    else: i=13
    return 2*C[i]+6*D[i]*(x-2-i*5)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
def zerotangentP(i):
    return 2+i*5+(-2*C[i]+(4*C[i]**2-12*D[i]*B[i])**0.5)/(6*D[i])

def zerotangentM(i):
    return 2+i*5+(-2*C[i]-(4*C[i]**2-12*D[i]*B[i])**0.5)/(6*D[i])

#Checking the area below zero
ZTP=[]
ZTXP=[]
for i in range(0,14):
    if type(zerotangentM(i)) is float:
        if zerotangentM(i)>=2+i*5 and zerotangentM(i)<7+i*5:
            ZTP.append(zerotangentM(i))
            ZTXP.append(i)
    if type(zerotangentP(i)) is float:
        if zerotangentP(i)>=2+i*5 and zerotangentP(i)<7+i*5:
            ZTP.append(zerotangentP(i))
            ZTXP.append(i)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
ZP=[]
#Using Newton-Raphson Method to save time
for i in range(0,len(ZTXP)):
    x=3+ZTXP[i]*5
    px=x
    er=1
    while er>10**(-30) or er==px:
        px=x
        x=x-spline(x)/dev1spline(x)
        er=px-x
    ZP.append(float(x))
```

```
print('Finding zero point in x-axis (For male version only)')

ZPI=[]
for i in range(0,len(ZP)):
    ZPI.append(int(ZP[i]))

### Finding Area to create yearly intensity value

def integ1(x,y):
    return A[y]*(x-2-y*5)+B[y]*(x-2-y*5)**2/2+C[y]*(x-2-y*5)**3/3+D[y]*(x-2-y*5)**4/4

def integ2(x,y):
    z=2+y*5
    return x*(A[y]-B[y]*z+C[y]*z**2-D[y]*z**3)+x**2/2*(B[y]-
2*C[y]*z+3*D[y]*z**2)+x**3/3*(C[y]-3*D[y]*z)+x**4/4*D[y]

def area1(x):
    i=0
    if x<7:i=0
    elif x>=7 and x<12:i=1
    elif x>=12 and x<17:i=2
    elif x>=17 and x<22:i=3
    elif x>=22 and x<27:i=4
    elif x>=27 and x<32:i=5
    elif x>=32 and x<37:i=6
    elif x>=37 and x<42:i=7
    elif x>=42 and x<47:i=8
    elif x>=47 and x<52:i=9
    elif x>=52 and x<57:i=10
    elif x>=57 and x<62:i=11
    elif x>=62 and x<67:i=12
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    else: i=13
    return integ1(x+1,i)-integ1(x,i)

def area2(y):
    i=0
    x=y+1
    if x<7:i=0
    elif x>=7 and x<12:i=1
    elif x>=12 and x<17:i=2
    elif x>=17 and x<22:i=3
    elif x>=22 and x<27:i=4
    elif x>=27 and x<32:i=5
    elif x>=32 and x<37:i=6
    elif x>=37 and x<42:i=7
    elif x>=42 and x<47:i=8
    elif x>=47 and x<52:i=9
    elif x>=52 and x<57:i=10
    elif x>=57 and x<62:i=11
    elif x>=62 and x<67:i=12
    else: i=13
    return integ2(x,i)-integ2(x-1,i)

### Assign intensity value to array list
#print('Normal to Cancer intensity')
M12=[]

#This one is for male only

for j in range(0,75):
    if j in ZPI:
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        M12.append((integ2(j+1,ZTXP[ZPI.index(j)])-
integ2(ZP[ZPI.index(j)],ZTXP[ZPI.index(j)]))/100000)
    else:
        M12.append(area2(j)/100000)
print('Male Normal to Cancer intensity')

#This one is for female only, Remove ‘’’ in this section and put it in male section
instead to use this section of code
'''
j=0
while j<75:
    if area1(j)<0:
        M12.append(0)
    else:
        M12.append(area2(j)/100000)
    #print(j,M12[j])
    j+=1
print('Female Normal to Cancer intensity')
'''
print('5 year incidence rate converted to yearly intensity')
### Preparing formula for normal death intensity approximation
def FX1(x,i):
    return x/(M12[i]+x)*(1-exp(-M12[i]-x))

def FD1X1(x,i):
    return M12[i]/(M12[i]+x)**2*(1-exp(-M12[i]-x))+x/(M12[i]+x)*exp(-M12[i]-x)

def GX1S(x,i,k):
    if M1T[i]<M2S[k]:M23k=M2S[k]
    else:M23k=M1T[i]
```

```
    return CR[k]*M12[i]*M23k/(-M12[i]-x+M23k)*(1/(M12[i]+x)*(1-exp(-M12[i]-x))-
1/M23k*(1-exp(-M23k)))

def GD1X1S(x,i,k):
    if M1T[i]<M2S[k]:M23k=M2S[k]
    else:M23k=M1T[i]
    return CR[k]*M12[i]*M23k/(-M12[i]-x+M2S[k])**2*(1/(M12[i]+x)*(1-exp(-M12[i]-x))-
1/M23k*(1-exp(-M23k)))+CR[k]*M12[i]*M23k/(-M12[i]-x+M23k)*(-1/(M12[i]+x)**2*(1-exp(-
M12[i]-x))+(1/(M12[i]+x)*exp(-M12[i]-x)))

def QX1(x,i):
    return FX1(x,i)+GX1S(x,i,0)+GX1S(x,i,1)+GX1S(x,i,2)+GX1S(x,i,3)-TMO[i]/1000

def QD1X1(x,i):
    return FD1X1(x,i)+GD1X1S(x,i,0)+GD1X1S(x,i,1)+GD1X1S(x,i,2)+GD1X1S(x,i,3)

### Crude Solver Method
def CSolver(i):
    a=1
    x=M1T[i]
    nx=x
    if M12[i]==0:return nx
    else:
        while a>10**(-20):
            j=0
            while QX1(nx,i)*QX1(nx-j*a,i)>0:
                j+=1
            nx-=(j-1)*a
            a/=10
    return nx-a
### Newton-Raphson Method
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
### Test for single value
'''
i=30
x=MIT[i]
er=1
while er>10**(-10):
    px=x
    x=x-QX1(x,i)/QD1X1(x,i)
    print(x)
    er=px-x
print(TMO[i]/1000)
'''
### Using Crude Method for estimation
'''
print('Crude Estimation Process')
i=0
while i<75:
    print(i,CSolver(i),M1T[i],M1T[i]-CSolver(i))
    i+=1
'''
'''
i=30
a=0.0000001
x=M1T[i]
px=x
while QX1(px,i)*QX1(x,i)>0:
    print(x)
    px=x
    x-=a
'''
#Loop for multiple value
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
'''
i=0
px=0
while i<75:
    x=M1T[i]
    er=1
    while er>10**(-20) or er==px:
        px=x
        x=x-QX1(x,i)/QD1X1(x,i)
        er=px-x
    #print(i,CSolver(i),x,CSolver(i)-x)
    if M12[i]==0:MND.append(M1T[i])
    else:MND.append(x)
    if M2S[0]<M1T[i]:M241.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M241.append(M2S[0]-MND[i])
    if M2S[1]<M1T[i]:M242.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M242.append(M2S[1]-MND[i])
    if M2S[2]<M1T[i]:M243.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M243.append(M2S[2]-MND[i])
    if M2S[3]<M1T[i]:M244.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M244.append(M2S[3]-MND[i])
    i+=1
print('Normal death rate solved')
'''
NR=[]
for i in range(0,75):
    x=M1T[i]
    px=x
    er=1
    while er>10**(-30) or er==px:
        px=x
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        x=x-QX1(x,i)/QD1X1(x,i)
        er=px-x
    NR.append(x)

for i in range(0,75):
    if M12[i]==0:
        MND.append(M1T[i])
    else:
        MND.append(NR[i])
    if M2S[0]<M1T[i]:
        M241.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M241.append(M2S[0]-MND[i])
    if M2S[1]<M1T[i]:
        M242.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M242.append(M2S[1]-MND[i])
    if M2S[2]<M1T[i]:
        M243.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M243.append(M2S[2]-MND[i])
    if M2S[3]<M1T[i]:
        M244.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M244.append(M2S[3]-MND[i])
print('Normal death rate solved using Newton-Raphson Method')
'''
#Using CSolver to calculate
for i in range(0,75):
    if M12[i]==0:
        MND.append(M1T[i])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    else:
        MND.append(CSolver(i))
    if M2S[0]<M1T[i]:
        M241.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M241.append(M2S[0]-MND[i])
    if M2S[1]<M1T[i]:
        M242.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M242.append(M2S[1]-MND[i])
    if M2S[2]<M1T[i]:
        M243.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M243.append(M2S[2]-MND[i])
    if M2S[3]<M1T[i]:
        M244.append(M1T[i]-MND[i])
    else:
        M244.append(M2S[3]-MND[i])
print('Normal death rate solved using CSolver function')
'''
'''
#Double check result
CSresult=[]
CSerror=[]
i=0
while i<75:
    CSresult.append(CSolver(i))
    CSerror.append(CSresult[i]-MND[i])
    i+=1
print('Double check calculated')
'''
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
'''
i=0
while i<75:
    if M2S[0]<M1T[i]:M241.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M241.append(M2S[0]-MND[i])
    i+=1

i=0
while i<75:
    if M2S[1]<M1T[i]:M242.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M242.append(M2S[1]-MND[i])
    i+=1

i=0
while i<75:
    if M2S[2]<M1T[i]:M243.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M243.append(M2S[2]-MND[i])
    i+=1

i=0
while i<75:
    if M2S[3]<M1T[i]:M244.append(M1T[i]-MND[i])
    else:M244.append(M2S[3]-MND[i])
    i+=1
'''
### Testing graph
'''
print('Graph Test')
Graph=[]
### Standard x-axis 0-999
X1000=[]
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
i=0
while i<1000:
    X1000.append(i)
    i+=1
i=30
j=0
x=M1T[i]-0.00999
while j<1000:

Graph.append(FX1(x+j/100000,i)+GX1S(x+j/100000,i,0)+GX1S(x+j/100000,i,1)+GX1S(x+j/100000,i,2)+GX1S(x+j/100000,i,3)-TMO[i]/1000)
    #print(j,x-j/100000,FX1(x-j/100000,i)+GX1S(x-j/100000,i,0)+GX1S(x-j/100000,i,1)+GX1S(x-j/100000,i,2)+GX1S(x-j/100000,i,3)-TMO[i]/1000)
    j+=1
'''
### Probability List
P11=[] #Normal Occupancy
#Normal to Cancer
P121=[]
P122=[]
P123=[]
P124=[]
#Normal to death
P113=[]
P1213=[]
P1223=[]
P1233=[]
P1243=[]
P141=[]
P142=[]
P143=[]
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
P144=[]
P13=[]
P14=[]
#Cancer Occupancy
P221=[]
P222=[]
P223=[]
P224=[]
#Cancer to death
P231=[]
P241=[]
P232=[]
P242=[]
P233=[]
P243=[]
P234=[]
P244=[]
#Constant interest rate
IR=0.04
Delta=-log(1/(1+IR))
#Nonconstat interest rate
YIR=[]
YDelta=[]
#Setting the template for constant interest rate in longer period
for i in range(0,76):
    YIR.append(IR)
    YDelta.append(-log(1/(1+IR)))
#Adjusted interest rate (Thailand stock rate)
#For technical reason, the yield table end around year 40-50. So the remaining year
is replace with constant
ZBY=[1.4559,1.4976,1.63,1.7387,1.8798,2.03,2.19,2.29,2.39,2.65
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    ,2.71,2.72,2.81,2.96,3.08,3.11,3.08,3.0442,3.0398,3.0663
    ,3.12,3.19,3.26,3.32,3.35,3.36,3.33,3.2991,3.2845,3.2857
    ,3.3057,3.3401,3.3845,3.4361,3.4956,3.57,3.65,3.72,3.79
    ,3.85,3.89,3.92,3.93,3.9205,3.9192,3.9065,3.8954,3.8975]
'''
#Replacing nonconstant value in the early year
for i in range(0,len(ZBY)):
    YIR[i]=ZBY[i]/100
    YDelta[i]=-log(1/(1+YIR[i]))
print('Non-constant yearly interest rate converted')
'''
#Function to accommodate the longer year interest rate, usable with constant
interest rate
def NCIR(i):
    TempNCIR=1
    for j in range(0,i):
        TempNCIR*=1/(1+YIR[j])
    return TempNCIR


### Probability Calculation (changing status into the next year = 1 year period)
for i in range(0,75):
    P11.append(exp(-(M12[i]+MND[i])))
    P121.append(CR[0]*M12[i]/(-M12[i]+M241[i])*(exp(-(M12[i]+MND[i]))-exp(-
(MND[i]+M241[i]))))
    P122.append(CR[1]*M12[i]/(-M12[i]+M242[i])*(exp(-(M12[i]+MND[i]))-exp(-
(MND[i]+M242[i]))))
    P123.append(CR[2]*M12[i]/(-M12[i]+M243[i])*(exp(-(M12[i]+MND[i]))-exp(-
(MND[i]+M243[i]))))
    P124.append(CR[3]*M12[i]/(-M12[i]+M244[i])*(exp(-(M12[i]+MND[i]))-exp(-
(MND[i]+M244[i]))))
    P113.append(MND[i]/(M12[i]+MND[i])*(1-exp(-(M12[i]+MND[i]))))
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
    P1213.append(CR[0]*M12[i]*MND[i]/(-M12[i]+M241[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M241[i])))/(MND[i]+M241[i])))
    P1223.append(CR[1]*M12[i]*MND[i]/(-M12[i]+M242[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M242[i])))/(MND[i]+M242[i])))
    P1233.append(CR[2]*M12[i]*MND[i]/(-M12[i]+M243[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M243[i])))/(MND[i]+M243[i])))
    P1243.append(CR[3]*M12[i]*MND[i]/(-M12[i]+M244[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M244[i])))/(MND[i]+M244[i])))
    P13.append(P113[i]+P1213[i]+P1223[i]+P1233[i]+P1243[i])
    P141.append(CR[0]*M12[i]*M241[i]/(-M12[i]+M241[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M241[i])))/(MND[i]+M241[i])))
    P142.append(CR[1]*M12[i]*M242[i]/(-M12[i]+M242[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M242[i])))/(MND[i]+M242[i])))
    P143.append(CR[2]*M12[i]*M243[i]/(-M12[i]+M243[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M243[i])))/(MND[i]+M243[i])))
    P144.append(CR[3]*M12[i]*M244[i]/(-M12[i]+M244[i])*((1-exp(-
(M12[i]+MND[i])))/(M12[i]+MND[i])-(1-exp(-(MND[i]+M244[i])))/(MND[i]+M244[i])))
    P14.append(P141[i]+P142[i]+P143[i]+P144[i])
    P221.append(exp(-(MND[i]+M241[i])))
    P222.append(exp(-(MND[i]+M242[i])))
    P223.append(exp(-(MND[i]+M243[i])))
    P224.append(exp(-(MND[i]+M244[i])))
    P231.append(MND[i]/(MND[i]+M241[i])*(1-exp(-(MND[i]+M241[i]))))
    P232.append(MND[i]/(MND[i]+M242[i])*(1-exp(-(MND[i]+M242[i]))))
    P233.append(MND[i]/(MND[i]+M243[i])*(1-exp(-(MND[i]+M243[i]))))
    P234.append(MND[i]/(MND[i]+M244[i])*(1-exp(-(MND[i]+M244[i]))))
    P241.append(M241[i]/(MND[i]+M241[i])*(1-exp(-(MND[i]+M241[i]))))
    P242.append(M242[i]/(MND[i]+M242[i])*(1-exp(-(MND[i]+M242[i]))))
    P243.append(M243[i]/(MND[i]+M243[i])*(1-exp(-(MND[i]+M243[i]))))
    P244.append(M244[i]/(MND[i]+M244[i])*(1-exp(-(MND[i]+M244[i]))))
print('Yearly probability calculated')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

#Matrix of Probability

#Occupancy at longer time

P11T=zeros(75,76)

P121T=zeros(75,76)

P122T=zeros(75,76)

P123T=zeros(75,76)

P124T=zeros(75,76)

#Matrix of Benefit

#Benefit for Diagnosis (Contimuous, constant)

B121=zeros(75,76)

B122=zeros(75,76)

B123=zeros(75,76)

B124=zeros(75,76)

B12=zeros(75,76)

S121=zeros(75,76)

S122=zeros(75,76)

S123=zeros(75,76)

S124=zeros(75,76)

S12=zeros(75,76)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

#Benefit for Normal Death (End of the year, constant)

B113=zeros(75,76)

B1213=zeros(75,76)

B1223=zeros(75,76)

B1233=zeros(75,76)

B1243=zeros(75,76)

B13=zeros(75,76)

S113=zeros(75,76)

S1213=zeros(75,76)

S1223=zeros(75,76)

S1233=zeros(75,76)

```
S1243=zeros(75,76)
S13=zeros(75,76)
#Benefit for Cancer Death (End of the year, constant)
B141=zeros(75,76)
B142=zeros(75,76)
B143=zeros(75,76)
B144=zeros(75,76)
B14=zeros(75,76)
S141=zeros(75,76)
S142=zeros(75,76)
S143=zeros(75,76)
S144=zeros(75,76)
S14=zeros(75,76)
#Matrix of Premium or Annuity at the beginning of the year
B11b=zeros(75,76)
S11b=zeros(75,76)
#Matrix of Annuity and Pure endowment
A11=zeros(75,76)
A121=zeros(75,76)
A122=zeros(75,76)
A123=zeros(75,76)
A124=zeros(75,76)
A12=zeros(75,76)
U11=zeros(75,76)
U121=zeros(75,76)
U122=zeros(75,76)
U123=zeros(75,76)
U124=zeros(75,76)
U12=zeros(75,76)
#x and x+y resemble starting age and ending age with y as number of changing year
for x in range(0,75):
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    for y in range(0,76-x):
        if y==0:
            P11T[x,x+y]=1
        else:
            P11T[x,x+y]=P11T[x,x+y-1]*P11[x+y-1]
            P121T[x,x+y]=P11T[x,x+y-1]*P121[x+y-1]+P121T[x,x+y-1]*P221[x+y-1]
            P122T[x,x+y]=P11T[x,x+y-1]*P122[x+y-1]+P122T[x,x+y-1]*P222[x+y-1]
            P123T[x,x+y]=P11T[x,x+y-1]*P123[x+y-1]+P123T[x,x+y-1]*P223[x+y-1]
            P124T[x,x+y]=P11T[x,x+y-1]*P124[x+y-1]+P124T[x,x+y-1]*P224[x+y-1]
print('Transitional probability longer than 1 year calculated')

for SA in range(0,75):
    for y in range(0,75-SA):
        Temp12=NCIR(y)*P11T[SA,SA+y]*M12[SA+y]*(1-exp(-
(M12[SA+y]+MND[SA+y]+YDelta[y])))/(M12[SA+y]+MND[SA+y]+YDelta[y])
        B121[SA,SA+y+1]=CR[0]*Temp12
        B122[SA,SA+y+1]=CR[1]*Temp12
        B123[SA,SA+y+1]=CR[2]*Temp12
        B124[SA,SA+y+1]=CR[3]*Temp12

B12[SA,SA+y+1]=B121[SA,SA+y+1]+B122[SA,SA+y+1]+B123[SA,SA+y+1]+B124[SA,SA+y+
1]
        B113[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P113[SA+y])

B1213[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P1213[SA+y]+P121T[SA,SA+y]*P231[SA+y
])

B1223[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P1223[SA+y]+P122T[SA,SA+y]*P232[SA+y
])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B1233[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P1233[SA+y]+P123T[SA,SA+y]*P233[SA+y])

B1243[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P1243[SA+y]+P124T[SA,SA+y]*P234[SA+y])

B13[SA,SA+y+1]=B113[SA,SA+y+1]+B1213[SA,SA+y+1]+B1223[SA,SA+y+1]+B1233[SA,SA+y+1]+B1243[SA,SA+y+1]

B141[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P141[SA+y]+P121T[SA,SA+y]*P241[SA+y])

B142[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P142[SA+y]+P122T[SA,SA+y]*P242[SA+y])

B143[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P143[SA+y]+P123T[SA,SA+y]*P243[SA+y])

B144[SA,SA+y+1]=NCIR(y+1)*(P11T[SA,SA+y]*P144[SA+y]+P124T[SA,SA+y]*P244[SA+y])

B14[SA,SA+y+1]=B141[SA,SA+y+1]+B142[SA,SA+y+1]+B143[SA,SA+y+1]+B144[SA,SA+y+1]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B11b[SA,SA+y+1]=NCIR(y)*P11T[SA,SA+y]

S121[SA,SA+y+1]=S121[SA,SA+y]+B121[SA,SA+y+1]

S122[SA,SA+y+1]=S122[SA,SA+y]+B122[SA,SA+y+1]

S123[SA,SA+y+1]=S123[SA,SA+y]+B123[SA,SA+y+1]

S124[SA,SA+y+1]=S124[SA,SA+y]+B124[SA,SA+y+1]

S12[SA,SA+y+1]=S121[SA,SA+y+1]+S122[SA,SA+y+1]+S123[SA,SA+y+1]+S124[SA,SA+y+1]

S113[SA,SA+y+1]=S113[SA,SA+y]+B113[SA,SA+y+1]

S1213[SA,SA+y+1]=S1213[SA,SA+y]+B1213[SA,SA+y+1]

S1223[SA,SA+y+1]=S1223[SA,SA+y]+B1223[SA,SA+y+1]

```
        S1233[SA,SA+y+1]=S1233[SA,SA+y]+B1233[SA,SA+y+1]
        S1243[SA,SA+y+1]=S1243[SA,SA+y]+B1243[SA,SA+y+1]

S13[SA,SA+y+1]=S113[SA,SA+y+1]+S1213[SA,SA+y+1]+S1223[SA,SA+y+1]+S1233[SA,SA
+y+1]+S1243[SA,SA+y+1]
        S141[SA,SA+y+1]=S141[SA,SA+y]+B141[SA,SA+y+1]
        S142[SA,SA+y+1]=S142[SA,SA+y]+B142[SA,SA+y+1]
        S143[SA,SA+y+1]=S143[SA,SA+y]+B143[SA,SA+y+1]
        S144[SA,SA+y+1]=S144[SA,SA+y]+B144[SA,SA+y+1]

S14[SA,SA+y+1]=S141[SA,SA+y+1]+S142[SA,SA+y+1]+S143[SA,SA+y+1]+S144[SA,SA+y+
1]
        S11b[SA,SA+y+1]=S11b[SA,SA+y]+B11b[SA,SA+y+1]
    print('Benefit and total benefit for the insured age',SA,'calculated')

#Pure Endowment and Annuity Calculation
for SA in range(0,75):
    for y in range(0,76-SA):
        A11[SA,SA+y]=NCIR(y)*P11T[SA,SA+y]
        A121[SA,SA+y]=NCIR(y)*P121T[SA,SA+y]
        A122[SA,SA+y]=NCIR(y)*P122T[SA,SA+y]
        A123[SA,SA+y]=NCIR(y)*P123T[SA,SA+y]
        A124[SA,SA+y]=NCIR(y)*P124T[SA,SA+y]
        A12[SA,SA+y]=A121[SA,SA+y]+A122[SA,SA+y]+A123[SA,SA+y]+A124[SA,SA+y]
    print('Annuity for the insured age',SA,'calculated')

#In case of including the beginning of the first year too
for i in range(0,75):
    U11[i,i]=1

for SA in range(0,75):
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    for y in range(0,75-SA):
        U11[SA,SA+y+1]=U11[SA,SA+y]+A11[SA,SA+y+1]
        U121[SA,SA+y+1]=U121[SA,SA+y]+A121[SA,SA+y+1]
        U122[SA,SA+y+1]=U122[SA,SA+y]+A122[SA,SA+y+1]
        U123[SA,SA+y+1]=U123[SA,SA+y]+A123[SA,SA+y+1]
        U124[SA,SA+y+1]=U124[SA,SA+y]+A124[SA,SA+y+1]

U12[SA,SA+y+1]=U121[SA,SA+y+1]+U122[SA,SA+y+1]+U123[SA,SA+y+1]+U124[SA,SA+
y+1]
    print('Total annuity for insured age',SA,'calculated')

### Exporting data into excel file
# First, linear algebra of matrix
with xlsxwriter.Workbook('TCSpline-Male.xlsx') as workbook:
    ResultSheet=workbook.add_worksheet('C Result')
    ResultSheet.write('A1','C')
    ResultSheet.write('B1','A')
    ResultSheet.write('C1','B')
    ResultSheet.write('D1','D')
    for r in range(1,16):
        ResultSheet.write(r,0,C[r-1])
        ResultSheet.write(r,1,A[r-1])
        ResultSheet.write(r,2,B[r-1])
        ResultSheet.write(r,3,D[r-1])
    M12IntensitySheet=workbook.add_worksheet('Cancer Incidence Intensity')
    M12IntensitySheet.write('A1','Age')
    M12IntensitySheet.write('B1','NCI')
    M12IntensitySheet.write('C1','Spline')
    M12IntensitySheet.write('D1','Area')
    M12IntensitySheet.write('E1','M12')
    for r in range (1,76):
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        M12IntensitySheet.write(r,0,r-1)
        M12IntensitySheet.write(r,1,A[int((r-1)/5)])
        M12IntensitySheet.write(r,2,spline(r-1))
        M12IntensitySheet.write(r,3,area2(r-1))
        M12IntensitySheet.write(r,4,M12[r-1])
    workbook.close()
#Second, the normal death intensity and probability 1 year period
with xlsxwriter.Workbook('T1YProb-NM.xlsx') as workbook:
    InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
    InterestSheet.write(0,0,'Year')
    InterestSheet.write(0,1,'IR')
    InterestSheet.write(0,2,'v')
    InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
    NRResult=workbook.add_worksheet('Normal death intensity')
    NRResult.write('A1','Age')
    NRResult.write('B1','M1T')
    NRResult.write('C1','MND')
    NRResult.write('D1','M241')
    NRResult.write('E1','M242')
    NRResult.write('F1','M243')
    NRResult.write('G1','M244')
    NRResult.write('H1','M12')
    for r in range (1,76):
        InterestSheet.write(r,0,r-1)
        InterestSheet.write(r,1,YIR[r-1])
        InterestSheet.write(r,2,1/(1+YIR[r-1]))
        InterestSheet.write(r,3,NCIR(r-1))
        NRResult.write(r,0,r-1)
        NRResult.write(r,1,M1T[r-1])
        NRResult.write(r,2,MND[r-1])
        NRResult.write(r,3,M241[r-1])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        NRResult.write(r,4,M242[r-1])
        NRResult.write(r,5,M243[r-1])
        NRResult.write(r,6,M244[r-1])
        NRResult.write(r,7,M12[r-1])
P1year=workbook.add_worksheet('Probabilty of state next year')
P1year.write(0,0,'Age')
P1year.write(0,1,'P11')
P1year.write(0,2,'P121')
P1year.write(0,3,'P122')
P1year.write(0,4,'P123')
P1year.write(0,5,'P124')
P1year.write(0,6,'P113')
P1year.write(0,7,'P1213')
P1year.write(0,8,'P1223')
P1year.write(0,9,'P1233')
P1year.write(0,10,'P1243')
P1year.write(0,11,'P13')
P1year.write(0,12,'P141')
P1year.write(0,13,'P142')
P1year.write(0,14,'P143')
P1year.write(0,15,'P144')
P1year.write(0,16,'P14')
P1year.write(0,17,'P221')
P1year.write(0,18,'P222')
P1year.write(0,19,'P223')
P1year.write(0,20,'P224')
P1year.write(0,21,'P231')
P1year.write(0,22,'P232')
P1year.write(0,23,'P233')
P1year.write(0,24,'P234')
P1year.write(0,25,'P241')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
P1year.write(0,26,'P242')
P1year.write(0,27,'P243')
P1year.write(0,28,'P244')
for r in range(1,76):
    P1year.write(r,0,r-1)
    P1year.write(r,1,P11[r-1])
    P1year.write(r,2,P121[r-1])
    P1year.write(r,3,P122[r-1])
    P1year.write(r,4,P123[r-1])
    P1year.write(r,5,P124[r-1])
    P1year.write(r,6,P113[r-1])
    P1year.write(r,7,P1213[r-1])
    P1year.write(r,8,P1223[r-1])
    P1year.write(r,9,P1233[r-1])
    P1year.write(r,10,P1243[r-1])
    P1year.write(r,11,P13[r-1])
    P1year.write(r,12,P141[r-1])
    P1year.write(r,13,P142[r-1])
    P1year.write(r,14,P143[r-1])
    P1year.write(r,15,P144[r-1])
    P1year.write(r,16,P14[r-1])
    P1year.write(r,17,P221[r-1])
    P1year.write(r,18,P222[r-1])
    P1year.write(r,19,P223[r-1])
    P1year.write(r,20,P224[r-1])
    P1year.write(r,21,P231[r-1])
    P1year.write(r,22,P232[r-1])
    P1year.write(r,23,P233[r-1])
    P1year.write(r,24,P234[r-1])
    P1year.write(r,25,P241[r-1])
    P1year.write(r,26,P242[r-1])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        P1year.write(r,27,P243[r-1])
        P1year.write(r,28,P244[r-1])
    workbook.close()
#Third, the benefit and annuity based on age
with xlsxwriter.Workbook('TInsurance-NMAge44.xlsx') as workbook:
    SA=44
    InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
    InterestSheet.write(0,0,'Year')
    InterestSheet.write(0,1,'IR')
    InterestSheet.write(0,2,'v')
    InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
    Pfrom1=workbook.add_worksheet('Probability from year 1')
    Pfrom1.write(0,0,'Time to state')
    Pfrom1.write(0,1,'P11T')
    Pfrom1.write(0,2,'P121T')
    Pfrom1.write(0,3,'P122T')
    Pfrom1.write(0,4,'P123T')
    Pfrom1.write(0,5,'P124T')
    BenefitSheet=workbook.add_worksheet('Benefit')
    BenefitSheet.write(0,0,'Policy length')
    BenefitSheet.write(0,1,'B121')
    BenefitSheet.write(0,2,'B122')
    BenefitSheet.write(0,3,'B123')
    BenefitSheet.write(0,4,'B124')
    BenefitSheet.write(0,5,'B113')
    BenefitSheet.write(0,6,'B1213')
    BenefitSheet.write(0,7,'B1223')
    BenefitSheet.write(0,8,'B1233')
    BenefitSheet.write(0,9,'B1243')
    BenefitSheet.write(0,10,'B141')
    BenefitSheet.write(0,11,'B142')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
BenefitSheet.write(0,12,'B143')
BenefitSheet.write(0,13,'B144')
BenefitSheet.write(0,14,'B11b')
BenefitSheet.write(0,15,'S121')
BenefitSheet.write(0,16,'S122')
BenefitSheet.write(0,17,'S123')
BenefitSheet.write(0,18,'S124')
BenefitSheet.write(0,19,'S113')
BenefitSheet.write(0,20,'S1213')
BenefitSheet.write(0,21,'S1223')
BenefitSheet.write(0,22,'S1233')
BenefitSheet.write(0,23,'S1243')
BenefitSheet.write(0,24,'S141')
BenefitSheet.write(0,25,'S142')
BenefitSheet.write(0,26,'S143')
BenefitSheet.write(0,27,'S144')
BenefitSheet.write(0,28,'S11b')
BenefitSheet.write(0,30,'B12')
BenefitSheet.write(0,31,'B13')
BenefitSheet.write(0,32,'B14')
BenefitSheet.write(0,33,'S12')
BenefitSheet.write(0,34,'S13')
BenefitSheet.write(0,35,'S14')
AnnuitySheet=workbook.add_worksheet('Annuity')
AnnuitySheet.write(0,0,'Time from start')
AnnuitySheet.write(0,1,'A11')
AnnuitySheet.write(0,2,'A121')
AnnuitySheet.write(0,3,'A122')
AnnuitySheet.write(0,4,'A123')
AnnuitySheet.write(0,5,'A124')
AnnuitySheet.write(0,6,'U11')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
AnnuitySheet.write(0,7,'U121')
AnnuitySheet.write(0,8,'U122')
AnnuitySheet.write(0,9,'U123')
AnnuitySheet.write(0,10,'U124')
AnnuitySheet.write(0,12,'A12')
AnnuitySheet.write(0,13,'U12')
EsixSheet=workbook.add_worksheet('Thesis Part')
#Benefit Value = 10E+06
EsixSheet.write(0,0,'Time')
EsixSheet.write(0,1,'S12')
EsixSheet.write(0,2,'S14')
EsixSheet.write(0,3,'S11b')
for r in range(0,76-SA):
    InterestSheet.write(r+1,0,r)
    InterestSheet.write(r+1,1,YIR[r])
    InterestSheet.write(r+1,2,1/(1+YIR[r]))
    InterestSheet.write(r+1,3,NCIR(r))
    Pfrom1.write(r+1,0,r)
    Pfrom1.write(r+1,1,P11T[SA,SA+r])
    Pfrom1.write(r+1,2,P121T[SA,SA+r])
    Pfrom1.write(r+1,3,P122T[SA,SA+r])
    Pfrom1.write(r+1,4,P123T[SA,SA+r])
    Pfrom1.write(r+1,5,P124T[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,0,r)
    BenefitSheet.write(r+1,1,B121[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,2,B122[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,3,B123[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,4,B124[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,5,B113[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,6,B1213[SA,SA+r])
    BenefitSheet.write(r+1,7,B1223[SA,SA+r])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
BenefitSheet.write(r+1,8,B1233[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,9,B1243[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,10,B141[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,11,B142[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,12,B143[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,13,B144[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,14,B11b[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,15,S121[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,16,S122[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,17,S123[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,18,S124[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,19,S113[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,20,S1213[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,21,S1223[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,22,S1233[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,23,S1243[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,24,S141[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,25,S142[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,26,S143[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,27,S144[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,28,S11b[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,30,B12[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,31,B13[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,32,B14[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,33,S12[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,34,S13[SA,SA+r])
BenefitSheet.write(r+1,35,S14[SA,SA+r])
AnnuitySheet.write(r+1,0,r)
AnnuitySheet.write(r+1,1,A11[SA,SA+r])
AnnuitySheet.write(r+1,2,A121[SA,SA+r])
AnnuitySheet.write(r+1,3,A122[SA,SA+r])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        AnnuitySheet.write(r+1,4,A123[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,5,A124[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,6,U11[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,7,U121[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,8,U122[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,9,U123[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,10,U124[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,12,A12[SA,SA+r])
        AnnuitySheet.write(r+1,13,U12[SA,SA+r])
        EsixSheet.write(r+1,0,r)
        EsixSheet.write(r+1,1,S12[SA,SA+r]*10**6)
        EsixSheet.write(r+1,2,S14[SA,SA+r]*10**6)
        EsixSheet.write(r+1,3,S11b[SA,SA+r])
    workbook.close()

#Fourth, benefit and annuity based on policy length
with xlsxwriter.Workbook('TInsurance-NMLength01-05.xlsx') as workbook:
    PT=1
    InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
    InterestSheet.write(0,0,'Year')
    InterestSheet.write(0,1,'IR')
    InterestSheet.write(0,2,'v')
    InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
    for r in range (1,76):
        InterestSheet.write(r,0,r-1)
        InterestSheet.write(r,1,YIR[r-1])
        InterestSheet.write(r,2,1/(1+YIR[r-1]))
        InterestSheet.write(r,3,NCIR(r-1))
    LengthSheet1=workbook.add_worksheet('1 years')
    LengthSheet1.write(0,0,'Age')
    LengthSheet1.write(0,1,'S121')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
LengthSheet1.write(0,2,'S122')
LengthSheet1.write(0,3,'S123')
LengthSheet1.write(0,4,'S124')
LengthSheet1.write(0,5,'S113')
LengthSheet1.write(0,6,'S1213')
LengthSheet1.write(0,7,'S1223')
LengthSheet1.write(0,8,'S1233')
LengthSheet1.write(0,9,'S1243')
LengthSheet1.write(0,10,'S141')
LengthSheet1.write(0,11,'S142')
LengthSheet1.write(0,12,'S143')
LengthSheet1.write(0,13,'S144')
LengthSheet1.write(0,14,'S11b')
LengthSheet1.write(0,15,'U11')
LengthSheet1.write(0,16,'U121')
LengthSheet1.write(0,17,'U122')
LengthSheet1.write(0,18,'U123')
LengthSheet1.write(0,19,'U124')
LengthSheet1.write(0,21,'S12')
LengthSheet1.write(0,22,'S13')
LengthSheet1.write(0,23,'S14')
LengthSheet1.write(0,24,'U12')
LengthSheet2=workbook.add_worksheet('2 years')
LengthSheet2.write(0,0,'Age')
LengthSheet2.write(0,1,'S121')
LengthSheet2.write(0,2,'S122')
LengthSheet2.write(0,3,'S123')
LengthSheet2.write(0,4,'S124')
LengthSheet2.write(0,5,'S113')
LengthSheet2.write(0,6,'S1213')
LengthSheet2.write(0,7,'S1223')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
LengthSheet2.write(0,8,'S1233')
LengthSheet2.write(0,9,'S1243')
LengthSheet2.write(0,10,'S141')
LengthSheet2.write(0,11,'S142')
LengthSheet2.write(0,12,'S143')
LengthSheet2.write(0,13,'S144')
LengthSheet2.write(0,14,'S11b')
LengthSheet2.write(0,15,'U11')
LengthSheet2.write(0,16,'U121')
LengthSheet2.write(0,17,'U122')
LengthSheet2.write(0,18,'U123')
LengthSheet2.write(0,19,'U124')
LengthSheet2.write(0,21,'S12')
LengthSheet2.write(0,22,'S13')
LengthSheet2.write(0,23,'S14')
LengthSheet2.write(0,24,'U12')
LengthSheet3=workbook.add_worksheet('3 years')
LengthSheet3.write(0,0,'Age')
LengthSheet3.write(0,1,'S121')
LengthSheet3.write(0,2,'S122')
LengthSheet3.write(0,3,'S123')
LengthSheet3.write(0,4,'S124')
LengthSheet3.write(0,5,'S113')
LengthSheet3.write(0,6,'S1213')
LengthSheet3.write(0,7,'S1223')
LengthSheet3.write(0,8,'S1233')
LengthSheet3.write(0,9,'S1243')
LengthSheet3.write(0,10,'S141')
LengthSheet3.write(0,11,'S142')
LengthSheet3.write(0,12,'S143')
LengthSheet3.write(0,13,'S144')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
LengthSheet3.write(0,14,'S11b')
LengthSheet3.write(0,15,'U11')
LengthSheet3.write(0,16,'U121')
LengthSheet3.write(0,17,'U122')
LengthSheet3.write(0,18,'U123')
LengthSheet3.write(0,19,'U124')
LengthSheet3.write(0,21,'S12')
LengthSheet3.write(0,22,'S13')
LengthSheet3.write(0,23,'S14')
LengthSheet3.write(0,24,'U12')
LengthSheet4=workbook.add_worksheet('4 years')
LengthSheet4.write(0,0,'Age')
LengthSheet4.write(0,1,'S121')
LengthSheet4.write(0,2,'S122')
LengthSheet4.write(0,3,'S123')
LengthSheet4.write(0,4,'S124')
LengthSheet4.write(0,5,'S113')
LengthSheet4.write(0,6,'S1213')
LengthSheet4.write(0,7,'S1223')
LengthSheet4.write(0,8,'S1233')
LengthSheet4.write(0,9,'S1243')
LengthSheet4.write(0,10,'S141')
LengthSheet4.write(0,11,'S142')
LengthSheet4.write(0,12,'S143')
LengthSheet4.write(0,13,'S144')
LengthSheet4.write(0,14,'S11b')
LengthSheet4.write(0,15,'U11')
LengthSheet4.write(0,16,'U121')
LengthSheet4.write(0,17,'U122')
LengthSheet4.write(0,18,'U123')
LengthSheet4.write(0,19,'U124')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
LengthSheet4.write(0,21,'S12')
LengthSheet4.write(0,22,'S13')
LengthSheet4.write(0,23,'S14')
LengthSheet4.write(0,24,'U12')
LengthSheet5=workbook.add_worksheet('5 years')
LengthSheet5.write(0,0,'Age')
LengthSheet5.write(0,1,'S121')
LengthSheet5.write(0,2,'S122')
LengthSheet5.write(0,3,'S123')
LengthSheet5.write(0,4,'S124')
LengthSheet5.write(0,5,'S113')
LengthSheet5.write(0,6,'S1213')
LengthSheet5.write(0,7,'S1223')
LengthSheet5.write(0,8,'S1233')
LengthSheet5.write(0,9,'S1243')
LengthSheet5.write(0,10,'S141')
LengthSheet5.write(0,11,'S142')
LengthSheet5.write(0,12,'S143')
LengthSheet5.write(0,13,'S144')
LengthSheet5.write(0,14,'S11b')
LengthSheet5.write(0,15,'U11')
LengthSheet5.write(0,16,'U121')
LengthSheet5.write(0,17,'U122')
LengthSheet5.write(0,18,'U123')
LengthSheet5.write(0,19,'U124')
LengthSheet5.write(0,21,'S12')
LengthSheet5.write(0,22,'S13')
LengthSheet5.write(0,23,'S14')
LengthSheet5.write(0,24,'U12')
for r in range(1,77-PT):
    LengthSheet1.write(r,0,r-1)
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    LengthSheet1.write(r,1,S121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,2,S122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,3,S123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,4,S124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,5,S113[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,6,S1213[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,7,S1223[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,8,S1233[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,9,S1243[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,10,S141[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,11,S142[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,12,S143[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,13,S144[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,14,S11b[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,15,U11[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,16,U121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,17,U122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,18,U123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,19,U124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,21,S12[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,22,S13[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,23,S14[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet1.write(r,24,U12[r-1,r-1+PT])
PT+=1
for r in range(1,77-PT):
    LengthSheet2.write(r,0,r-1)
    LengthSheet2.write(r,1,S121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,2,S122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,3,S123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,4,S124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,5,S113[r-1,r-1+PT])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    LengthSheet2.write(r,6,S1213[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,7,S1223[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,8,S1233[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,9,S1243[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,10,S141[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,11,S142[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,12,S143[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,13,S144[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,14,S11b[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,15,U11[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,16,U121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,17,U122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,18,U123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,19,U124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,21,S12[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,22,S13[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,23,S14[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet2.write(r,24,U12[r-1,r-1+PT])
PT+=1
for r in range(1,77-PT):
    LengthSheet3.write(r,0,r-1)
    LengthSheet3.write(r,1,S121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,2,S122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,3,S123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,4,S124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,5,S113[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,6,S1213[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,7,S1223[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,8,S1233[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,9,S1243[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,10,S141[r-1,r-1+PT])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    LengthSheet3.write(r,11,S142[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,12,S143[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,13,S144[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,14,S11b[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,15,U11[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,16,U121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,17,U122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,18,U123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,19,U124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,21,S12[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,22,S13[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,23,S14[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet3.write(r,24,U12[r-1,r-1+PT])
PT+=1
for r in range(1,77-PT):
    LengthSheet4.write(r,0,r-1)
    LengthSheet4.write(r,1,S121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,2,S122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,3,S123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,4,S124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,5,S113[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,6,S1213[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,7,S1223[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,8,S1233[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,9,S1243[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,10,S141[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,11,S142[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,12,S143[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,13,S144[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,14,S11b[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,15,U11[r-1,r-1+PT])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    LengthSheet4.write(r,16,U121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,17,U122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,18,U123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,19,U124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,21,S12[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,22,S13[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,23,S14[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet4.write(r,24,U12[r-1,r-1+PT])
PT+=1
for r in range(1,77-PT):
    LengthSheet5.write(r,0,r-1)
    LengthSheet5.write(r,1,S121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,2,S122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,3,S123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,4,S124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,5,S113[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,6,S1213[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,7,S1223[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,8,S1233[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,9,S1243[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,10,S141[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,11,S142[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,12,S143[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,13,S144[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,14,S11b[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,15,U11[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,16,U121[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,17,U122[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,18,U123[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,19,U124[r-1,r-1+PT])
    LengthSheet5.write(r,21,S12[r-1,r-1+PT])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        LengthSheet5.write(r,22,S13[r-1,r-1+PT])
        LengthSheet5.write(r,23,S14[r-1,r-1+PT])
        LengthSheet5.write(r,24,U12[r-1,r-1+PT])
    workbook.close()
#Fifth, Premium calculation, defined by starting age, Fixed Time
with xlsxwriter.Workbook('TPremium-NFCovTime05.xlsx') as workbook:
    CovTime=5
    PreTime=5
    BenRat=10**6
    InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
    InterestSheet.write(0,0,'Year')
    InterestSheet.write(0,1,'IR')
    InterestSheet.write(0,2,'v')
    InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
    for r in range (1,76):
        InterestSheet.write(r,0,r-1)
        InterestSheet.write(r,1,YIR[r-1])
        InterestSheet.write(r,2,1/(1+YIR[r-1]))
        InterestSheet.write(r,3,NCIR(r-1))
    DescriptionSheet=workbook.add_worksheet('Description')
    DescriptionSheet.write(0,0,'Coverage Time')
    DescriptionSheet.write(0,1,CovTime)
    DescriptionSheet.write(1,0,'Premium Time')
    DescriptionSheet.write(1,1,PreTime)
    DescriptionSheet.write(2,0,'Benefit')
    DescriptionSheet.write(2,1,BenRat)
    PremiumSheet=workbook.add_worksheet('Premium-05')
    PremiumSheet.write(0,0,'Age')
    PremiumSheet.write(0,1,'Pre121')
    PremiumSheet.write(0,2,'Pre122')
    PremiumSheet.write(0,3,'Pre123')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
PremiumSheet.write(0,4,'Pre124')
PremiumSheet.write(0,5,'Pre113')
PremiumSheet.write(0,6,'Pre1213')
PremiumSheet.write(0,7,'Pre1223')
PremiumSheet.write(0,8,'Pre1233')
PremiumSheet.write(0,9,'Pre1243')
PremiumSheet.write(0,10,'Pre141')
PremiumSheet.write(0,11,'Pre142')
PremiumSheet.write(0,12,'Pre143')
PremiumSheet.write(0,13,'Pre144')
PremiumSheet.write(0,14,'Total Dx')
PremiumSheet.write(0,15,'Total ND')
PremiumSheet.write(0,16,'Total CD')
PremiumSheet.write(0,17,'All Death')
PremiumSheet.write(0,18,'Accel')
PremiumSheet.write(0,19,'Pure Cancer')
PremiumSheet.write(0,20,'All')
ThesisSheet=workbook.add_worksheet('Thesis')
ThesisSheet.write(0,0,'Age')
ThesisSheet.write(0,1,'Total Dx')
ThesisSheet.write(0,2,'Total CD')
ThesisSheet.write(0,3,'Pure Cancer')
for r in range(0,76-CovTime):
    PremiumSheet.write(r+1,0,r)
    PremiumSheet.write(r+1,1,BenRat*S121[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,2,BenRat*S122[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,3,BenRat*S123[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,4,BenRat*S124[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,5,BenRat*S113[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,6,BenRat*S1213[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
    PremiumSheet.write(r+1,7,BenRat*S1223[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        PremiumSheet.write(r+1,8,BenRat*S1233[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,9,BenRat*S1243[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,10,BenRat*S141[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,11,BenRat*S142[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,12,BenRat*S143[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,13,BenRat*S144[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,14,BenRat*S12[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,15,BenRat*S13[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,16,BenRat*S14[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])

PremiumSheet.write(r+1,17,BenRat*(S13[r,r+CovTime]+S14[r,r+CovTime])/S11b[r,r+Pre
Time])

PremiumSheet.write(r+1,18,BenRat*(S12[r,r+CovTime]+S13[r,r+CovTime])/S11b[r,r+Pre
Time])

PremiumSheet.write(r+1,19,BenRat*(S12[r,r+CovTime]+S14[r,r+CovTime])/S11b[r,r+Pre
Time])

PremiumSheet.write(r+1,20,BenRat*(S12[r,r+CovTime]+S13[r,r+CovTime]+S14[r,r+CovTi
me])/S11b[r,r+PreTime])
        ThesisSheet.write(r+1,0,r)
        ThesisSheet.write(r+1,1,BenRat*S12[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        ThesisSheet.write(r+1,2,BenRat*S14[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])

ThesisSheet.write(r+1,3,BenRat*(S12[r,r+CovTime]+S14[r,r+CovTime])/S11b[r,r+PreTime
])
    workbook.close()
#Sixth, Premium calculation, defined by starting age, Fixed Time - Tiered Benefit
with xlsxwriter.Workbook('TPremiumDDTier1234-NMCovTime05.xlsx') as workbook:
#Change Coverage time, Payment time, Benefit amount here
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
CovTime=5
PreTime=5
BenRat=10**6
BenRatDx1=BenRat*1
BenRatDx2=BenRat*2
BenRatDx3=BenRat*3
BenRatDx4=BenRat*4
BenRatND=10**6
BenRatCD1=BenRatND*1
BenRatCD2=BenRatND*2
BenRatCD3=BenRatND*3
BenRatCD4=BenRatND*4
InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
InterestSheet.write(0,0,'Year')
InterestSheet.write(0,1,'IR')
InterestSheet.write(0,2,'v')
InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
for r in range (1,76):
    InterestSheet.write(r,0,r-1)
    InterestSheet.write(r,1,YIR[r-1])
    InterestSheet.write(r,2,1/(1+YIR[r-1]))
    InterestSheet.write(r,3,NCIR(r-1))
DescriptionSheet=workbook.add_worksheet('Description')
DescriptionSheet.write(0,0,'Coverage Time')
DescriptionSheet.write(0,1,CovTime)
DescriptionSheet.write(1,0,'Premium Time')
DescriptionSheet.write(1,1,PreTime)
DescriptionSheet.write(2,0,'Benefit - Diagnosis stage 1')
DescriptionSheet.write(3,0,'Benefit - Diagnosis stage 2')
DescriptionSheet.write(4,0,'Benefit - Diagnosis stage 3')
DescriptionSheet.write(5,0,'Benefit - Diagnosis stage 4')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
DescriptionSheet.write(6,0,'Benefit - Normal Death')
DescriptionSheet.write(7,0,'Benefit - Cancer Death Stage 1')
DescriptionSheet.write(8,0,'Benefit - Cancer Death Stage 2')
DescriptionSheet.write(9,0,'Benefit - Cancer Death Stage 3')
DescriptionSheet.write(10,0,'Benefit - Cancer Death Stage 4')
DescriptionSheet.write(2,1,BenRatDx1)
DescriptionSheet.write(3,1,BenRatDx2)
DescriptionSheet.write(4,1,BenRatDx3)
DescriptionSheet.write(5,1,BenRatDx4)
DescriptionSheet.write(6,1,BenRatND)
DescriptionSheet.write(7,1,BenRatCD1)
DescriptionSheet.write(8,1,BenRatCD2)
DescriptionSheet.write(9,1,BenRatCD3)
DescriptionSheet.write(10,1,BenRatCD4)
PremiumSheet=workbook.add_worksheet('Premium-05')
PremiumSheet.write(0,0,'Age')
PremiumSheet.write(0,1,'Pre121')
PremiumSheet.write(0,2,'Pre122')
PremiumSheet.write(0,3,'Pre123')
PremiumSheet.write(0,4,'Pre124')
PremiumSheet.write(0,5,'Pre113')
PremiumSheet.write(0,6,'Pre1213')
PremiumSheet.write(0,7,'Pre1223')
PremiumSheet.write(0,8,'Pre1233')
PremiumSheet.write(0,9,'Pre1243')
PremiumSheet.write(0,10,'Pre141')
PremiumSheet.write(0,11,'Pre142')
PremiumSheet.write(0,12,'Pre143')
PremiumSheet.write(0,13,'Pre144')
PremiumSheet.write(0,14,'Total Dx')
PremiumSheet.write(0,15,'Total ND')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    PremiumSheet.write(0,16,'Total CD')
    PremiumSheet.write(0,17,'All Death')
    PremiumSheet.write(0,18,'Accel')
    PremiumSheet.write(0,19,'Pure Cancer')
    PremiumSheet.write(0,20,'All')
    ThesisSheet=workbook.add_worksheet('Thesis')
    ThesisSheet.write(0,0,'Age')
    ThesisSheet.write(0,1,'Total Dx')
    ThesisSheet.write(0,2,'Total CD')
    ThesisSheet.write(0,3,'Pure Cancer')
    TMOSheet=workbook.add_worksheet('TMO test')
    TMOSheet.write(0,0,'Age')
    TMOSheet.write(0,1,'Benefit')
    TMOSheet.write(0,2,'Annuity')
    TMOSheet.write(0,3,'Premium')
    for r in range(0,76-CovTime):

TPre12=BenRatDx1*S121[r,r+CovTime]+BenRatDx2*S122[r,r+CovTime]+BenRatDx3*S12
3[r,r+CovTime]+BenRatDx4*S124[r,r+CovTime]

TPre13=BenRatND*(S113[r,r+CovTime]+S1213[r,r+CovTime]+S1223[r,r+CovTime]+S123
3[r,r+CovTime]+S1243[r,r+CovTime])

TPre14=BenRatCD1*S141[r,r+CovTime]+BenRatCD2*S142[r,r+CovTime]+BenRatCD3*S1
43[r,r+CovTime]+BenRatCD4*S144[r,r+CovTime]
        PremiumSheet.write(r+1,0,r)
        PremiumSheet.write(r+1,1,BenRatDx1*S121[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,2,BenRatDx2*S122[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,3,BenRatDx3*S123[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,4,BenRatDx4*S124[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,5,BenRatND*S113[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
        PremiumSheet.write(r+1,6,BenRatND*S1213[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,7,BenRatND*S1223[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,8,BenRatND*S1233[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,9,BenRatND*S1243[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,10,BenRatCD1*S141[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,11,BenRatCD2*S142[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,12,BenRatCD3*S143[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,13,BenRatCD4*S144[r,r+CovTime]/S11b[r,r+PreTime])

PremiumSheet.write(r+1,14,(BenRatDx1*S121[r,r+CovTime]+BenRatDx2*S122[r,r+CovTi
me]+BenRatDx3*S123[r,r+CovTime]+BenRatDx4*S124[r,r+CovTime])/S11b[r,r+PreTime])

PremiumSheet.write(r+1,15,BenRatND*(S113[r,r+CovTime]+S1213[r,r+CovTime]+S1223[
r,r+CovTime]+S1233[r,r+CovTime]+S1243[r,r+CovTime])/S11b[r,r+PreTime])

PremiumSheet.write(r+1,16,(BenRatCD1*S141[r,r+CovTime]+BenRatCD2*S142[r,r+CovTi
me]+BenRatCD3*S143[r,r+CovTime]+BenRatCD4*S144[r,r+CovTime])/S11b[r,r+PreTime]
)
        PremiumSheet.write(r+1,17,(TPre13+TPre14)/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,18,(TPre12+TPre13)/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,19,(TPre12+TPre14)/S11b[r,r+PreTime])
        PremiumSheet.write(r+1,20,(TPre12+TPre13+TPre14)/S11b[r,r+PreTime])
        ThesisSheet.write(r+1,0,r)
        ThesisSheet.write(r+1,1,TPre12/S11b[r,r+PreTime])
        ThesisSheet.write(r+1,2,TPre14/S11b[r,r+PreTime])
        ThesisSheet.write(r+1,3,(TPre12+TPre14)/S11b[r,r+PreTime])
        TMOSheet.write(r+1,0,r)
        TMOSheet.write(r+1,1,TPre13+TPre14)
        temp=1
        for i in range(1,CovTime):
            temp+=Pxt(r,i)*NCIR(i)
```

```
        TMOSheet.write(r+1,2,temp)
        TMOSheet.write(r+1,3,(TPre13+TPre14)/temp)
    workbook.close()
#Seventh, APV calculation, defined by starting age
with xlsxwriter.Workbook('TAPVTier1234-NFCovTime20.xlsx') as workbook:
    CovTime=20
    PreTime=20
    BenRat=10**6
    BenRatDx1=BenRat*1
    BenRatDx2=BenRat*2
    BenRatDx3=BenRat*3
    BenRatDx4=BenRat*4
    BenRatND=10**6
    BenRatCD1=BenRatND*1
    BenRatCD2=BenRatND*2
    BenRatCD3=BenRatND*3
    BenRatCD4=BenRatND*4
    InterestSheet=workbook.add_worksheet('Interest rate')
    InterestSheet.write(0,0,'Year')
    InterestSheet.write(0,1,'IR')
    InterestSheet.write(0,2,'v')
    InterestSheet.write(0,3,'Acc v')
    for r in range (1,76):
        InterestSheet.write(r,0,r-1)
        InterestSheet.write(r,1,YIR[r-1])
        InterestSheet.write(r,2,1/(1+YIR[r-1]))
        InterestSheet.write(r,3,NCIR(r-1))
    DescriptionSheet=workbook.add_worksheet('Description')
    DescriptionSheet.write(0,0,'Coverage Time')
    DescriptionSheet.write(0,1,CovTime)
    DescriptionSheet.write(1,0,'Premium Time')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
DescriptionSheet.write(1,1,PreTime)
DescriptionSheet.write(2,0,'Benefit - Diagnosis stage 1')
DescriptionSheet.write(3,0,'Benefit - Diagnosis stage 2')
DescriptionSheet.write(4,0,'Benefit - Diagnosis stage 3')
DescriptionSheet.write(5,0,'Benefit - Diagnosis stage 4')
DescriptionSheet.write(6,0,'Benefit - Normal Death')
DescriptionSheet.write(7,0,'Benefit - Cancer Death Stage 1')
DescriptionSheet.write(8,0,'Benefit - Cancer Death Stage 2')
DescriptionSheet.write(9,0,'Benefit - Cancer Death Stage 3')
DescriptionSheet.write(10,0,'Benefit - Cancer Death Stage 4')
DescriptionSheet.write(2,1,BenRatDx1)
DescriptionSheet.write(3,1,BenRatDx2)
DescriptionSheet.write(4,1,BenRatDx3)
DescriptionSheet.write(5,1,BenRatDx4)
DescriptionSheet.write(6,1,BenRatND)
DescriptionSheet.write(7,1,BenRatCD1)
DescriptionSheet.write(8,1,BenRatCD2)
DescriptionSheet.write(9,1,BenRatCD3)
DescriptionSheet.write(10,1,BenRatCD4)
PremiumSheet=workbook.add_worksheet('APV-05')
PremiumSheet.write(0,0,'Age')
PremiumSheet.write(0,1,'APV121')
PremiumSheet.write(0,2,'APV122')
PremiumSheet.write(0,3,'APV123')
PremiumSheet.write(0,4,'APV124')
PremiumSheet.write(0,5,'APV113')
PremiumSheet.write(0,6,'APV1213')
PremiumSheet.write(0,7,'APV1223')
PremiumSheet.write(0,8,'APV1233')
PremiumSheet.write(0,9,'APV1243')
PremiumSheet.write(0,10,'APV141')
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
    PremiumSheet.write(0,11,'APV142')
    PremiumSheet.write(0,12,'APV143')
    PremiumSheet.write(0,13,'APV144')
    PremiumSheet.write(0,14,'APV-A')
    PremiumSheet.write(0,15,'Total Dx')
    PremiumSheet.write(0,16,'Total ND')
    PremiumSheet.write(0,17,'Total CD')
    PremiumSheet.write(0,18,'All Death')
    PremiumSheet.write(0,19,'Accel')
    PremiumSheet.write(0,20,'Pure Cancer')
    PremiumSheet.write(0,21,'All')
    ThesisSheet=workbook.add_worksheet('Thesis')
    ThesisSheet.write(0,0,'Age')
    ThesisSheet.write(0,1,'Total Dx')
    ThesisSheet.write(0,2,'Total CD')
    ThesisSheet.write(0,3,'Pure Cancer')
    for r in range(0,76-CovTime):

TPre12=BenRatDx1*S121[r,r+CovTime]+BenRatDx2*S122[r,r+CovTime]+BenRatDx3*S12
3[r,r+CovTime]+BenRatDx4*S124[r,r+CovTime]

TPre13=BenRatND*(S113[r,r+CovTime]+S1213[r,r+CovTime]+S1223[r,r+CovTime]+S123
3[r,r+CovTime]+S1243[r,r+CovTime])

TPre14=BenRatCD1*S141[r,r+CovTime]+BenRatCD2*S142[r,r+CovTime]+BenRatCD3*S1
43[r,r+CovTime]+BenRatCD4*S144[r,r+CovTime]
        PremiumSheet.write(r+1,0,r)
        PremiumSheet.write(r+1,1,BenRatDx1*S121[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,2,BenRatDx2*S122[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,3,BenRatDx3*S123[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,4,BenRatDx4*S124[r,r+CovTime])
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
        PremiumSheet.write(r+1,5,BenRatND*S113[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,6,BenRatND*S1213[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,7,BenRatND*S1223[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,8,BenRatND*S1233[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,9,BenRatND*S1243[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,10,BenRatCD1*S141[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,11,BenRatCD2*S142[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,12,BenRatCD3*S143[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,13,BenRatCD4*S144[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,14,S11b[r,r+PreTime])

PremiumSheet.write(r+1,15,BenRatDx1*S121[r,r+CovTime]+BenRatDx2*S122[r,r+CovTi
me]+BenRatDx3*S123[r,r+CovTime]+BenRatDx4*S124[r,r+CovTime])

PremiumSheet.write(r+1,16,BenRatND*(S113[r,r+CovTime]+S1213[r,r+CovTime]+S1223[
r,r+CovTime]+S1233[r,r+CovTime]+S1243[r,r+CovTime]))

PremiumSheet.write(r+1,17,BenRatCD1*S141[r,r+CovTime]+BenRatCD2*S142[r,r+CovTi
me]+BenRatCD3*S143[r,r+CovTime]+BenRatCD4*S144[r,r+CovTime])
        PremiumSheet.write(r+1,18,TPre13+TPre14)
        PremiumSheet.write(r+1,19,TPre12+TPre13)
        PremiumSheet.write(r+1,20,TPre12+TPre14)
        PremiumSheet.write(r+1,21,TPre12+TPre13+TPre14)
        ThesisSheet.write(r+1,0,r)
        ThesisSheet.write(r+1,1,TPre12)
        ThesisSheet.write(r+1,2,TPre14)
        ThesisSheet.write(r+1,3,TPre12+TPre14)
    workbook.close()
```

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิริยะ เก้าเอี้ยน เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ.2528 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประกันภัย ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2558

การติดต่อ e-mail: vikacen@hotmail.com

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University