

การศึกษาผลของปัจจัยภูมิภาคและเพศต่อการพยากรณ์อัตราภาระของประชากรไทย

น.ส.เจียรธร จุฬานุกรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 Graduate School.

The Study of Region and Gender Effect on Forecasting Thai Mortality

Miss Tiantorn Chulanutrakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University



1594921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

ธีียรธร จุฬานุกรกุล : การศึกษาผลของปัจจัยภูมิภาคและเพศต่อการพยากรณ์อัตราการมรณะของ
ประชากรไทย. (The Study of Region and Gender Effect on Forecasting Thai Mortality)
อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย

ตัวแบบพยากรณ์อัตราการมรณะที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือตัวแบบของลีและคาร์เตอร์ (Lee-Carter Model, LC) ซึ่งพิจารณาปัจจัย 2 ปัจจัยคือปีและอายุ และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Singular Value Decomposition (LC-SVD) และตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Maximum Likelihood Estimation (LC-MLE) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพยากรณ์อัตราการมรณะประชากรไทยจำแนกตามปี ช่วงอายุ เพศ และภูมิภาค โดยใช้ตัวแบบ 2 ตัวแบบ ได้แก่ 1. ตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Multiple Regression, NLMR) ซึ่งจะแบ่งชุดข้อมูลตามอายุจำนวน 5 ช่วงอายุ ช่วงอายุละ 20 ปี ได้แก่ 1-19, ... , 80-99 ปี และ 2. ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF) ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE บนสมมติฐานที่ว่าจำนวนการตายของประชากรมีการแจกแจงแบบปัวซอง

จากการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบต้นฉบับ 2 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบ LC-SVD และ LC-MLE โดยใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) และค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) พบว่าตัวแบบโดยภาพรวมที่ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดคือ LC-MLE ทั้ง In-Sample Data และ Out-Sample Data ส่วนตัวแบบโดยภาพรวมที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดคือตัวแบบ 2-TACF และ LC-SVD สำหรับ In-Sample Data และ Out-Sample Data ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวแบบจากค่า Akaike Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC) พบว่าตัวแบบที่มีค่า AIC และ BIC ที่ดีที่สุดสำหรับ In-Sample Data คือ NLMR และสำหรับ Out-Sample Data คือ LC-MLE

สำหรับผลการพยากรณ์พบว่าค่าอัตราการมรณะโดยเฉลี่ยที่ได้จากตัวแบบ NLMR มีค่าต่ำที่สุด และตัวแบบ LC-SVD ให้ค่าสูงที่สุด โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปและเพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลังเมื่ออายุมากขึ้น โดยภาคเหนือจะมีค่ามากที่สุด ภาคใต้มีค่าต่ำสุด และเพศชายจะมีค่าสูงกว่าเพศหญิง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5970203821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Mortality Forecasting, Lee - Carter Model, Singular Value Decomposition, Maximum Likelihood Estimation, Regression

Tiantorn Chulanutrakul : The Study of Region and Gender Effect on Forecasting Thai Mortality. Advisor: Assoc. Prof. ANGSUMALIN SENJUNTICHAJ, D.Eng.

The model developed by Lee and Carter (LC Model) is the most popular model that incorporate time and age as factors for the mortality forecasting. Singular Value Decomposition (LC-SVD) and Maximum Likelihood Estimation (LC-MLE) are employed to estimate parameters. The objective of this study is to forecast Thai mortality rate by incorporating two additional factors gender and region. There are two proposed models which are 1. Nonlinear multiple regression (NLMR) models for five groups of age, 20 years per group i.e. 1-19, ..., 80-99 years old. and 2. 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF) where number of deaths are assumed to follow Poisson distribution and MLE is used to estimate parameters.

To evaluate the model performance, Mean Square Error (MSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) are determined and compared with two original model, LC-SVD and LC-MLE. The result shows that, LC-MLE provide the lowest MSE for overall performance, both in- and out - sample data while 2-TACF provides the lowest MAPE for in-sample data and LC-SVD yields the lowest MAPE for out-sample data. Furthermore, the optimal of complexity and accuracy are considered and evaluated by Akaike Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC). The model based on normality assumption and Poisson distribution that provide the lowest AIC and BIC for in-sample data is NLMR and for out-sample data is LC-MLE.

For mortality rate forecasting, the average mortality rate from the NLMR is the lowest rate while the LC-SVD gives the highest with decrease trend by over time and exponentially increase by age. Average mortality rate of North region is the highest while South region is the lowest. Average mortality rate of male is higher than female.

Field of Study: Industrial Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2018

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อังศุมาลิน เสนจันทร์ฉวีไชย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำด้านหลักการและทฤษฎี แนวทางในการแก้ไขอุปสรรค รวมทั้งตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย และขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ ดร.อมรศิริ วิชาสเดชานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญญา ธรรมพิทักษ์กุล ที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข สำหรับข้อมูลประชากรกลางปีและจำนวนผู้เสียชีวิตของประชากรไทย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา กำลังใจ และความช่วยเหลือซึ่งกันและกันตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา รวมถึงครอบครัวของผู้วิจัย ที่สนับสนุน ดูแลเอาใจใส่ด้วยความรักและเป็นแรงผลักดันทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เธียรธร จุฬานุกรกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	30
1.3 ขอบเขตการศึกษา	30
1.4 ผลที่ได้รับ.....	31
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	31
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	31
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	32
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์.....	32
2.2 วิธีแยกค่าแบบเดี่ยว (Singular Value Decomposition: SVD).....	35
2.3 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE)	36
2.4 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Squares: WLS)	38
2.5 Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)	39
2.6 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์	44
บทที่ 3 ตัวแบบพยากรณ์	47



1584921123

CD :Thesis 5970203821 thesis / rev: 02082562 03:28:15 / seq: 21

3.1 ตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Multiple Regression Model: NLMR) 47

3.2 ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF)..... 64

บทที่ 4 การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์ 77

4.1 ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD (LC-SVD)..... 78

4.2 ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE (LC-MLE)..... 84

4.3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ 85

บทที่ 5 การพยากรณ์อัตราณณะไทย 91

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 98

6.1 สรุปผลตัวแบบพยากรณ์ 98

6.2 สรุปผลการพยากรณ์ 100

6.3 ข้อเสนอแนะ 103

บรรณานุกรม 105

ภาคผนวก 108

 ภาคผนวก ก ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF 109

 ภาคผนวก ข ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD 121

 ภาคผนวก ค ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ LC-MLE 129

 ภาคผนวก ง ค่าพยากรณ์อัตราณณะปี พ.ศ. 2560-2566 137

ประวัติผู้เขียน 166



1584921123

CU Thesisis 5970203821 thesisis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างงบกำไรขาดทุนของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558.....	2
ตารางที่ 1.2 จำนวนพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบ.....	17
ตารางที่ 1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิต.....	23
ตารางที่ 1.5 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนประชากรกลางปี.....	23
ตารางที่ 1.6 รายชื่อจังหวัดแบ่งตามภูมิภาค.....	24
ตารางที่ 1.7 ผล ANOVA จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการมรณะ.....	26
ตารางที่ 2.1 ประเภทของการพยากรณ์และลักษณะเฉพาะ.....	33
ตารางที่ 2.2 รูปแบบของ ACF และ PACF ของแบบจำลอง.....	42
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศหญิง.....	49
ตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรหุ่นสำหรับปัจจัยภูมิภาค.....	50
ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น.....	60
ตารางที่ 4.1 การแบ่งชุดข้อมูลตามภูมิภาคและเพศ.....	78
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของ In – Sample Data.....	87
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของ Out – Sample Data.....	88
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ....	90
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปัวซอง... 90	
ตารางที่ 6.1 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของตัวแบบ.....	98
ตารางที่ 6.2 สรุปจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของแต่ละตัวแบบ.....	99
ตารางที่ 6.3 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการมรณะจำแนกตามปี.....	100
ตารางที่ 6.4 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการมรณะจำแนกตามอายุ.....	101



1584921123

CD IThesis 5970203821 thesis / rev: 02082562 03:28:15 / seq: 21

ตารางที่ 6.5 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกตามภูมิภาค	102
ตารางที่ 6.6 สำหรับค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกตามเพศ	103



1584921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 รายรับของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558	3
รูปที่ 1.2 รายจ่ายของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558	3
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศชาย อายุ 50 ปี	5
รูปที่ 1.4 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศชาย อายุ 40 ปี	5
รูปที่ 1.5 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศหญิง อายุ 40 ปี	5
รูปที่ 1.6 อัตราภาระ พ.ศ. 2550 – 2559	6
รูปที่ 1.7 อัตราภาระ พ.ศ. 2550 – 2559 จำแนกตามเพศ	7
รูปที่ 1.8 อัตราภาระ พ.ศ. 2550 – 2559 จำแนกตามช่วงอายุ	8
รูปที่ 1.9 อัตราภาระ พ.ศ. 2550 – 2559 จำแนกตามภูมิภาค	8
รูปที่ 1.10 อัตราภาระประชากรสหรัฐอเมริกาที่พยากรณ์ด้วยตัวแบบ Lee และ Carter	11
รูปที่ 1.11 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค ปี และเพศ	27
รูปที่ 1.12 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและปี	27
รูปที่ 1.13 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและเพศ	28
รูปที่ 1.14 ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคและปี	28
รูปที่ 1.15 ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคและเพศ	29
รูปที่ 1.16 ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคและอายุ	30
รูปที่ 2.1 การประมาณค่าเมทริกซ์แบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD	36
รูปที่ 3.1 เมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปร	51
รูปที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของทุกช่วงอายุ	52
รูปที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยหลังเลือกตัวแปรของทุกช่วงอายุ	53
รูปที่ 3.4 กราฟความคลาดเคลื่อนของทุกช่วงอายุ	54



1584921123

CD :Thesis 5970203821 thesis / rev: 02082562 03:28:15 / seq: 21

รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 1-19 ปี 55

รูปที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 20-39 ปี 56

รูปที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 40-59 ปี 57

รูปที่ 3.8 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 60-79 ปี 58

รูปที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 80-99 ปี 59

รูปที่ 3.10 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 1-19 ปี..... 62

รูปที่ 3.11 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 20-39 ปี 62

รูปที่ 3.12 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 40-59 ปี 63

รูปที่ 3.13 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 60-79 ปี 63

รูปที่ 3.14 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 80-99 ปี 64

รูปที่ 3.15 แผนผังแสดงขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ 2-TACF..... 67

รูปที่ 3.16 ค่า \hat{k}_t ของ In-Sample Data ตัวแบบ 2-TACF 73

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา ของตัวแบบ 2-TACF 74

รูปที่ 3.18 ACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF 75

รูปที่ 3.19 PACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF 75

รูปที่ 3.20 ค่าพยากรณ์ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF..... 76

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างค่า \hat{k}_t ของ In-Sample Data ตัวแบบ Lee-Carter 81

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา ของตัวแบบ Lee-Carter..... 81

รูปที่ 4.3 ตัวอย่าง ACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter 82

รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง PACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter 83

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างค่าพยากรณ์ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter 83

รูปที่ 5.1 อัตราภาระของเทศหญิง ปี พ.ศ. 2557 จำแนกตามภูมิภาค..... 91

รูปที่ 5.2 อัตราภาระของเทศหญิง ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามภูมิภาค..... 92

รูปที่ 5.3 อัตราภาระของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2562 จำแนกตามภูมิภาค..... 92

รูปที่ 5.4 อัตราภาระของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2566 จำแนกตามภูมิภาค..... 93

รูปที่ 5.5 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2557 จำแนกตามเพศ..... 94

รูปที่ 5.6 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามเพศ..... 94

รูปที่ 5.7 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2562 จำแนกตามเพศ..... 95

รูปที่ 5.8 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2566 จำแนกตามเพศ..... 95

รูปที่ 5.9 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศหญิง จำแนกตามอายุ..... 96

รูปที่ 5.10 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศชาย จำแนกตามอายุ..... 97



1584921123

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการวางแผนทางการเงินตนเองและครอบครัว โดยการวางแผนทางการเงินมีหลายวิธี เช่น การออมทรัพย์ การลงทุนเพื่อหวังผลกำไรในระยะยาว เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อจัดระเบียบทางการเงินสำหรับช่วงอายุหลังเกษียณหรือไม่สามารถประกอบอาชีพเพื่อหารายได้ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันหรือค่ารักษาพยาบาลเมื่อเจ็บป่วย ทำให้แบ่งเบาภาระแก่คนในครอบครัว การทำประกันชีวิตถือเป็นแนวทางการวางแผนทางการเงินที่ประชาชนให้ความสนใจ โดยเมื่อพิจารณาแนวโน้มของประเทศไทย พบว่าธุรกิจประกันชีวิตไทยของปี พ.ศ. 2560 มีเบี้ยประกันชีวิตรับรวมทั้งสิ้น 601,724.69 ล้านบาท คิดเป็นอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.89 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา และสมาคมประกันภัยชีวิตไทยคาดว่าในปี พ.ศ. 2561 อัตราการเติบโตของธุรกิจประกันชีวิตจะยังคงเติบโตประมาณร้อยละ 4 - 6 [1] จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าธุรกิจประกันชีวิตมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง

การประกันชีวิตมีหลักการคือการเฉลี่ยภัยที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มบุคคลกลุ่มหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นเป็นการตาย การสูญเสียอวัยวะ และทุพพลภาพ เมื่อบุคคลใดต้องประสบกับภัยเหล่านั้น ก็ได้รับเงินเฉลี่ยช่วยเหลือ โดยบริษัทประกันภัยจะทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการนำเงินดังกล่าวไปจ่ายให้แก่ผู้ได้รับภัย [2]

เมื่อพิจารณาให้บริษัทประกันภัยเป็นอุตสาหกรรม การที่บริษัทออกแบบกรมธรรม์รูปแบบต่าง ๆ คือการเลือกโครงการในการลงทุน (Project Investment) บริษัทจำเป็นต้องวางแผนจัดการให้รายรับมากกว่ารายจ่าย เพื่อให้บริษัทได้กำไรจากการลงทุน ยกตัวอย่างงบกำไรขาดทุนของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558 [2] แสดงในตารางที่ 1.1 และเขียนเป็นแผนภูมิวงกลมแสดงรายรับและรายจ่ายได้ดังรูปที่ 1.1 และ รูปที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างงบกำไรขาดทุนของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558

ลำดับ ที่	รายการ	ราคา (พันบาท)
รายรับ		
1	เบี้ยประกันภัยที่ถือเป็นรายได้	524,935,096
2	รายได้ค่าจ้างและค่าบำเหน็จ	1,267,995
3	รายได้จากการลงทุนสุทธิ	91,186,850
4	รายได้อื่น	1,097,170
5	กำไรจากการจำหน่ายเงินลงทุน	8,265,935
6	กำไรจากการกลับบัญชีรายการขาดทุนจากการด้อยค่าของสินทรัพย์	254,373
7	กำไรที่ยังไม่เกิดขึ้นจากการตีราคาเงินลงทุน	1,802,051
8	กำไรจากการจำหน่ายอสังหาริมทรัพย์ที่ได้รับจากการชำระหนี้	105,933
9	กำไรจากอัตราแลกเปลี่ยน	748,542
10	กำไรจากการเปลี่ยนแปลงมูลค่าสินทรัพย์	408,286
11	กำไรจากการประเมินมูลค่ายุติธรรมตราสารป้องกันความเสี่ยง	334,925
12	ภาษีเงินได้เกี่ยวกับองค์ประกอบของกำไรขาดทุนเบ็ดเสร็จอื่น	1,658,966
รายจ่าย		
13	สำรองประกันภัยสำหรับสัญญาประกันภัยระยะยาวเพิ่ม	230,616,020
14	สำรองความเสี่ยงภัยที่ยังไม่สิ้นสุดเพิ่ม	72,040
15	เงินจ่ายตามกรมธรรม์ประกันภัยที่เกิดขึ้นระหว่างปี	166,982,558
16	ค่าสินไหมทดแทนที่เกิดขึ้นระหว่างปี	35,420,357
17	ค่าจ้างและค่าบำเหน็จ	82,346,286
18	ค่าใช้จ่ายในการรับประกันภัยอื่น	10,573,222
19	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	35,742,307
20	ค่าใช้จ่ายอื่น	742,358
21	ขาดทุนจากการด้อยค่าของสินทรัพย์	508,055
22	ขาดทุนจากการทำสัญญาอนุพันธ์	2,973,085
23	เงินสมทบสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย	996,678
24	เงินสมทบกองทุนประกันชีวิต	544,507
25	ภาษีเงินได้นิติบุคคล	12,123,725

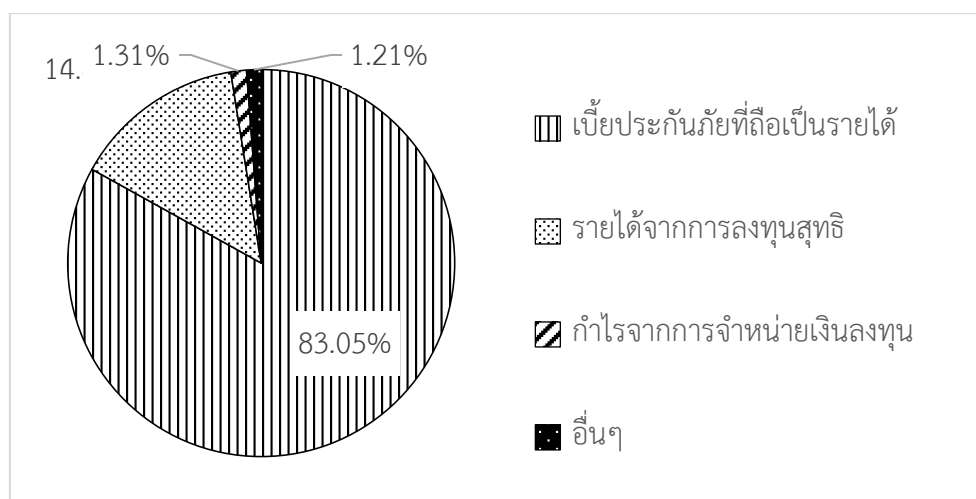


1584921123

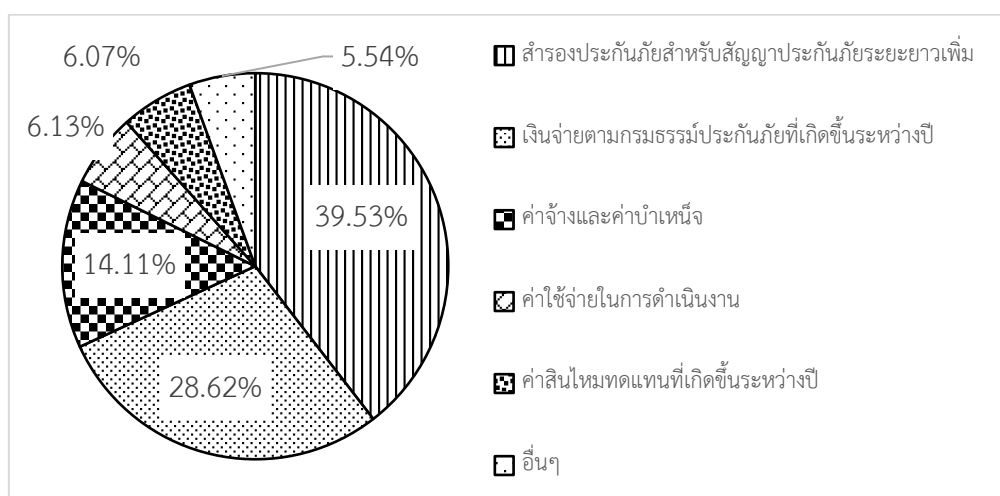
CU :Thesis 5970203821 thesis / revv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

ตารางที่ 1.1 ตัวอย่างงบกำไรขาดทุนของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายการ	ราคา (พันบาท)
26	ขาดทุนจากการเปลี่ยนแปลงมูลค่าเงินลงทุน	3,434,131
27	ขาดทุนจากการประมาณการตามหลักคณิตศาสตร์ประกันภัยสำหรับโครงการ ผลประโยชน์ของพนักงาน	327,833
กำไร (ขาดทุน)		48,662,960



รูปที่ 1.1 รายรับของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558



รูปที่ 1.2 รายจ่ายของธุรกิจประกันชีวิต พ.ศ. 2558

จากรูปที่ 1.1 และ รูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่า รายรับส่วนใหญ่ของบริษัทประกันชีวิตคือเบี้ยประกัน คิดเป็นร้อยละ 82.98 ส่วนรายจ่ายส่วนใหญ่ของบริษัทประกันชีวิตคือเงินสำรองประกันภัย และเงินจ่ายตามกรมธรรม์ประกันภัย คิดเป็นร้อยละ 39.53 และ 28.62 ตามลำดับ โดยการกำหนดเบี้ยประกัน เงินสำรองประกันภัย และเงินจ่ายตามกรมธรรม์ประกันภัยจะต้องคำนวณอย่างรอบคอบ เพราะส่งผลกระทบต่อกำไรของบริษัทเป็นอย่างมาก

ธุรกิจประกันชีวิตเป็นธุรกิจที่เกี่ยวกับการจัดการความเสี่ยงภัยตามข้อตกลงในสัญญาประกันภัย กล่าวคือความเสี่ยงต่อการให้ความคุ้มครองกลุ่มผู้เอาประกันที่เสียชีวิตก่อนวัยอันควร ซึ่งกลุ่มผู้เอาประกันเหล่านี้มีอัตราฆณะในแต่ละช่วงอายุไม่แน่นอน การพยากรณ์อัตราฆณะจึงถือเป็นเครื่องมือในการจัดการความเสี่ยงนี้ [3] โดยบริษัทประกันชีวิตจะนำอัตราฆณะไปใช้งานได้หลายลักษณะ คือ

1. การกำหนดเบี้ยประกัน

บริษัทประกันชีวิตจะต้องคิดรูปแบบประกันชีวิตหรือกรมธรรม์ ซึ่งถือเป็นสินค้าของบริษัท ราคาของกรมธรรม์จะเรียกว่า เบี้ยประกัน (Premium) อัตราฆณะเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดเบี้ยประกัน การพยากรณ์อัตราฆณะที่เหมาะสม จะส่งผลต่อการกำหนดเบี้ยประกันซึ่งเป็นต้นทุนของบริษัทประกันชีวิต อีกทั้งยังทำให้ผู้เอาประกันจ่ายเบี้ยประกันอย่างเป็นธรรม โดยเบี้ยประกันจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ เพศ และปีที่ทำประกัน ยกตัวอย่างเบี้ยประกันของบริษัทประกันภัยแห่งหนึ่ง จะสามารถพิจารณาได้เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เมื่อพิจารณาเบี้ยประกันของผู้เอาประกันเพศเดียวกัน ทำประกันในปีเดียวกัน แต่อายุแตกต่างกัน จะพบว่าราคาเบี้ยประกันไม่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และ รูปที่ 1.4 โดยเบี้ยประกัน สำหรับอายุ 50 ปี และ 40 ปี เท่ากับ 35,760 บาท และ 25,750 บาท ตามลำดับ

กรณีที่ 2 เมื่อพิจารณาเบี้ยประกันของผู้เอาประกันที่อายุเท่ากัน ทำประกันในปีเดียวกัน แต่คนละเพศ จะพบว่าราคาเบี้ยประกันไม่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 1.4 และ รูปที่ 1.5 โดยเบี้ยประกัน สำหรับเพศชายและเพศหญิง เท่ากับ 25,750 บาท และ 21,250 บาท ตามลำดับ

พิเศษสำหรับ คุณผู้ชาย	อายุ 50 ปี
ระยะเวลาเอาประกันภัย ถึงอายุ 90 ปี	ระยะเวลาชำระเบี้ยประกันภัย 20 ปี

หากคุณรัก และห่วงใยใครสักคน . . . ส่งต่อสายใยแห่งความผูกพันถึงคนที่คุณรักด้วย . . . แบบประกัน "ห่วงรัก" เพื่อเป็นประกันชีวิตที่ให้ความคุ้มครองกรณีเสียชีวิต จนถึงอายุ 90 ปี ด้วยการชำระเบี้ยประกันเพียง 20 ปี

ความคุ้มครอง	จำนวนเงินเอาประกันภัย (บาท)	งวดละ (บาท)
สัญญาประกันชีวิต ห่วงรัก พิธีเยี่ยม	1,000,000	35,760
สัญญาเพิ่มเติม		
ยกเว้นเบี้ยประกันภัยกรณีทุพพลภาพ(1) (***)	1,000,000	0
รวมชำระเบี้ยประกันภัยรายปี งวดละ		35,760

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศชาย อายุ 50 ปี

พิเศษสำหรับ คุณผู้ชาย	อายุ 40 ปี
ระยะเวลาเอาประกันภัย ถึงอายุ 90 ปี	ระยะเวลาชำระเบี้ยประกันภัย 20 ปี

หากคุณรัก และห่วงใยใครสักคน . . . ส่งต่อสายใยแห่งความผูกพันถึงคนที่คุณรักด้วย . . . แบบประกัน "ห่วงรัก" เพื่อเป็นประกันชีวิตที่ให้ความคุ้มครองกรณีเสียชีวิต จนถึงอายุ 90 ปี ด้วยการชำระเบี้ยประกันเพียง 20 ปี

ความคุ้มครอง	จำนวนเงินเอาประกันภัย (บาท)	งวดละ (บาท)
สัญญาประกันชีวิต ห่วงรัก พิธีเยี่ยม	1,000,000	25,750
สัญญาเพิ่มเติม		
ยกเว้นเบี้ยประกันภัยกรณีทุพพลภาพ(1) (***)	1,000,000	0
รวมชำระเบี้ยประกันภัยรายปี งวดละ		25,750

รูปที่ 1.4 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศชาย อายุ 40 ปี

พิเศษสำหรับ คุณผู้หญิง	อายุ 40 ปี
ระยะเวลาเอาประกันภัย ถึงอายุ 90 ปี	ระยะเวลาชำระเบี้ยประกันภัย 20 ปี

หากคุณรัก และห่วงใยใครสักคน . . . ส่งต่อสายใยแห่งความผูกพันถึงคนที่คุณรักด้วย . . . แบบประกัน "ห่วงรัก" เพื่อเป็นประกันชีวิตที่ให้ความคุ้มครองกรณีเสียชีวิต จนถึงอายุ 90 ปี ด้วยการชำระเบี้ยประกันเพียง 20 ปี

ความคุ้มครอง	จำนวนเงินเอาประกันภัย (บาท)	งวดละ (บาท)
สัญญาประกันชีวิต ห่วงรัก พิธีเยี่ยม	1,000,000	21,250
สัญญาเพิ่มเติม		
ยกเว้นเบี้ยประกันภัยกรณีทุพพลภาพ(1) (***)	1,000,000	0
รวมชำระเบี้ยประกันภัยรายปี งวดละ		21,250

รูปที่ 1.5 ตัวอย่างราคาเบี้ยประกันสำหรับเพศหญิง อายุ 40 ปี

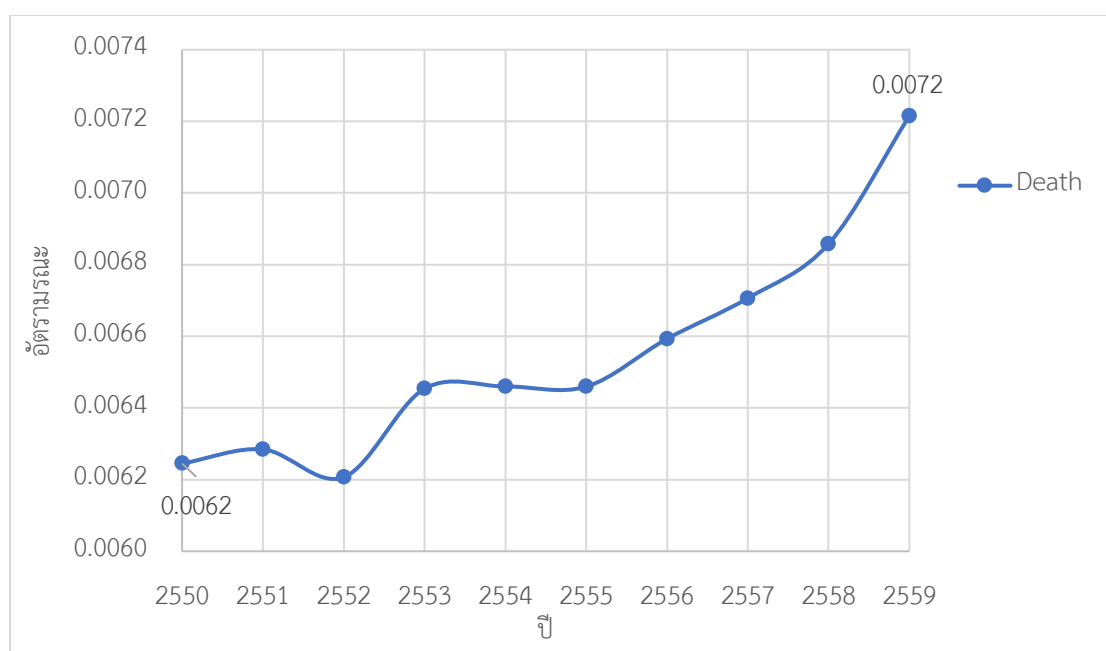
2. การกำหนดผลประโยชน์ของผู้เอาประกัน

ผลประโยชน์ของผู้เอาประกันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ เงินที่จ่ายเมื่อผู้เอาประกันเสียชีวิต และเงินที่จ่ายเมื่อผู้เอาประกันคนมีชีวิตอยู่ครบกำหนดตามเงื่อนไขกรมธรรม์ จะเห็นได้ว่าผลประโยชน์ของผู้เอาประกันขึ้นอยู่กับความเสี่ยงชีวิตหรือมีชีวิตอยู่ของผู้เอาประกัน ดังนั้นการพยากรณ์อัตราการระยะที่เหมาะสม ส่งผลให้บริษัทสามารถคาดการณ์รายจ่ายของตนเองและดำเนินธุรกิจต่อไปได้อย่างมั่นคง

3. การกำหนดเงินสำรองประกันภัย

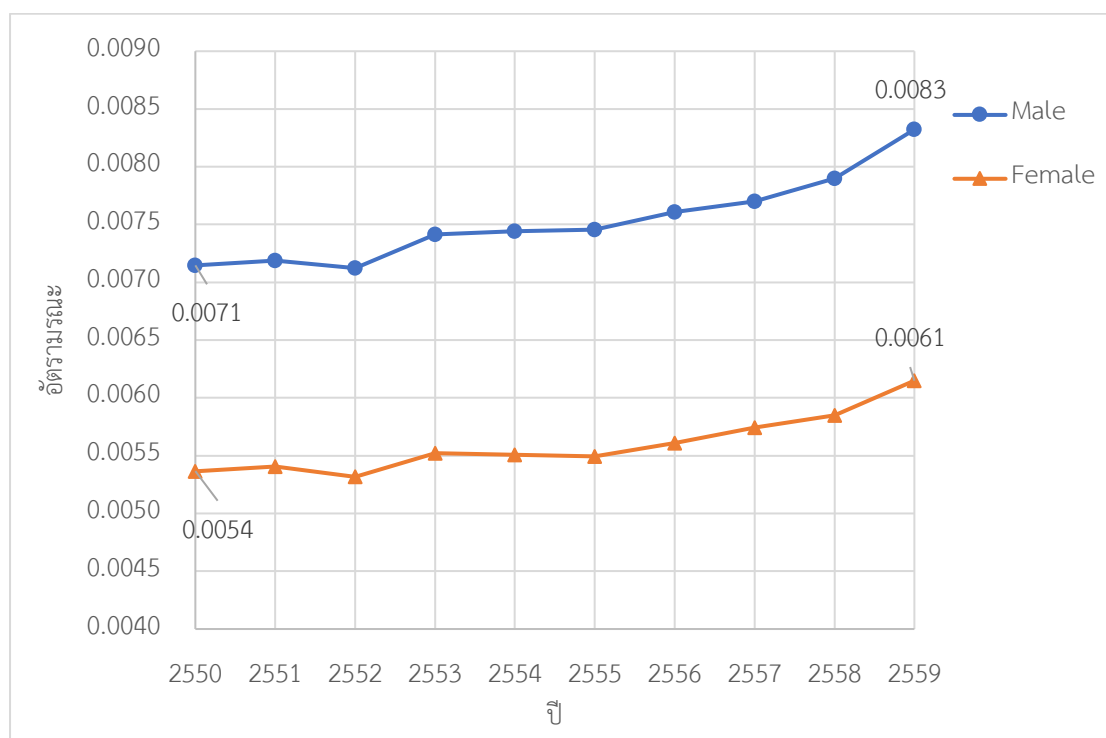
ในกรณีการกำหนดเบี้ยประกันแบบคงที่ ในช่วงที่ผู้เอาประกันมีอายุมากขึ้น อัตราการระยะก็จะเพิ่มขึ้น แต่ผู้เอาประกันจะมีความสามารถในการจ่ายเบี้ยประกันได้น้อยกว่าความเสี่ยงของตน บริษัทจึงต้องสำรองเงินไว้เพื่อจ่ายชดเชยแก่ผู้เอาประกันมากขึ้น ซึ่งอัตราการระยะเป็นปัจจัยในการกำหนดเงินสำรองประกันภัยส่วนนี้ ให้เพียงพอต่อการชดเชยผู้เอาประกัน และมีไม่มากเกินไปจนไม่ก่อให้เกิดประโยชน์กับบริษัท

จากการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีแนวโน้มของอัตราการระยะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี [4] ดังแสดงในรูปที่ 1.6 โดยอัตราการระยะในปี พ.ศ. 2550 - 2559 เพิ่มขึ้นจาก 0.0062 เป็น 0.0072



รูปที่ 1.6 อัตราการระยะ พ.ศ. 2550 - 2559

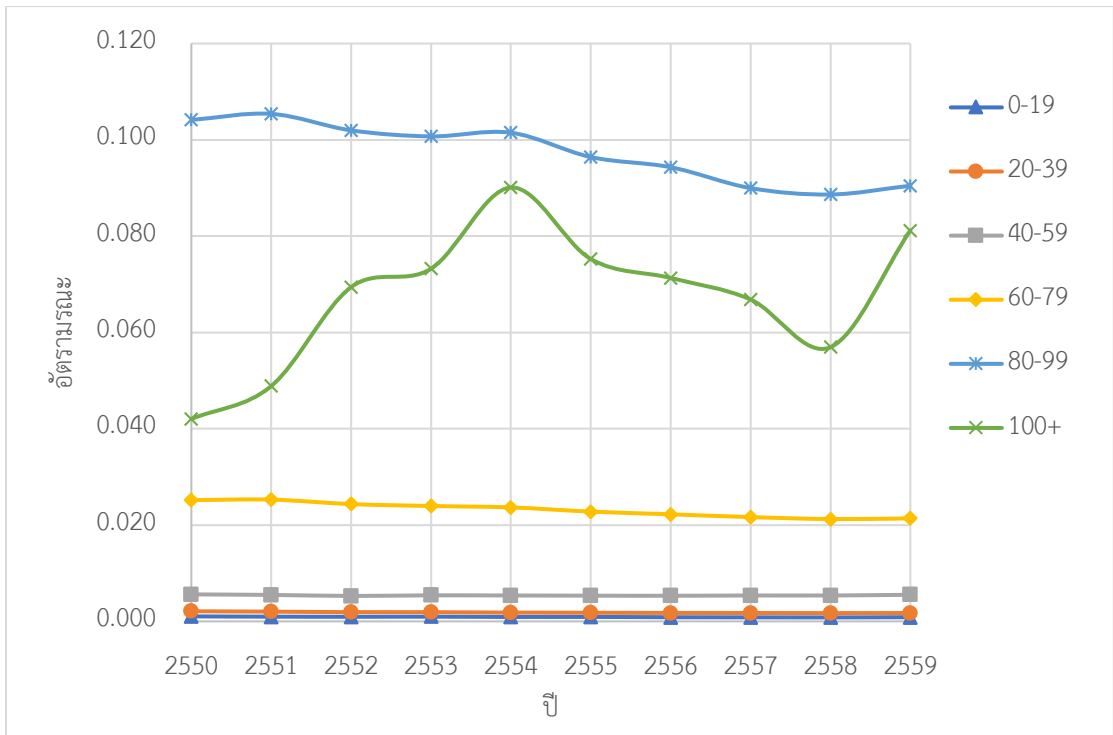
สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการณะ เมื่อพิจารณาอัตราการณะของเพศชายและหญิง พบว่าอัตราการณะของเพศชายสูงกว่าอัตราการณะของเพศหญิง และมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี ดังแสดงในรูปที่ 1.7 โดยอัตราการณะในปี พ.ศ. 2550 - 2559 ของเพศชาย เพิ่มขึ้นจาก 0.0071 เป็น 0.0083 และเพศหญิงจาก 0.0054 และ 0.0061 ตามลำดับ



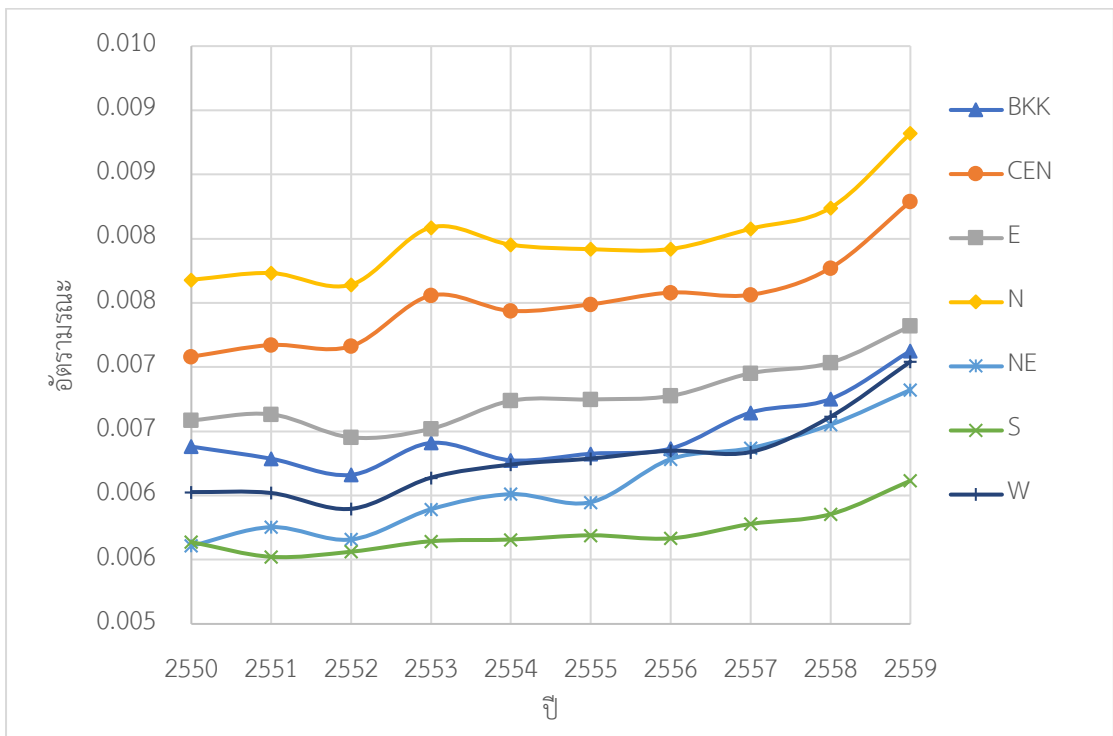
รูปที่ 1.7 อัตราการณะ พ.ศ. 2550 – 2559 จำแนกตามเพศ

เมื่อพิจารณาอัตราการณะของแต่ละช่วงอายุ โดยการแบ่งช่วงอายุเป็นช่วงละ 20 ปี พบว่าแต่ละช่วงอายุมีอัตราการณะที่ต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.8 ช่วงอายุที่มีอัตราการณะต่ำที่สุดคือ 0 – 19 ปี และอัตราการณะจะสูงขึ้นเมื่อช่วงอายุเพิ่มขึ้น ยกเว้นช่วงอายุ 80-99 ปี ที่มีอัตราการณะสูงกว่าช่วงอายุ 100 ปีขึ้นไป

นอกเหนือจากปัจจัยด้านอายุ เพศ และเวลาที่มีผลต่ออัตราการณะดังแสดงข้างต้นแล้ว ปัจจัยภูมิภาคเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้อัตราการณะในแต่ละภูมิภาคมีค่าไม่เท่ากัน [5] ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการณะของประชากรไทยดังแสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.8 อัตราการณะ พ.ศ. 2550 - 2559 จำแนกตามช่วงอายุ



รูปที่ 1.9 อัตราการณะ พ.ศ. 2550 - 2559 จำแนกตามภูมิภาค



เหตุผลที่ทำให้อัตราการฉ้อโกงในแต่ละภูมิภาคไม่เท่ากันคือ แต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกันทั้งภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม และวัฒนธรรม ส่งผลทำให้วิถีการดำเนินชีวิตของประชากรในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ในด้านภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมของแต่ละภูมิภาค พื้นที่ชนบทมีสภาพแวดล้อมเป็นธรรมชาติ แตกต่างจากพื้นที่ในเมืองที่มีสภาพแวดล้อมที่มีมลพิษทางอากาศและมลพิษทางน้ำมากกว่า เนื่องจากพื้นที่ในเมืองมีประชากรอาศัยอยู่แออัดและประชากรเหล่านั้นก็สร้างมลพิษออกสู่ธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นการใช้รถยนต์เป็นจำนวนมาก โรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ อีกทั้งสภาพแวดล้อมในเมืองรายล้อมไปด้วยตึกสูง ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง ส่วนในด้านวัฒนธรรมการดำเนินชีวิต ประชากรในเมืองจะมีวิถีชีวิตที่มีความเร่งรีบมากกว่าในชนบท จะเห็นได้จากวัฒนธรรมการรับประทานอาหารที่เปลี่ยนไป โดยประชากรในเมืองส่วนใหญ่หันมานิยมรับประทานอาหารฟาสต์ฟู้ดและอาหารแช่แข็ง เนื่องจากตอบสนองวิถีชีวิตที่เร่งรีบได้ดี และประชากรในเมืองส่วนใหญ่ทำงานหนัก ทำให้ไม่มีเวลาออกกำลังกายและพักผ่อนไม่เพียงพอ ทำให้สุขภาพของประชากรในเมืองแย่ อาจส่งผลให้อัตราการฉ้อโกงของประชากรในเมืองสูงกว่าอัตราการฉ้อโกงของประชากรในชนบท แต่เมื่อพิจารณาถึงความเจริญของสาธารณูปโภคในพื้นที่เมืองที่มีความเจริญมากกว่าในพื้นที่ชนบท ความพร้อมด้านสาธารณสุขในเมืองก็ย่อมมีมากกว่าในชนบทเช่นกัน ทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงการรักษาทางการแพทย์ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและได้รับบริการอย่างทั่วถึง ด้วยเหตุผลนี้ก็อาจส่งผลให้อัตราการฉ้อโกงของประชากรในเมืองต่ำกว่าอัตราการฉ้อโกงของประชากรในชนบท ดังนั้นการพยากรณ์อัตราการฉ้อโกงโดยคำนึงถึงปัจจัยภูมิภาคจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ทราบอัตราการฉ้อโกงที่แม่นยำมากขึ้น

ในอดีตที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการเสนอตัวแบบสำหรับการพยากรณ์อัตราการฉ้อโกงเป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามตัวแบบที่ได้รับความนิยม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆ งานวิจัยได้แก่ตัวแบบของ Lee และ Carter [6] ซึ่งเป็นตัวแบบพยากรณ์อัตราการฉ้อโกงรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อายุต่าง ๆ โดยใช้วิธีการทางอนุกรมเวลา (Time Series Method) โดยมีสมการตัวแบบแสดงด้วยสมการที่ (1.1)

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad (1.1)$$

เมื่อ $m_{x,t}$ คือ อัตราการณกลางปีของประชากรอายุ x ในปีที่ t
 a_x และ b_x คือ พารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ
 k_t คือ พารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปีที่ t
 $\varepsilon_{x,t}$ คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ โดยที่ $\varepsilon_{x,t} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a_x , b_x และ k_t เมื่อสมมติให้เวกเตอร์ a , b และ k เป็นผลเฉลยหนึ่งของสมการตัวแบบ สำหรับค่าคงที่ c ใด ๆ จะพบว่า $a - bc$, b และ $k + c$ เป็นผลเฉลยของสมการด้วย และ a , bc และ k/c ก็เป็นผลเฉลยของสมการเช่นเดียวกัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลเฉลยเดียวจึงกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม 2 เงื่อนไข ได้แก่ $\sum_x b_x = 1$ และ $\sum_t k_t = 0$ ซึ่งทำให้ \hat{a}_x คือ ค่าเฉลี่ย $\ln(m_{x,t})$ ของทุกปีสำหรับอายุ x ใด ๆ และมีพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าอีกสองตัวคือ b_x และ k_t จากนั้นจัดรูปสมการที่ (1.1) ใหม่ดังแสดงในสมการที่ (1.2)

$$Z_{x,t} = \ln(m_{x,t}) - \hat{a}_x = b_x k_t \quad (1.2)$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าไม่มีตัว Regressor จึงจะใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ b_x และ k_t ด้วยวิธีการกระจายเมทริกซ์ด้วยวิธีแยกค่าแบบเดี่ยว (Singular Value Decomposition: SVD) โดยให้ $Z_{x,t} = USV^T$ จะได้ว่า \hat{b}_x คือ k คอลัมน์แรกของ U และ \hat{k}_t คือ Singular Value ของเมทริกซ์ S ที่มากที่สุดจำนวน k ค่าคูณกับ k แถวแรกของ V^T เมื่อ k คือ Rank ที่ต้องการใช้ในการประมาณค่าแบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD

หลังจากได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ทั้งสามตัวและนำไปพยากรณ์อัตราการณะ จะพบว่าจำนวนคนตายจริงกับจำนวนคนตายที่คำนวณมาจากอัตราการณะที่พยากรณ์ได้มีจำนวนไม่เท่ากัน เนื่องจากค่า \hat{k}_t ที่ประมาณค่าได้ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของ $\ln(m_{x,t})$ มีค่าน้อยที่สุด แต่ไม่ได้ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองของจำนวนการตายมีค่าน้อยที่สุดด้วย ดังนั้นจึงทำการประมาณค่า \hat{k}_t ใหม่อีกรอบโดยใช้ \hat{a}_x และ \hat{b}_x จากขั้นตอนแรกด้วยสมการที่ (1.3)

$$D_t = \sum \left(E_{x,t} e^{\hat{a}_x + \hat{k}_t \hat{b}_x} \right) \quad (1.3)$$

เมื่อ D_t คือ จำนวนผู้เสียชีวิตในปีที่ t

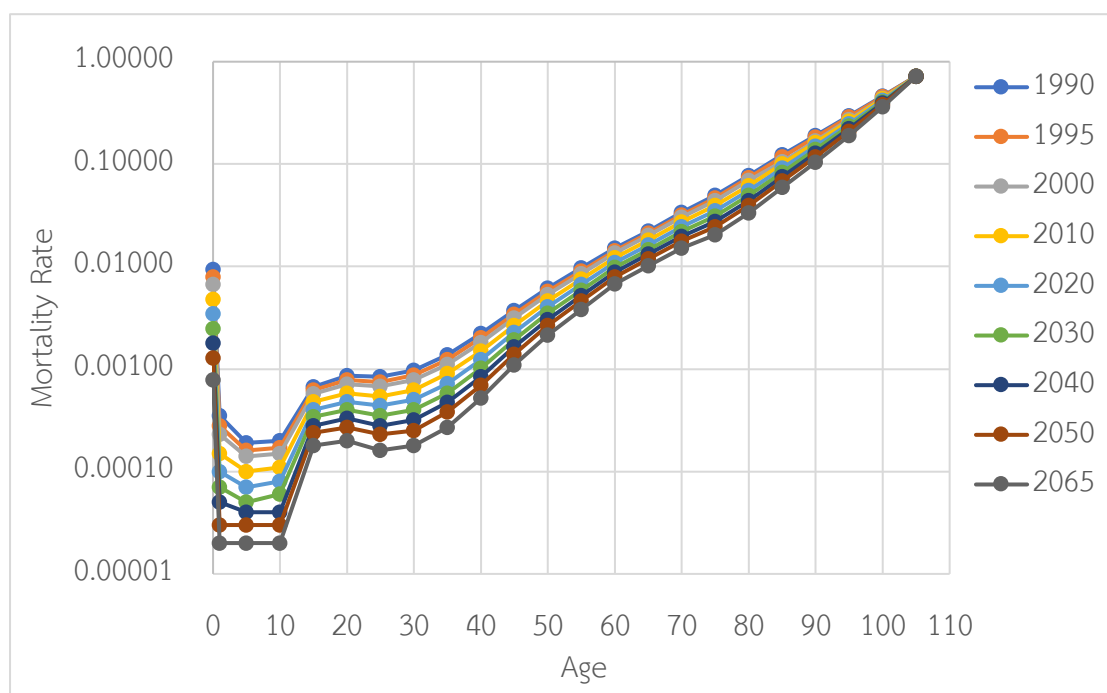
$E_{x,t}$ คือ จำนวนประชากรอายุ x ในปีที่ t

\hat{a}_x และ \hat{b}_x คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ

\hat{k}_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปีที่ t

สำหรับการพยากรณ์พารามิเตอร์ \hat{k}_t ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลา จะใช้ตัวแบบจำลอง คือ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) โดยใช้อันดับของ p , d และ q เป็น 0,1,0 ตามลำดับ หรือ Random Walk With Drift

เมื่อได้สมการแบบจำลองแล้ว Lee และ Carter จึงนำสมการทำนายอัตราณณะจากปี ค.ศ. 1989 - 2065 ดังแสดงในรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 อัตราณณะประชากรสหรัฐอเมริกาที่พยากรณ์ด้วยตัวแบบ Lee และ Carter

จากรูปที่ 1.10 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบที่อายุเดียวกัน ปีที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราณณะมีค่าน้อยลง และเมื่อเปรียบเทียบที่ปีเดียวกัน อายุที่มากขึ้นจะส่งผลให้อัตราณณะมีค่ามากขึ้น ยกเว้นในกลุ่มอายุ 0 - 1 ปีที่มีแนวโน้มต่างจากกลุ่มอายุอื่น

ต่อมา Brouhns และคณะ [7] ได้พัฒนาตัวแบบ Lee - Carter โดยใช้วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a_x , b_x และ k_t แทนวิธี SVD และกำหนดให้จำนวนผู้เสียชีวิตกลางปีมีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ตามสมการที่ (1.4)

$$D_{x,t} \sim \text{Poisson}(E_{x,t}m_{x,t}) \quad (1.4)$$

เมื่อ $D_{x,t}$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตอายุ x ในปี t
 $E_{x,t}$ คือ จำนวนประชากรกลางปีอายุ x ในปี t
 $m_{x,t}$ คือ อัตราการตายกลางปีของประชากรอายุ x ในปี t โดยที่ $m_{x,t} = e^{a_x + b_x k_t}$

จากสมการที่ (1.4) สามารถเขียนฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นได้ดังสมการที่ (1.5)

$$\log L(a_x, b_x, k_t) = \sum_{x,t} \{D_{x,t} (a_x + b_x k_t) - E_{x,t} (e^{a_x + b_x k_t})\} + \text{constant} \quad (1.5)$$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a_x , b_x และ k_t สามารถทำได้โดยหาอนุพันธ์สมการที่ (1.5) เทียบกับพารามิเตอร์ตัวนั้น ๆ แล้วให้เท่ากับ 0 จากนั้นจึงหาค่าพารามิเตอร์โดยการแก้สมการหาผลเฉลยโดยการวนซ้ำด้วยวิธี Newton Method ดังสมการที่ (1.6)

$$\hat{\theta}^{(v+1)} = \hat{\theta}^{(v)} - \frac{\partial L^{(v)} / \partial \theta}{\partial^2 L^{(v)} / \partial \theta^2} \quad (1.6)$$

เมื่อ $L^{(v)} = L^{(v)}(\hat{\theta}^{(v)})$
 θ คือ พารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า
 v คือ จำนวนรอบในการวนซ้ำ

จากสมการที่ (1.6) สามารถเขียนเป็นสมการสำหรับหาผลเฉลยค่าพารามิเตอร์ \hat{a}_x , \hat{b}_x และ \hat{k}_t ดังสมการที่ (1.7), (1.8) และ (1.9) โดยใช้ค่าเริ่มต้น $\hat{a}_x^{(0)} = 0$, $\hat{b}_x^{(0)} = 1$ และ $\hat{k}_t^{(0)} = 0$ และจะวนซ้ำจนกระทั่งผลเฉลยในรอบที่ $v+1$ มีค่าต่างจากรอบที่ v น้อยมาก

$$\hat{a}_x^{(v+1)} = \hat{a}_x^{(v)} - \frac{\sum_t (D_{x,t} - \hat{D}_{x,t}^{(v)})}{-\sum_t \hat{D}_{x,t}^{(v)}}, \quad \hat{b}_x^{(v+1)} = \hat{b}_x^{(v)}, \quad \hat{k}_t^{(v+1)} = \hat{k}_t^{(v)} \quad (1.7)$$

$$\hat{k}_t^{(v+2)} = \hat{k}_t^{(v+1)} - \frac{\sum_x (D_{x,t} - \hat{D}_{x,t}^{(v+1)}) \hat{b}_x^{(v+1)}}{-\sum_x \hat{D}_{x,t}^{(v+1)} (\hat{b}_x^{(v+1)})^2}, \quad \hat{a}_x^{(v+2)} = \hat{a}_x^{(v+1)}, \quad \hat{b}_x^{(v+2)} = \hat{b}_x^{(v+1)} \quad (1.8)$$

$$\hat{b}_x^{(v+3)} = \hat{b}_x^{(v+2)} - \frac{\sum_t (D_{x,t} - \hat{D}_{x,t}^{(v+2)}) \hat{k}_t^{(v+2)}}{-\sum_t \hat{D}_{x,t}^{(v+2)} (\hat{k}_t^{(v+2)})^2}, \quad \hat{a}_x^{(v+3)} = \hat{a}_x^{(v+2)}, \quad \hat{k}_t^{(v+3)} = \hat{k}_t^{(v+2)} \quad (1.9)$$

$$\text{เมื่อ} \quad \hat{D}_{x,t}^{(v)} = E_{x,t} e^{(\hat{a}_x^{(v)} + \hat{b}_x^{(v)} \hat{k}_t^{(v)})}$$

สำหรับการพยากรณ์พารามิเตอร์ \hat{k}_t จะพยากรณ์แยกเป็นเพศชายและเพศหญิงโดยใช้ตัวแบบจำลอง ARIMA (0,1,1) สามารถเขียนดังสมการที่ (1.10)

$$\hat{k}_t - \hat{k}_{t-1} = C_s + \varepsilon_t + \theta_s \varepsilon_{t-1} \quad (1.10)$$

เมื่อ C_s คือ ค่าเฉลี่ยของ k_t สำหรับเพศ s

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t

θ_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับเพศ s

หลังจากได้ค่าพยากรณ์อัตราณณะแล้ว จึงนำอัตราณณะที่ได้ไปเปรียบเทียบกับความแม่นยำกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย SVD โดยการหาค่า Variance Accounted For (VAF) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (1.11)

$$VAF_i = \frac{\text{var}(y_i - \hat{y}_i)}{\text{var}(y_i)} \quad (1.11)$$

เมื่อ y_i คือ อัตราจริง

\hat{y}_i คือ อัตราที่ได้จากการพยากรณ์

พบว่าอัตราที่ทำนายจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE มีความแม่นยำกว่าวิธี SVD เนื่องจากมีค่า VAF มากกว่า โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนสำหรับประชากรที่อายุมากกว่า 90 ปีขึ้นไป แต่โดยภาพรวมแล้ว อัตราที่ทำนายจากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MLE มีความแม่นยำมากกว่าวิธี SVD อยู่เพียงเล็กน้อย

จากนั้น Danesi และคณะ [5] นำตัวแบบ Lee - Carter และใช้วิธี MLE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้กับแต่ละภูมิภาคในประเทศอิตาลี แบ่งประเทศอิตาลีเป็น I ภูมิภาค โดยที่ $I \in \{1, 2, 3, \dots, 18\}$ และปรับปรุงตัวแบบ Lee - Carter เป็น 5 ตัวแบบ ได้แก่

1. ตัวแบบ Double: ใช้ตัวแบบ Lee - Carter กับในแต่ละภูมิภาค และเพิ่ม Bilinear Component เป็นสองพจน์

$$\log m_{x,t}^i = a_x^i + b_{x,1}^i k_{t,1}^i + b_{x,2}^i k_{t,2}^i \quad (1.12)$$

เมื่อ $m_{x,t}^i$ คืออัตราเฉลี่ยกลางปีของประชากรอายุ x ในปี t ภูมิภาค i

a_x^i คือ พารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ ภูมิภาค i

$b_{x,1}^i$ คือ พารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ ภูมิภาค i ของ Bilinear พจน์ที่ 1

$b_{x,2}^i$ คือ พารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ ภูมิภาค i ของ Bilinear พจน์ที่ 2

$k_{t,1}^i$ คือ พารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปี t ภูมิภาค i ของ Bilinear พจน์ที่ 1

$k_{t,2}^i$ คือ พารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปี t ภูมิภาค i ของ Bilinear พจน์ที่ 2



โดยมีเงื่อนไขคือ

$$\begin{aligned}\sum_t k_{t,1}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,1}^i = 1 \\ \sum_t k_{t,2}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,2}^i = 1 \\ \sum_t k_{t,1}^i k_{t,2}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,1}^i b_{x,2}^i = 1\end{aligned}$$

2. ตัวแบบ Common: ใช้ตัวแบบ Lee - Carter กับในแต่ละภูมิภาคและเพิ่ม Bilinear Component เป็นสองพจน์ แต่ให้ Time Index พจน์ที่ 1 คงที่ในทุภูมิภาค

$$\log m_{x,t}^i = a_x^i + b_{x,1}^i k_{t,1}^i + b_{x,2}^i k_{t,2}^i \quad (1.13)$$

โดยมีเงื่อนไขคือ

$$\begin{aligned}\sum_t k_{t,1}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,1}^i = 1 \\ \sum_t k_{t,2}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,2}^i = 1 \\ \sum_t k_{t,1}^i k_{t,2}^i &= 0 \text{ และ } \sum_x b_{x,1}^i b_{x,2}^i = 1\end{aligned}$$

3. ตัวแบบ Simple: ใช้ตัวแบบ Lee - Carter กับในแต่ละภูมิภาค

$$\log m_{x,t}^i = a_x^i + b_x^i k_t^i \quad (1.14)$$

โดยมีเงื่อนไขคือ

$$\sum_t k_t^i = 0 \text{ และ } \sum_x b_x^i = 1$$

4. ตัวแบบ Division: ใช้ตัวแบบ Lee - Carter รวมกับจับกลุ่มแต่ละภูมิภาคเป็นกลุ่มใหญ่ด้วยวิธี Cluster

$$\log m_{x,t}^i = a_x^i + b_x^i k_t^i \quad (1.15)$$

โดยที่ $k_t^i = k_t^{(h)}$ สำหรับ $i \in J_h$ เมื่อ $J_1, \dots, J_{I'}$ คือการแบ่งกลุ่มภูมิภาค $\{1, \dots, I'\}$ และมีเงื่อนไขคือ

$$\sum_t k_t^{(h)} = 0 \text{ และ } \sum_{i \in J_h, x} b_x^i = |J_h| \text{ สำหรับ } h = 1, \dots, I'$$

5. ตัวแบบ One: ใช้ตัวแบบ Lee - Carter กับในแต่ละภูมิภาค แต่กำหนดให้ Time Index คงที่สำหรับทุกภูมิภาค

$$\log m_{x,t}^i = a_x^i + b_x^i k_t^i \quad (1.16)$$

โดยมีเงื่อนไขคือ

$$\sum_t k_t = 0 \text{ และ } \sum_{i,x} b_x^i = I$$

สำหรับการพยากรณ์พารามิเตอร์ \hat{k}_t จะใช้ตัวแบบจำลอง VARIMA (p,1,q) ดังแสดงในสมการที่ (1.17)

$$\hat{k}_t = \phi_0 + \hat{k}_{t-1} + \xi_t \quad (1.17)$$

เมื่อ \hat{k}_t คือ เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปีที่ t โดยที่

$$\hat{k}_t = [\hat{k}_t^1 \ \dots \ \hat{k}_t^m]^T \text{ สำหรับจำนวนภูมิภาค } m \text{ ภูมิภาค}$$

ϕ_0 คือ Drift Vector

ξ_t คือ White Noise Process โดยที่ $\xi_t \sim N(0, \Sigma^\xi)$



1584921123

หลังจากได้สมการสำหรับการพยากรณ์อัตราณณะแล้ว จึงนำอัตราณณะที่ได้จากการพยากรณ์ไปเปรียบเทียบกับความแม่นยำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) สำหรับภูมิภาค i ซึ่งแสดงดังสมการที่ (1.18)

$$MAPE^i = \frac{1}{nk} \sum_{x,t} \left| \frac{m_{x,t}^i - \hat{m}_{x,t}^i}{m_{x,t}^i} \right| \quad (1.18)$$

เมื่อ n คือ จำนวนปีที่พยากรณ์

k คือ จำนวนรายอายุที่พยากรณ์

จากการคำนวณค่า MAPE สำหรับทุกภูมิภาค พบว่าตัวแบบที่มีค่า MAPE เฉลี่ยทุกภูมิภาค น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ Double

แต่เมื่อพิจารณาสมการพยากรณ์ในแง่ของจำนวนพารามิเตอร์ในสมการและความแม่นยำ จะใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแบบ Akaike Information Criterion (AIC) และ Bayesian Information Criterion (BIC) สามารถหาได้ดังสมการที่ (1.19) และ (1.20)

$$AIC = 2d - 2\ell \quad (1.19)$$

$$BIC = d \log(g) - 2\ell \quad (1.20)$$

เมื่อ d คือ จำนวนพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1.2

g คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยที่ $g = I \cdot k \cdot n$

ℓ คือ ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น โดยที่ $\ell = \sum_{i,x,t} (D_{x,t}^i \log \hat{m}_{x,t}^i - E_{x,t}^i \hat{m}_{x,t}^i)$

ตารางที่ 1.2 จำนวนพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบ

ตัวแบบ	จำนวนพารามิเตอร์
Double	$(3k + 2n)I$
Common	$(2k + n)(I + 1)$
Simple	$(2k + n)I$
Division	$2kI + nI'$
One	$2kI + n$

- เมื่อ n คือ จำนวนปีที่พยากรณ์
 k คือ จำนวนรายอายุที่พยากรณ์
 I คือ จำนวนภูมิภาคที่พยากรณ์
 I' คือ จำนวนกลุ่มภูมิภาคที่แบ่งกลุ่มใหม่โดยวิธี Cluster

พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมเมื่อใช้เกณฑ์คัดเลือกตัวแบบ AIC และ BIC พิจารณา ได้แก่ ตัวแบบ Common

หลังจากนั้น Chen และ Millosovich [8] ได้เพิ่มปัจจัยเพศและภูมิภาคในตัวแบบ Lee - Carter และใช้วิธี MLE ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ เรียกตัวแบบนี้ว่า ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-Tier ACF) นำไปใช้กับแต่ละประเทศของสหราชอาณาจักร โดยกำหนดจำนวนผู้เสียชีวิตให้เป็นการแจกแจงแบบปัวซอง ตัวแบบแสดงดังสมการที่ (1.21) และ (1.22)

$$D_{x,t,g,r} \sim \text{Poisson}(E_{x,t,g,r} m_{x,t,g,r}) \quad (1.21)$$

$$\log(m_{x,t,g,r}) = a_{x,g,r} + b_x k_t + b_{x,g} k_{t,g} + b_{x,g,r} k_{t,g,r} + \varepsilon_{x,t,g,r} \quad (1.22)$$

- เมื่อ $D_{x,t,g,r}$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตอายุ x , เพศ g , ภูมิภาค r ในปี t
 $E_{x,t,g,r}$ คือ จำนวนประชากรกลางปีอายุ x , เพศ g , ภูมิภาค r ในปี t
 $m_{x,t,g,r}$ คือ อัตราส่วนกลางปีของประชากรอายุ x , เพศ g , ภูมิภาค r ในปี t
โดยที่ $m_{x,t,g,r} = e^{a_{x,g,r} + b_x k_t + b_{x,g} k_{t,g} + b_{x,g,r} k_{t,g,r} + \varepsilon_{x,t,g,r}}$
 $a_{x,g,r}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x , เพศ g ภูมิภาค r
 b_x คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ
 k_t คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปี t
 $b_{x,g}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x เพศ g
 $k_{t,g}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปี t เพศ g
 $b_{x,g,r}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x เพศ g ภูมิภาค r
 $k_{t,g,r}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปี t สำหรับ เพศ g
ภูมิภาค r

โดยมีเงื่อนไข คือ

$$\begin{aligned} \sum_{\forall x} b_x &= 1 \text{ และ } \sum_{\forall t} k_t = 0 \\ \sum_{\forall x} b_{x,g} &= 1 \text{ และ } \sum_{\forall t} k_{t,g} = 0 \text{ for all } g \\ \sum_{\forall x} b_{x,g,r} &= 1 \text{ และ } \sum_{\forall t} k_{t,g,r} = 0 \text{ for all } g \text{ and } r \end{aligned}$$

ในการพยากรณ์พารามิเตอร์ \hat{k}_t จะใช้ตัวแบบจำลอง ARIMA(0,1,0) with drift หรือ Random Walk With Drift สำหรับ $\hat{k}_{t,g}$ และ $k_{t,g,r}$ ใช้แบบจำลอง ARIMA(1,0,0) สำหรับทุกค่าของ g และแบบจำลอง ARIMA(1,0,0) สำหรับทุกค่าของ g กับ r ตามลำดับ

เมื่อพยากรณ์อัตราการณะแล้ว จากนั้นนำตัวแบบไปเปรียบเทียบความแม่นยำกับตัวแบบของ Lee-Carter ที่พยากรณ์แยกเพศและประเทศ โดยใช้ค่า MAPE, AIC, BIC และ Explanation Ratio (ER) ซึ่ง ER ของตัวแบบที่แม่นยำกว่า จะมีค่ามากกว่า สามารถคำนวณ ER ได้ดังสมการ (1.23)

$$ER = 1 - \frac{\sum_{x,t,g,r} [D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}]^2}{\sum_{x,t,g,r} [D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} e^{a_{x,g,r}}]^2} \quad (1.23)$$

$$\text{เมื่อ } \hat{D}_{x,t,g,r} = E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}$$

ผลการเปรียบเทียบพบว่า ในภาพรวมตัวแบบ 2-Tier ACF ให้ค่า MAPE, AIC และ BIC ต่ำกว่า ตัวแบบ Lee-Carter ในขณะที่ให้ค่า ER สูงกว่า จึงสามารถสรุปได้ว่าตัวแบบ 2-Tier ACF เป็นตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์อัตราการณะมากกว่าตัวแบบ Lee-Carter

สำหรับอัตราการณะของประเทศไทย จันทิธิตา และ ส้ารวม [9] ได้ศึกษาตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการกระจายเมทริกซ์ด้วยวิธี SVD และตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE ในการสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์อัตราการณะของประชากรที่

อายุ x ในปีที่ t ของเพศชายและเพศหญิง เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยวิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error) โดยนับจำนวนปีที่มีจำนวนรายอายุซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยอยู่เป็นจำนวนมาก พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเพศชายและเพศหญิงคือตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE จากนั้นพยากรณ์พารามิเตอร์ k_t ด้วยตัวแบบ ARIMA แล้วจึงนำไปทำนายอัตราการมรณะของประชากรในประเทศไทย พบว่าอัตราการมรณะของประชากรตั้งแต่ช่วงอายุต่ำกว่า 1 ปี จนถึง 1 ปีมีแนวโน้มลดลงและคงที่จนถึงอายุ 50 ปี จากนั้นอัตราการมรณะของประชากรจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอายุ 95 ปี แล้วจึงลดลง

ในปีเดียวกัน Yasungnoen และ Sattayatham [10] ได้ศึกษาตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย 3 วิธี ได้แก่ วิธี SVD วิธี MLE และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Squares: WLS)

สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี WLS ทำได้โดยการ Minimize สมการที่ (1.24)

$$\sum_x \sum_t [D_{x,t} (\ln(m_{x,t}) - a_x - b_x k_t)]^2 \quad (1.24)$$

ในการ Minimize สมการที่ 1.24 สามารถทำได้โดยหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับพารามิเตอร์แต่ละตัว แล้วให้เท่ากับ 0 และเขียนเป็นสมการสำหรับหาผลเฉลยค่าพารามิเตอร์ \hat{a}_x , \hat{b}_x และ \hat{k}_t ดังสมการที่ (1.25), (1.26) และ (1.27)

$$\hat{a}_x = \frac{\sum_t D_{x,t} (\ln(m_{x,t}) - \hat{b}_x \hat{k}_t)}{\sum_t D_{x,t}} \quad (1.25)$$

$$\hat{b}_x = \frac{\sum_t D_{x,t} \hat{k}_t (\ln(m_{x,t}) - \hat{a}_x)}{\sum_t D_{x,t} \hat{k}_t^2} \quad (1.26)$$

$$\hat{k}_t = \frac{\sum_x D_{x,t} \hat{b}_x (\ln(m_{x,t}) - \hat{a}_x)}{\sum_x D_{x,t} \hat{b}_x^2} \quad (1.27)$$

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยวิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) พบว่าวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเพศชายคือวิธี

WLS และสำหรับเพศหญิงคือ วิธี SVD จากนั้นพยากรณ์พารามิเตอร์ k_t ด้วยตัวแบบ ARIMA โดยใช้ อันดับของ p , d และ q ต่าง ๆ กัน แล้วเลือกตัวแบบพยากรณ์พารามิเตอร์ k_t ด้วยเกณฑ์การคัดเลือก ตัวแบบ AIC และ BIC ซึ่งตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ k_t คือ ARIMA (0,1,0)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น จะสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย	วัตถุประสงค์	วิธีการพยากรณ์	วิธีการวัดความคลาดเคลื่อนและเลือกตัวแบบ	ผลสรุป
Modeling and Forecasting U.S. Mortality (Lee & Carter, 1992)	พยากรณ์อัตราการตายของประชากรสหรัฐอเมริกาโดยใช้ปัจจัยอายุและเวลา	- SVD - ARIMA	- VAF	อัตราการตายจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยเมื่อพิจารณาที่อายุน้อย ๆ จะมีอัตราการลดลงเร็วกว่าอายุมาก ๆ
A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetable (Brouhns et al., 2002)	- เปรียบเทียบตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD และ MLE - พยากรณ์อัตราการตายของประชากรเบลเยียม	- MLE - ARIMA	- VAF	วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย MLE มีความแม่นยำมากกว่าวิธี SVD
Forecasting Mortality in subpopulations using Lee-Carter type models: A comparison (Danesi et al., 2015)	- ดัดแปลงตัวแบบ Lee-Carter เป็น 5 ตัวแบบ - พยากรณ์อัตราการตายของประชากรอิตาลีตามภูมิภาค	- MLE - ARIMA	- MAPE - BIC และ AIC	- ตัวแบบที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาจาก MAPE คือ Double - ตัวแบบที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาจาก BIC และ AIC คือ Common

ตารางที่ 1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

งานวิจัย	วัตถุประสงค์	วิธีการพยากรณ์	วิธีการวัดความคลาดเคลื่อนและเลือกตัวแบบ	ผลสรุป
Sex-specific mortality forecasting for UK countries: a coherent approach (Chen & Millosovich, 2018)	เพิ่มปัจจัยเพศและภูมิภาคในตัวแบบของ Lee-Carter เพื่อพยากรณ์อัตรา mortality ของสหราชอาณาจักร	- MLE - ARIMA	-BIC -AIC -MAPE -ER	ตัวแบบที่เหมาะสมคือ 2-Tier ACF
การเปรียบเทียบการใช้ตัวแบบอัตรา mortality เพื่อการพยากรณ์อัตรา mortality โดยข้อมูลจากประเทศไทย (จันทิธา บุญมหาสิทธิ์ และ สำรวม จงเจริญ, 2559)	- เปรียบเทียบตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD และ MLE - พยากรณ์อัตรา mortality ของประชากรไทยตามเพศ	- SVD - MLE - ARIMA	- Absolute Error	ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเพศชายและเพศหญิงคือตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE
Forecasting Thai Mortality by Using the Lee – Carter Model (Yasungnoen & Sattayatham, 2016)	- เปรียบเทียบตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD, MLE และ WLS - พยากรณ์อัตรา mortality ของประชากรไทยตามเพศ	- SVD - MLE - WLS - ARIMA	- MSE	ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเพศชายและเพศหญิงคือตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี WLS และ SVD ตามลำดับ



1584921123

CD :Thesis 5970203821 thesis / rev: 02082562 03:28:15 / seq: 21

สำหรับข้อมูลอัตราการมรณะของประชากรไทย สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุขได้เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตและจำนวนประชากรกลางปีแบ่งตามปี เพศ อายุ และจังหวัด ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1.4 และ ตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิต

ปี	เพศ	อายุ	จังหวัด	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)
2550	ชาย	0	กรุงเทพมหานคร	453
2550	ชาย	0	สมุทรปราการ	75
2550	ชาย	0	นนทบุรี	57
∴	∴	∴	∴	∴
2559	หญิง	118	สงขลา	1
2559	หญิง	120	นราธิวาส	1
2559	หญิง	121	ชลบุรี	1

ตารางที่ 1.5 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนประชากรกลางปี

ปี	เพศ	อายุ	จังหวัด	จำนวนประชากรกลางปี (คน)
2550	ชาย	0	กรุงเทพมหานคร	28482
2550	ชาย	1-4	กรุงเทพมหานคร	128913
2550	ชาย	5-9	กรุงเทพมหานคร	187276
∴	∴	∴	∴	∴
2559	หญิง	90-94	สตูล	353
2559	หญิง	95-99	สตูล	126
2559	หญิง	100+	สตูล	47

จากข้อมูลในตารางที่ 1.4 และ ตารางที่ 1.5 สามารถจัดกลุ่มจังหวัดต่าง ๆ เป็น 7 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ กรุงเทพฯ

และปริมนชล โดยแต่ละภูมิภาคมีรายชื่อจังหวัดอ้างอิงจากอักษรานุกรมภูมิศาสตร์ไทย [11] และกำหนดอักษรย่อของแต่ละภาคในตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 รายชื่อจังหวัดแบ่งตามภูมิภาค

ภูมิภาค	อักษรย่อ	จังหวัด
ภาคเหนือ	N	จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง จังหวัดลำพูน จังหวัดอุตรดิตถ์
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	NE	จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครพนม จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดยโสธร จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดเลย จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดสกลนคร จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดหนองคาย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดอุดรธานี จังหวัดอุบลราชธานี
ภาคตะวันตก	W	จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดตาก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดราชบุรี
ภาคตะวันออก	E	จังหวัดจันทบุรี จังหวัดชลบุรี จังหวัดตราด จังหวัดระยอง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดสระแก้ว
ภาคกลาง	CEN	จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดชัยนาท จังหวัดนครนายก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพิจิตร จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดลพบุรี จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสระบุรี จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดสุโขทัย จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดเพชรบูรณ์
ภาคใต้	S	จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดตรัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี จังหวัดพังงา จังหวัดพัทลุง จังหวัดภูเก็ต จังหวัดยะลา จังหวัดระนอง จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัดสุราษฎร์ธานี
กรุงเทพฯ และปริมนชล	BKK	กรุงเทพมหานคร จังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรสาคร

ขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณอัตราณกลางปีของประชากรไทย ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (1.28)

$$m_{x,t,g,r} = \frac{D_{x,t,g,r}}{E_{x,t,g,r}} \quad (1.28)$$

เมื่อ $m_{x,t,g,r}$ คือ อัตราณกลางปีของประชากรอายุ x ในปีที่ t สำหรับเพศ g ภูมิภาค r

$D_{x,t,g,r}$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตอายุ x ในปีที่ t สำหรับเพศ g ภูมิภาค r

$E_{x,t,g,r}$ คือ จำนวนประชากรกลางปีอายุ x ในปีที่ t สำหรับเพศ g ภูมิภาค r

เนื่องจากจำนวนประชากรกลางปีแบ่งเป็นช่วงอายุทุก ๆ 5 ปี ตั้งแต่อายุ 0, 1-4, 5-9, 10-14, ..., 90-94, 95-99 และ 100 ปีขึ้นไป ดังแสดงในตารางที่ 1.5 รวม 22 ช่วงอายุ ดังนั้นอัตราณ $m_{x,t,g,r}$ คืออัตราณกลางปีของประชากรช่วงอายุ x โดยที่ $x=1$ เมื่อประชากรอายุ 0 ปี, $x=2$ เมื่อประชากรอายุ 1-4 ปี โดยที่ x มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 22 เมื่อประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 100 ปีขึ้นไป

งานวิจัยในอดีต [5] - [10] ใช้วิธีพยากรณ์ค่าลอการิทึมของอัตราณ ($\ln m_{x,t,g,r}$) แทนการพยากรณ์อัตราณ ($m_{x,t,g,r}$) เนื่องจากการพยากรณ์ค่า $\ln m_{x,t,g,r}$ มีผลให้ค่าอัตราณ $m_{x,t,g,r} = e^{\ln m_{x,t,g,r}}$ ไม่เป็นค่าติดลบ ประกอบกับค่าอัตราณมีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับอายุ การพยากรณ์ลอการิทึมของอัตราณจึงมีความเหมาะสมกว่าการพยากรณ์ค่าอัตราณโดยตรง เพราะค่าลอการิทึมของอัตราณมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับอายุแทน จากนั้นจึงนำข้อมูลทำการทดสอบเบื้องต้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เพื่อศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อค่าลอการิทึมของอัตราณของประชากรไทย โดยค่าลอการิทึมของอัตราณมีค่าน้อย จะทำให้ค่าอัตราณมีค่าน้อยด้วย เมื่อกำหนดให้ปัจจัยปีเป็น พ.ศ. 2550 - 2559 ปัจจัยภูมิภาคแบ่งเป็นภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ กรุงเทพฯและปริมณฑล ปัจจัยเพศแบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง และปัจจัยด้านอายุแบ่งเป็นช่วงอายุทุก ๆ 5 ปี ตั้งแต่อายุ 0, 1-4, 5-9, 10-14, ..., 90-94, 95-99 และ



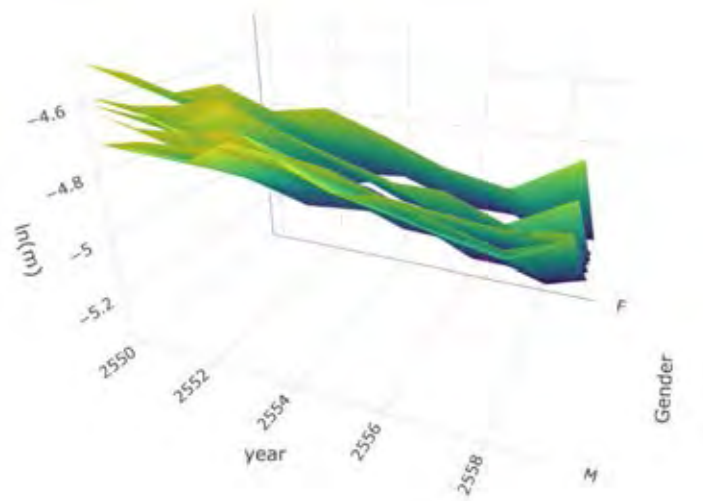
100 ปีขึ้นไป โดยจะใช้ค่ากลางของช่วงอายุเป็นตัวแทนช่วงอายุนั้น ๆ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 1.7 สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 4 ทาง จะสามารถวิเคราะห์ผลกระทบหลัก คือ ปี ภูมิภาค เพศ และอายุ ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยคือ ปีภูมิภาค ปีเพศ ปีอายุ ภูมิภาคเพศ ภูมิภาคอายุ และเพศอายุ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยคือ ปีภูมิภาคเพศ ปีภูมิภาคอายุ ปีเพศอายุ และภูมิภาคเพศอายุ โดยผลกระทบร่วมของสี่ปัจจัยไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากองศาอิสระไม่เพียงพอ [12]

จากตารางที่ 1.7 จะเห็นได้ว่าผลกระทบร่วมของสามปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการณะของประชากรไทย ได้แก่ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างปี ภูมิภาคและเพศ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างปี ภูมิภาคและอายุ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างปี เพศและอายุ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค เพศและอายุ เนื่องจากมีค่า p - Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าทุกปัจจัยมีผลต่ออัตราการณะของประชากรไทยอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

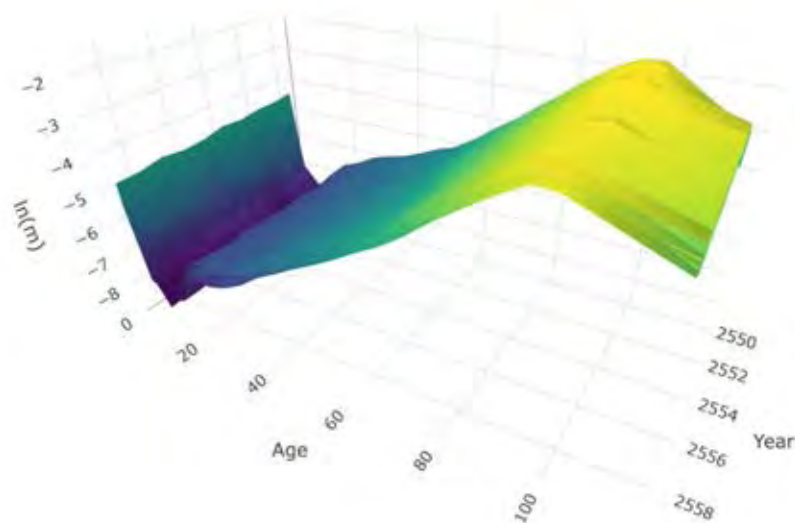
ตารางที่ 1.7 ผล ANOVA จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการณะ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	p-Value
Time	9	11.1	1.233	264.30	0.000
Age	21	11356.4	540.783	115925.15	0.000
Region	6	8.7	1.446	309.91	0.000
Gender	1	191.3	191.335	41015.55	0.000
Time*Age	189	16.1	0.085	18.26	0.000
Time*Region	54	0.9	0.016	3.43	0.000
Time*Gender	9	0.3	0.029	6.24	0.000
Age*Region	126	47.3	0.376	80.56	0.000
Age*Gender	21	171.6	8.172	1751.76	0.000
Region* Gender	6	0.8	0.137	29.34	0.000
Time *Age*Region	1134	7.2	0.006	1.37	0.000
Time *Age*Gender	189	1.4	0.008	1.64	0.000
Time *Region*Gender	54	0.4	0.007	1.50	0.012
Age*Region*Gender	126	5.7	0.045	9.70	0.000
Error	1134	5.3	0.005		
Total	3079	11824.6			

เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค ปี และเพศ ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและปี ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและเพศ พบว่ากราฟไม่ขนานกัน แสดงว่าผลกระทบร่วมของสามปัจจัยดังกล่าวมีผลต่ออัตราณระดังแสดงในรูปที่ 1.11 – รูปที่ 1.13



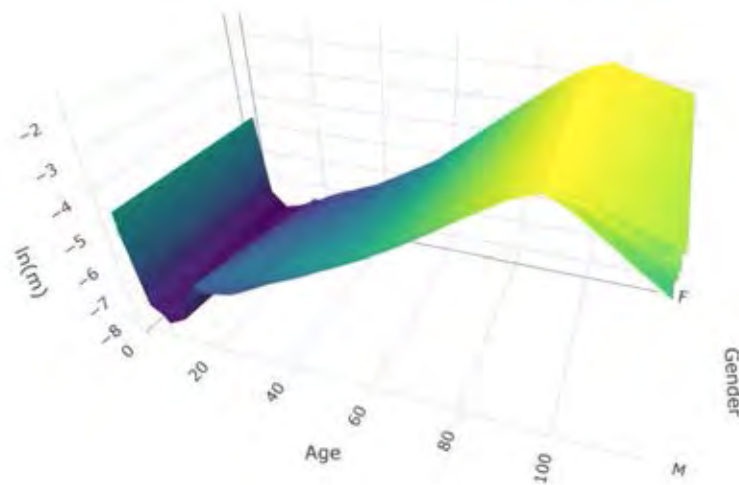
รูปที่ 1.11 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค ปี และเพศ



รูปที่ 1.12 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและปี

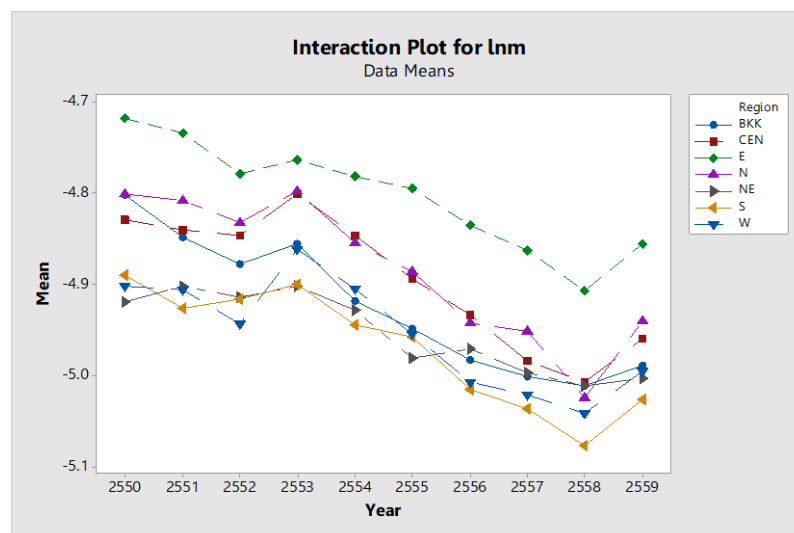


1584921123



รูปที่ 1.13 ผลกระทบร่วมของสามปัจจัยระหว่างภูมิภาค อายุและเพศ

เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและปี พบว่ากราฟค่าอัตราณระของแต่ละภูมิภาคเทียบกับปีไม่ขนานกัน แสดงว่าผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและปีมีผลต่ออัตราณระ โดยในปี พ.ศ. 2550 - 2558 อัตราณระของแต่ละภูมิภาคมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นในปี พ.ศ. 2553 และในปี พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1.14

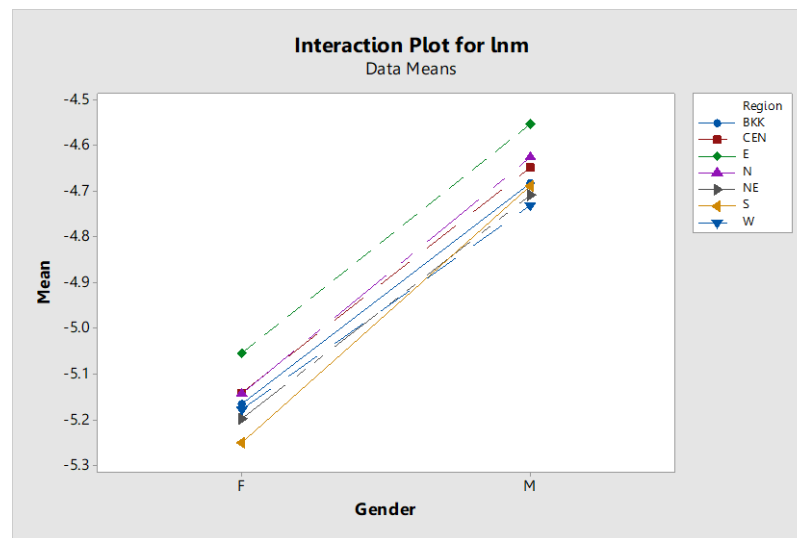


รูปที่ 1.14 ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคและปี



1584921123

สำหรับผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและเพศ พบว่ากราฟค่าอัตราส่วนของแต่ละภูมิภาคเทียบกับเพศไม่ขนานกัน แสดงว่าผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและเพศมีผลต่ออัตราณะ โดยอัตราณะของเพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิงในทุกภูมิภาค ดังแสดงในรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคและเพศ

สำหรับผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและอายุ พบว่ากราฟค่าอัตราณะของแต่ละภูมิภาคเทียบกับเพศไม่ขนานกัน แสดงว่าผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างภูมิภาคและอายุมีผลต่ออัตราณะ โดยอัตราณะที่อายุ 0 จะมีค่าสูง หลังจากนั้นที่อายุ 1-4 จะต่ำลง และเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อัตราณะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และลดลงสำหรับช่วงอายุ 100 ปีขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 1.16

จากรูปที่ 1.11 - รูปที่ 1.16 พบว่าผลกระทบร่วมของปัจจัยภูมิภาคกับปัจจัยอื่น ๆ มีผลต่ออัตราณะ ซึ่งสอดคล้องกับผลในตารางที่ 1.7 จึงกล่าวได้ว่าปัจจัยภูมิภาคและปัจจัยอื่น ๆ มีผลต่ออัตราณะของประชากรไทยอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

1.3.5 อัตราการณที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์เป็นอัตราการณกลางปี และกำหนดให้อัตราการณระหว่างปีมีค่าเท่ากับอัตราการณกลางปี

1.4 ผลที่ได้รับ

1.4.1 ตัวแบบการพยากรณ์อัตราการณของประชากรไทยจำแนกตามปี ช่วงอายุ เพศ และภูมิภาค

1.4.2 อัตราการณของประชากรไทยในช่วงปี พ.ศ. 2562 - 2566

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถนำอัตราการณไปใช้กำหนดเบี้ยประกัน เงินสำรองประกันภัยและเงินจ่ายตามกรมธรรม์ของธุรกิจประกันภัยได้อย่างเหมาะสม เพื่อประโยชน์ของธุรกิจประกันภัยและประชาชนทั่วไปในฐานะลูกค้าของธุรกิจ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 ศึกษาตัวแบบการพยากรณ์อัตราการณของ Lee - Carter

1.6.3 รวบรวมข้อมูลประชากรกลางปีและจำนวนการตายจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข เพื่อหาอัตราการณที่ใช้สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์

1.6.4 สร้างตัวแบบพยากรณ์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์

1.6.5 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการนำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มาพยากรณ์อัตราการณของประชากรไทยในช่วง พ.ศ. 2562 – 2566 แยกตามเพศ ช่วงอายุ และภูมิภาค

1.6.6 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์อัตราการณของตัวแบบพยากรณ์ที่นำเสนอกับตัวแบบพยากรณ์ของงานวิจัยในอดีต

1.6.7 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์

การพยากรณ์เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญที่สุดสำหรับธุรกิจ เนื่องจากการตัดสินใจทางธุรกิจทั้งหมดขึ้นกับการพยากรณ์อนาคต เช่น ตลาดที่เลือกลงทุน ชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต ปริมาณสินค้าคงคลังที่ต้องเก็บไว้ จำนวนพนักงานที่จะต้องจ้าง เป็นต้น การพยากรณ์ที่ไม่ดีจะส่งผลต่อการตัดสินใจที่ผิดพลาดและทำให้บริษัทไม่ได้เตรียมพร้อมที่จะตอบสนองความต้องการในอนาคต ผลกระทบที่ตามมาอาจทำให้สูญเสียยอดขายมหาศาลและอาจปิดตัวลงได้ [13] ซึ่งสำหรับการพยากรณ์ใด ๆ มีข้อสังเกตที่ผู้พยากรณ์ควรทราบดังต่อไปนี้

1. ไม่มีการพยากรณ์ใดที่จะสมบูรณ์แบบ เพราะอนาคตเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน ดังนั้นเป้าหมายของการพยากรณ์คือการสร้างแบบจำลองที่ดีโดยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ยากรณ์และทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายน้อยที่สุด
2. การพยากรณ์ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะแม่นยำกว่าการพยากรณ์รายผลิตภัณฑ์
3. การพยากรณ์ระยะสั้นจะแม่นยำกว่าการพยากรณ์ระยะยาว

ในการพยากรณ์มีวิธีการพยากรณ์อยู่มากมาย แต่ไม่ว่าผู้พยากรณ์จะเลือกใช้วิธีใดในการพยากรณ์ มักจะมีขั้นตอนพื้นฐานในการพยากรณ์ดังต่อไปนี้

1. ตัดสินใจว่าจะพยากรณ์อะไร ก่อนพยากรณ์เราต้องตัดสินใจว่าจำเป็นจะต้องพยากรณ์อะไรบ้าง เช่น การพยากรณ์ยอดขายกับความต้องการ ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน รวมถึงรายละเอียดในการพยากรณ์ เช่น หน่วยในการพยากรณ์ ช่วงเวลาในการพยากรณ์ เป็นต้น
2. ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม รวมถึงพิจารณาว่าต้องการข้อมูลอะไร มีข้อมูลมากน้อยเพียงใด หรือไม่มีข้อมูล ซึ่งในส่วนนี้จะมีผลต่อการเลือกรูปแบบการพยากรณ์ เช่น การพยากรณ์ความต้องการสินค้าใหม่จะไม่สามารถใช้การพยากรณ์เชิงปริมาณได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูลความต้องการสินค้าชนิดนี้ในอดีต

3. เลือกแบบจำลองที่เหมาะสมและทดสอบแบบจำลองที่ใช้พยากรณ์ โดยคำนึงถึงปัจจัย เช่น ค่าใช้จ่าย เวลาที่ใช้ ความสะดวก เป็นต้น ซึ่งส่วนมากเรามักจะลองใช้แบบจำลองประมาณ 2-3 วิธี จากนั้นทดสอบความแม่นยำกับข้อมูลในอดีต แล้วเลือกแบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

4. พยากรณ์สิ่งที่ต้องการพยากรณ์

5. ติดตามผลหลังพยากรณ์ โดยวัดความแม่นยำจากข้อมูลจริงที่เกิดขึ้น กระบวนการนี้ควรดำเนินต่อไปเพราะสถานการณ์มักเปลี่ยนแปลง แบบจำลองที่เหมาะสมในเวลานี้ อาจจะไม่เหมาะสมในอนาคต เพราะฉะนั้นเราควรเตรียมพร้อมที่จะแก้ไขแบบจำลองอยู่เสมอ

การพยากรณ์สามารถจำแนกประเภทได้ 2 ประเภท คือการพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Method) และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecast Method) สามารถสรุปภาพรวมได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของการพยากรณ์และลักษณะเฉพาะ

	การพยากรณ์เชิงคุณภาพ	การพยากรณ์เชิงปริมาณ
ลักษณะเฉพาะ	ขึ้นกับการตัดสินใจของมนุษย์ ความคิดเห็นส่วนตัว ไม่เป็นเชิงตัวเลข	เป็นเชิงตัวเลขและปริมาณ
จุดแข็ง	สามารถรวมข้อมูลล่าสุดในการพยากรณ์ได้	เป็นรูปธรรม สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้คร่าวๆ
จุดอ่อน	อาจมีอคติ ทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ลดลง	ต้องอาศัยข้อมูลเชิงปริมาณในอดีตในการพยากรณ์

2.1.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Method)

การพยากรณ์เชิงคุณภาพ หรือเรียกว่าวิธีการตัดสินใจ เป็นวิธีที่ผู้พยากรณ์ใช้สัญชาตญาณ ความรู้และประสบการณ์ในการพยากรณ์ มีข้อดีคือสามารถใช้พยากรณ์ได้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณในอดีต เช่น การพยากรณ์ยอดขายของสินค้าใหม่ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงล่าสุดเข้ามาพิจารณาได้ง่ายกว่าการพยากรณ์เชิงปริมาณ แต่มีข้อเสียคือผู้พยากรณ์อาจมีอคติในการพยากรณ์ ทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ลดลง การพยากรณ์เชิงคุณภาพมีหลายวิธี ยกตัวอย่างดังนี้

- การระดมความคิดของผู้บริหาร (Executive Opinion)
- การสำรวจตลาด (Market Research)
- วิธีของเดลฟี (Delphi Method)

2.1.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecast Method)

การพยากรณ์เชิงปริมาณ เป็นวิธีพยากรณ์ที่ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลอง ทำให้สามารถเห็นเป็นรูปธรรมและไม่มีอคติจากผู้พยากรณ์ เมื่อใช้แบบจำลองเดิมและข้อมูลชุดเดิม ก็ให้ค่าพยากรณ์แบบเดิม อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้คร่าวๆ การพยากรณ์เชิงปริมาณสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบจำลองอนุกรมเวลา (Time Series Model) และ แบบจำลองเชิงสาเหตุ (Causal Model) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1 แบบจำลองอนุกรมเวลา (Time Series Model)

แบบจำลองอนุกรมเวลาจะถูกสร้างจากข้อมูลที่เก็บเป็นระยะ ๆ ในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น ยอดขายรายไตรมาสของ 5 ปีที่ผ่านมา เป็นต้น ในการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองอนุกรมเวลา ผู้พยากรณ์จะต้องพิจารณารูปแบบของข้อมูล ได้แก่ คงที่ (Horizontal), แนวโน้ม (Trend), ฤดูกาล (Seasonal) และ วัฏจักร (Cycle) ซึ่งการทราบรูปแบบของข้อมูลจะทำให้เลือกใช้วิธีพยากรณ์ได้อย่างเหมาะสม สำหรับตัวอย่างวิธีการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองอนุกรมเวลามีดังนี้

- Naïve Method
- Simple Mean
- Simple Moving Average
- Weighted Moving Average
- Exponential Smoothing
- Trend – Adjusted Exponential Smoothing
- Linear Trend Line
- Seasonal Indexes
- Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)

2.1.2.2 แบบจำลองเชิงสาเหตุ (Causal Model)

แบบจำลองเชิงสาเหตุมีหลักการสร้างแบบจำลองคือ ตัวแปรที่จะพยากรณ์มีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น การทำนายยอดขายจากรายได้ของผู้ซื้อ เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองเชิงสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดได้แก่

- Linear Regression
- Multiple Regression

2.2 วิธีแยกค่าแบบเดี่ยว (Singular Value Decomposition: SVD)

วิธีแยกค่าแบบเดี่ยวเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในระบบสมการ Linear Least Squares วิธีหนึ่ง มีประโยชน์มากในกรณีที่ระบบสมการที่เป็นแบบ Singular Matrix ซึ่งไม่สามารถหาผลเฉลยได้โดยวิธี Gaussian Elimination และ LU Decomposition ได้ [14]

กำหนดให้ A เป็นเมทริกซ์ใด ๆ โดยที่ $A \in \mathbb{R}^{n \times d}$ สามารถเขียนกระจายเมทริกซ์ A ได้เป็นเมทริกซ์อย่างง่ายจำนวน 3 เมทริกซ์ตามสมการที่ (2.1)

$$A = USV^T \quad (2.1)$$

เมื่อ U คือ Orthogonal Matrix โดยที่ $U \in \mathbb{R}^{n \times n}$

V คือ Orthogonal Matrix โดยที่ $V \in \mathbb{R}^{d \times d}$

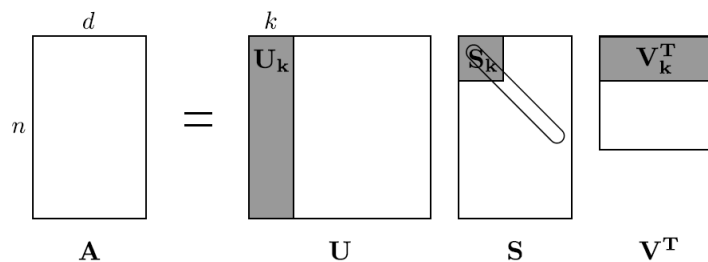
S คือ Diagonal Matrix โดยที่ $S = \text{diag}(\sigma_1, \dots, \sigma_n) \in \mathbb{R}^{n \times d}$ และ

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_n \geq 0$$

สำหรับ Column Vector $U = [u_1, \dots, u_n]$ เรียกว่า Left Singular Vectors สามารถหาได้จาก Orthonormal Eigenvector ของเมทริกซ์ AA^T และ Column Vector $V = [v_1, \dots, v_d]$ เรียกว่า Right Singular Vectors สามารถหาได้จาก Orthonormal Eigenvector ของเมทริกซ์ $A^T A$ ส่วน σ_i เรียกว่า Singular Value ของเมทริกซ์ A สามารถหาได้จากรากที่สองของ

Eigenvalue ของ $A^T A$ และถ้า $\sigma_r > 0$ เป็น Singular Value ของเมทริกซ์ A ที่มีค่าน้อยที่สุดและไม่เท่ากับ 0 จะสามารถกล่าวได้ว่า $rank(A) = r$ [15]

ในการประมาณค่าเมทริกซ์ใด ๆ แบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD จะทำโดยใช้เมทริกซ์ที่มี $rank$ เท่ากับ k เมื่อ $k \geq 1$ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การประมาณค่าเมทริกซ์แบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD

ขั้นตอนการประมาณค่าเมทริกซ์แบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD [16]

1. คำนวณ SVD $A = USV^T$
 2. กำหนดให้ V_k^T เท่ากับ k แถวแรกของ V^T (เมทริกซ์ขนาด $k \times d$)
 3. กำหนดให้ U_k เท่ากับ k คอลัมน์แรกของ U (เมทริกซ์ขนาด $n \times k$)
 4. กำหนดให้ S_k เท่ากับ k แถวและ k คอลัมน์แรกของ S (เมทริกซ์ขนาด $k \times k$) ซึ่งก็คือ Singular Value ของเมทริกซ์ A ที่มากที่สุดจำนวน k ค่า
- จากนั้นจะสามารถประมาณค่าเมทริกซ์ A ตามสมการที่ (2.2)

$$A_k = U_k S_k V_k^T \quad (2.2)$$

2.3 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE)

วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นหนึ่งในวิธีการประมาณค่าแบบจุดที่ใช้กันมากในทางสถิติ เนื่องจากการสร้างตัวประมาณค่าด้วยวิธีนี้จะให้ตัวประมาณค่าที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง [17] โดยมีหลักการคือการเลือกค่าของพารามิเตอร์ที่ทำให้ความน่าจะเป็นร่วมของตัวอย่างมีค่าสูงสุด ความน่าจะเป็นร่วมที่นำมาใช้ในกรณีนี้เรียกว่า ฟังก์ชันของความน่าจะเป็นไปได้ (Likelihood Function)

กำหนดให้ X_1, X_2, \dots, X_n เป็นกลุ่มตัวอย่างจากตัวแปรเชิงสุ่ม X ที่ให้ค่า x_1, x_2, \dots, x_n เราจะสร้างฟังก์ชันความเป็นไปได้ ได้ดังสมการที่ (2.3)

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = f(x_1; \theta) \cdot f(x_2; \theta) \cdot \dots \cdot f(x_n; \theta) \quad (2.3)$$

ในกรณีที่ X เป็นตัวแปรชนิดที่ไม่ต่อเนื่องจะได้ดังสมการที่ (2.4)

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = P(X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n) \quad (2.4)$$

หลังจากสุ่มตัวอย่าง X_1, X_2, \dots, X_n แล้ว ถ้าค่าที่ได้รับเป็น x_1, x_2, \dots, x_n ปัญหาต่อไปที่จะพบก็คือ $L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์ θ และหน้าที่ที่ต้องทำคือจะต้องเลือก θ อย่างเป็นจริงจะทำให้ฟังก์ชัน L มีค่าสูงสุด นั่นคือ

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta_k) > L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta_j) \quad (2.5)$$

โดยที่ $j = 1, 2, \dots$ และ $j \neq k$

ถ้า θ_k มีคุณสมบัติตามสมการที่ (2.5) จะสามารถกล่าวได้ว่า θ_k คือ Maximum Likelihood Estimator ของ θ ซึ่งมีขั้นตอนในการหาดังต่อไปนี้

1. สร้าง $L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = f(x_1; \theta) \cdot f(x_2; \theta) \cdot \dots \cdot f(x_n; \theta)$
2. กำหนด $\frac{\partial L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)}{\partial \theta} = 0$ หาค่า $\hat{\theta}_{mle}$ ออกมาในฟังก์ชันของ X_1, X_2, \dots, X_n
3. เป็นกรณีพิเศษของขั้นที่ 2 ก็คือ ในกรณีที่ $L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ เป็นฟังก์ชันที่ยู่ยากใน

การหาอนุพันธ์ทันที เช่นอาจจะอยู่ในรูปฟังก์ชันของการแจกแจงแบบปกติ ฟังก์ชันของการแจกแจงแบบ exponential เป็นต้น เราอาจหาค่าของ MLE โดยใช้วิธีการหาอนุพันธ์ของ

$\ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$ เทียบกับ θ แทนซึ่งจะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับ $\frac{\partial L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)}{\partial \theta}$

2.4 วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Least Squares: WLS)

ก่อนจะกล่าวถึงวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักจำเป็นต้องอธิบายเกี่ยวกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares: OLS) ก่อน ซึ่ง OLS เป็นวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยทำให้ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองมีค่าน้อยที่สุด [18]

กำหนดให้สมการเชิงเส้นมีลักษณะดังสมการที่ (2.6)

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2.6)$$

เมื่อ y คือ เวกเตอร์ของค่าสังเกต ขนาด $n \times 1$

β คือ เวกเตอร์ของอิทธิพล ขนาด $m \times 1$

X คือ Incidence Matrix ขนาด $n \times m$

ε คือ เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อน ขนาด $n \times 1$

เมื่อความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนเป็น $I\sigma_e^2$ (Uncorrelated Error Variance) สามารถประมาณค่า β ได้จากการ Minimize ค่า Sum of Squares of Error ดังแสดงในสมการที่ (2.7)

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (2.7)$$

วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักถือเป็นกรณีพิเศษของ Generalized Least Squares (GLS) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่ากำลังสองของความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองต่ำสุดเช่นเดียวกับ OLS แต่สามารถใช้กับแบบจำลองที่มีความคลาดเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กัน มีหลักการคือให้น้ำหนักค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละตัวไม่เท่ากัน ความคลาดเคลื่อนตัวไหนที่มีความแปรปรวนมากก็จะให้น้ำหนักน้อย ในขณะที่ความคลาดเคลื่อนตัวไหนที่มีความแปรปรวนน้อยก็จะให้น้ำหนักมากขึ้น

จากสมการที่ (2.6) เมื่อความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีโครงสร้างของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนเป็น V (Correlated Error Variance) สามารถประมาณค่า β ได้จากการ Minimize ค่า Standardized Residual Sum of Squares ดังแสดงในสมการที่ (2.8)

$$\hat{\beta} = (X^T V^{-1} X)^{-1} X^T V^{-1} y \quad (2.8)$$

2.5 Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA)

แบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองอนุกรมเวลา ถูกเสนอในปี ค.ศ. 1970 โดย Box และ Jenkins เป็นแบบจำลองที่ให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ เหมาะสำหรับการพยากรณ์ไปข้างหน้าในช่วงเวลาสั้นๆ และต้องมีอนุกรมเวลาที่ยาวพอสมควร [19] แบบจำลองนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ แบบจำลอง Autoregressive (AR(p)) แบบจำลอง Moving Average (MA(q)) และ กระบวนการ Integrated (I(d)) โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังนี้

2.5.1 แบบจำลอง Autoregressive (AR(p))

แบบจำลอง Autoregressive เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต x_t ถูกกำหนดจากค่าของ x_{t-1}, \dots, x_{t-p} หรือค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อนหน้าจำนวน p ช่วงเวลา โดยแบบจำลอง AR(p) หรือ Autoregressive ที่มีอันดับที่ p สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.9)

$$x_t = \mu + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.9)$$

เมื่อ μ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

ϕ_j คือ พารามิเตอร์ตัวที่ j

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

2.5.2 แบบจำลอง Moving Average (MA(q))

แบบจำลอง Moving Average เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต x_t ถูกกำหนดจากค่าความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ หรือค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้าจำนวน q ช่วงเวลา โดยแบบจำลอง MA(q) หรือ Moving Average ที่มีอันดับ q สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.10)

$$x_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.10)$$

เมื่อ μ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

θ_j คือ พารามิเตอร์เฉลี่ยเคลื่อนที่ตัวที่ j

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

2.5.3 Autocorrelation Function (ACF)

Autocorrelation Function เป็นฟังก์ชันของการวัดสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ณ เวลา t (x_t) และข้อมูล ณ เวลา $t-k$ (x_{t-k}) ของช่วงเวลาห่างกัน k หน่วย ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ ρ_k หรือ r_k ในกรณีสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.11)

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (x_t - \bar{x})(x_{t-k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad (2.11)$$

$$\text{เมื่อ } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t$$

$$k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

โดยความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ r_k (Standard Error Of r_k) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังสมการที่ (2.12)

$$se_{r_k} = 1/\sqrt{n} \quad (2.12)$$

สหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลสุ่ม (Random Data) มีการแจกแจงเชิงตัวอย่างที่สามารถประมาณได้ โดยการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับศูนย์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $1/\sqrt{n}$

ในการศึกษาจะใช้สหสัมพันธ์ในตัวเองเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับสืบค้นคุณสมบัติของข้อมูลอนุกรมเวลาเชิงประจักษ์ โดยมี 2 วิธีสำหรับทดสอบว่าค่า r_k มีค่าแตกต่างไปจากศูนย์หรือไม่ โดยใช้การแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) หรือ ใช้ค่าสถิติ Box-Pierce Q Statistic ดังแสดงในสมการที่ (2.13) และ (2.14)

$$r_k \sim N\left(0, \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \quad (2.13)$$

$$Q = n \sum_{k=1}^m r^2 \sim \chi^2(m - p - q) \quad (2.14)$$

เมื่อ m คือ ค่าล่าหรือค่าล่าหลังสูงสุด (Maximum Lag) ที่พิจารณา

2.5.4 Partial Autocorrelation Function (PACF)

การพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x_t กับ x_{t+k} อาจเป็นไปได้ว่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากสหสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรนี้กับตัวแปร $x_{t-1}, \dots, x_{t-k+1}$ ดังนั้นเพื่อที่จะได้สหสัมพันธ์ระหว่าง x_t กับ x_{t+k} ที่ได้ขจัดความเกี่ยวข้องของระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้กับตัวแปร $x_{t-1}, \dots, x_{t-k+1}$ ดังกล่าว จึงต้องทำการวัดสหสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรในรูปแบบของการสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข $Corr(x_t, x_{t-k} | x_{t-1}, \dots, x_{t-k+1})$ ซึ่งเรียกว่า Partial Autocorrelation โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ ϕ_{kk} แต่ถ้านำสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนมาพิจารณาในรูปแบบฟังก์ชัน จะเรียกว่า Partial Autocorrelation Function (PACF) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ (2.15)

$$\phi_{kk} = \frac{\text{Cov}[(x_t - \hat{x}_t), (x_{t-k} - \hat{x}_{t-k})]}{\sqrt{\text{Var}(x_t - \hat{x}_t)}\sqrt{\text{Var}(x_{t-k} - \hat{x}_{t-k})}} \quad (2.15)$$

โดยที่ $\hat{x}_t = \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + \dots + \beta_k x_{t-k+1}$

2.5.5 แบบจำลอง Autoregressive Moving Average (ARMA (p, q))

Autoregressive Moving Average (ARMA) เป็นแบบจำลองที่นำ Autoregressive และ Moving Average มาใช้รวมกัน โดยแบบจำลอง ARMA (p, q) หรือ Autoregressive ที่มีอันดับที่ p รวมกับ Moving Average ที่มีอันดับ q สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.16)

$$x_t = \delta + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.16)$$

เมื่อ x_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

δ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

ϕ คือ พารามิเตอร์ของ Autoregressive

θ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ในการพิจารณาอันดับของ p และ q ในแบบจำลอง AR(p), MA(q) หรือ ARMA(p, q) สามารถพิจารณาจากรูปแบบของกราฟ ACF และ PACF ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รูปแบบของ ACF และ PACF ของแบบจำลอง

แบบจำลอง	ACF	PACF
AR (p)	Tails off	Cuts off after lag p
MA (q)	Cuts off after lag q	Tails off
ARMA (p, q)	Tails off	Tails off

จากตารางที่ 2.2 สามารถกล่าวได้ว่า Tails off หมายถึง กราฟจะค่อย ๆ ลู่เข้าสู่แกน x ในรูปแบบ Exponential หรือ Sinusoidal ส่วนคำว่า Cuts off หมายถึง กราฟจะลดลงอย่างฉับพลัน หลังจากนั้นจะมีค่าใกล้เคียง 0 [20]

2.5.6 กระบวนการ Integrated (I(d))

กระบวนการ Integrated (I(d)) เป็นการหาผลต่างของอนุกรมเวลาระหว่างข้อมูล ณ ปัจจุบันกับข้อมูลถอยหลังไป d คาบเวลา โดยสาเหตุที่ต้องทำการหาผลต่างของอนุกรมเวลา เนื่องจากแบบจำลอง ARIMA ต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) เท่านั้น โดยในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์มีคุณสมบัติไม่คงที่ (Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ก่อน โดยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนที่นำไปสร้างแบบจำลอง ARIMA ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้าต้องหาผลต่างอันดับที่ d สามารถเขียนในรูปของ I(d) ได้ดังสมการที่ (2.17)

$$\Delta_d x_t = \Delta_{d-1} (x_t - x_{t-1}) \quad (2.17)$$

เมื่อ ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

Δ_d คือ ผลต่างลำดับที่ d

2.5.7 แบบจำลอง Autoregressive integrated moving average model (ARIMA)

แบบจำลอง ARIMA คือการนำแบบจำลอง Autoregressive แบบจำลอง Moving Average และกระบวนการ Integrated มาพิจารณารวมกัน สามารถนำเขียนได้ดังสมการที่ (2.18)

$$\Delta_d x_t = \delta + \phi_1 \Delta_d x_{t-1} + \phi_2 \Delta_d x_{t-2} + \dots + \phi_p \Delta_d x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.18)$$

เมื่อ x_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

δ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

ϕ_p คือ พารามิเตอร์ของ Autoregressive

Δ_d คือ ผลต่างลำดับที่ d

θ_q คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

2.6 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

ในการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ค่าใด ๆ เรามักจะสร้างหลายแบบจำลอง และก่อนจะนำแบบจำลองไปใช้จริง จำเป็นจะต้องตัดสินใจเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสามารถบอกได้ว่า จากแบบจำลองที่เราสร้างมาทั้งหมด แบบจำลองใดเหมาะสมที่สุด โดยแบบจำลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการพยากรณ์มากที่สุด สำหรับการวัดความคลาดเคลื่อนสามารถทำได้ด้วยใช้ค่าดังต่อไปนี้

2.6.1 ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual)

ค่าความคลาดเคลื่อน คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.19) [21]

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (2.19)$$

เมื่อ Y_t คือ ค่าจริงของเวลา t

\hat{Y}_t คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของเวลา t

2.6.1 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD)

ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน เขียนได้ดังสมการที่ (2.20) [21]

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (2.20)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูล

2.6.3 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE)

ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองสามารถหาได้จากการหาผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูล เขียนได้ดังสมการที่ (2.21) [21]

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (2.21)$$

2.6.4 ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

ในบางครั้งการที่คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนได้น้อยไม่ได้แปลว่าแบบจำลองนั้นดีกว่าเสมอไป เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนมีเปอร์เซ็นต์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่พยากรณ์ การใช้ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์จะช่วยแก้ปัญหานี้ ซึ่งคำนวณจากค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์หารค่าจริง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2.22) [21]

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{|Y_t|} \quad (2.22)$$

2.7 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ Information Criteria

เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ Information Criteria เป็นเครื่องมือในการวัดความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูล (Goodness of Fit) กล่าวคือเป็นเครื่องมือสำหรับวัดความแตกต่างระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับค่าจริง [22] โดยจะพิจารณาในแง่ของความซับซ้อนของแบบจำลองหรือจำนวนพารามิเตอร์ร่วมด้วย ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบที่เป็นที่นิยมมีดังต่อไปนี้

2.7.1 Akaike's Information Criteria (AIC)

Akaike (1973) ได้เสนอเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ AIC ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบนี้จะให้แบบจำลองที่มีค่า AIC ต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่ดีที่สุด สามารถเขียนได้ดังสมการ (2.23) [23]

$$AIC = -2\log \ell + 2k \quad (2.23)$$

เมื่อ ℓ คือ ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น

k คือ จำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ

2.7.2 Bayesian Information Criteria (BIC)

Schwarz (1978) ได้พัฒนาเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ BIC โดยมีที่มาจาก AIC ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบนี้จะให้แบบจำลองที่มีค่า BIC ต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่ดีที่สุดเช่นเดียวกับ AIC สามารถเขียนได้ดังสมการ (2.24) [23]

$$BIC = -2\ln(\ell) + k \log(n) \quad (2.24)$$

เมื่อ ℓ คือ ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น

k คือ จำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ

n คือ จำนวนตัวอย่าง

โดยปกติแล้ว เมื่อคำนวณค่า AIC และ BIC ของแบบจำลอง จะพบว่าค่าทั้งสองจะสอดคล้องกัน แต่ถ้าไม่สอดคล้องกัน จะเลือกแบบจำลองที่ให้ค่า BIC ต่ำที่สุด เนื่องจากค่า BIC จะให้ความสำคัญกับจำนวนพารามิเตอร์มากกว่า AIC โดยพิจารณาจากพจน์ที่ 2 ของสมการที่ (2.23) และ (2.24)

บทที่ 3

ตัวแบบพยากรณ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์อัตราการณะของประชากรไทยจำแนกตามปี ช่วงอายุ เพศ และภูมิภาค โดยใช้ข้อมูลอัตราการณะช่วงอายุ 1-99 ปี เนื่องจากอัตราการณะของทารก (0 ปี) และผู้สูงอายุ (มากกว่า 99 ปี) มีความแปรปรวนสูง สำหรับตัวแบบที่ใช้พยากรณ์กับข้อมูลอัตราการณะของประเทศไทยมีทั้งหมด 2 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear Multiple Regression Model) และตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF) [8]

3.1 ตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Multiple Regression Model: NLMR)

ตัวแบบการถดถอยไม่เป็นเส้นตรงเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าลอการิทึมของอัตราการณะกลางปี ซึ่งเป็นตัวแปรตาม กับปัจจัยต่าง ๆ หรือตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปี อายุเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก เพศ และภูมิภาค โดยในสมการจะประกอบไปด้วย พจน์กำลังหนึ่งของทุกปัจจัย พจน์กำลังสองของปัจจัยเชิงปริมาณ และพจน์ผลกระทบบรร่วมของสองปัจจัยของตัวแปรอิสระ ยกเว้นตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยเชิงคุณภาพตัวเดียวกัน ดังแสดงในสมการที่ (3.1)

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^9 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^2 \gamma_i x_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j>i}^9 \delta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (3.1)$$

เมื่อ α คือ ค่าคงที่ซึ่งเป็นจุดตัดแกน y

β_i คือ สัมประสิทธิ์ของพจน์กำลังหนึ่ง

γ_i คือ สัมประสิทธิ์ของพจน์กำลังสอง

δ_{ij} คือ สัมประสิทธิ์ของพจน์ผลกระทบบรร่วมของสองปัจจัย

ε คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ โดยที่ $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$



1584921123

CU Thesisis 5970203821 thesisis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

$i \in \{1, 2, \dots, 9\}$ และ $j \in \{1, 2, \dots, 9\}$ คือเซตของปัจจัย โดยที่ $i, j = 1$ แทนปัจจัยปี $i, j = 2$ แทนปัจจัยอายุ $i, j = 3$ แทนปัจจัยเพศ และ $i, j = 4, 5, 6, 7, 8, 9$ แทนปัจจัยภูมิภาค

สำหรับคำอธิบายของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีรายละเอียดดังนี้

y คือ ค่าลอการิทึมของอัตราการระงับกลางปี

x_1 คือ ปัจจัยปี โดยที่ $x_1 = 1$ สำหรับปี พ.ศ. 2550, โดยที่ $x_1 = 2$ สำหรับปี พ.ศ. 2551 โดยที่ x_1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 10 สำหรับปี พ.ศ. 2559

x_2 คือ ปัจจัยอายุเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variable) แบ่งเป็นช่วงอายุ 1-4, 5-9, 10-14 จนกระทั่ง 95-99 ปี ทั้งหมดจำนวน 20 ช่วงอายุ ตามเหตุผลที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 1 ดังนั้นในการสร้างตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้นจะเปลี่ยนปัจจัยอายุเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) เพื่อสะท้อนอายุของประชากรในแต่ละช่วงได้ดีกว่า ซึ่งจะเรียกว่า อายุเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.2) และ (3.3)

$$x_2^l = \frac{\sum_{k=1}^{k=4} k \times D_k}{\sum_{k=1}^{k=4} D_k} \quad \text{สำหรับ } l=1 \text{ และ } k=1-4 \quad (3.2)$$

$$x_2^l = \frac{\sum_{k=5}^{k=5l-1} k \times D_k}{\sum_{k=5}^{k=5l-1} D_k} \quad \text{สำหรับ } l=2, 3, \dots, 20 \text{ และ } k=5-99 \quad (3.3)$$

เมื่อ l คือ ลำดับของช่วงอายุ โดย $l=1$ สำหรับช่วงอายุ 1-4, $l=2$ สำหรับช่วงอายุ 5-9 จนกระทั่ง $l=20$ สำหรับช่วงอายุ 95-99

k คือ อายุของผู้เสียชีวิต

D_k คือ จำนวนผู้เสียชีวิตที่มีอายุ k ปี

ตัวอย่างการคำนวณ x_2 แสดงตัวอย่างข้อมูลของประชากรเพศหญิงที่อยู่ในภูมิภาคกรุงเทพฯ และปริมณฑลในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศหญิง

อายุ	จำนวนผู้เสียชีวิต
1	61
2	37
3	30
4	31
⋮	⋮
20	38
21	58
22	70
23	71
24	62
⋮	⋮

สำหรับช่วงอายุที่ 1 เมื่อ $l=1$ จะคำนวณ x_2 ได้ดังต่อไปนี้

$$x_2^1 = \frac{\sum_{k=1}^{k=4} k \times D_k}{\sum_{k=1}^{k=4} D_k} = \frac{(1 \times 61) + (2 \times 37) + (3 \times 30) + (4 \times 31)}{61 + 37 + 30 + 31} = 2.19$$

ช่วงอายุที่ 5 เมื่อ $l=5$ จะคำนวณ x_2 ได้ดังต่อไปนี้

$$x_2^5 = \frac{\sum_{k=5l-5}^{k=5l-1} k \times D_k}{\sum_{k=5l-5}^{k=5l-1} D_k} = \frac{(20 \times 38) + (21 \times 58) + (22 \times 70) + (23 \times 71) + (24 \times 62)}{38 + 58 + 70 + 71 + 62} = 22.20$$

สำหรับปัจจัยเพศ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ จะต้องเปลี่ยนให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) กำหนดให้เป็น x_3 โดยที่ $x_3 = 0$ สำหรับเพศหญิงและ $x_3 = 1$ สำหรับเพศชาย

ปัจจัยภูมิภาคเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพเช่นเดียวกัน จะต้องเปลี่ยนให้เป็นตัวแปรหุ่น กำหนดให้เป็น $x_4 - x_9$ โดยมีค่าตามตาราง 3.2 โดยที่ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยระหว่างปัจจัยภูมิภาคจะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถเกิดร่วมกันได้

ตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรหุ่นสำหรับปัจจัยภูมิภาค

ภูมิภาค	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
กรุงเทพฯ และปริมณฑล (BKK)	0	0	0	0	0	0
ภาคกลาง (CEN)	1	0	0	0	0	0
ภาคตะวันออก (E)	0	1	0	0	0	0
ภาคเหนือ (N)	0	0	1	0	0	0
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	0	0	0	1	0	0
ภาคใต้ (S)	0	0	0	0	1	0
ภาคตะวันตก (W)	0	0	0	0	0	1

จากสมการที่ (3.1) สามารถอธิบายพจน์แต่ละพจน์ได้ดังต่อไปนี้

α คือค่าคงที่ซึ่งเป็นจุดตัดแกน y

$\sum_{i=1}^9 \beta_i x_i$ คือ ผลบวกของพจน์กำลังหนึ่งของปัจจัยทุกปัจจัย ($x_1 - x_9$) สามารถเขียนกระจาย

ได้เป็น $\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \beta_9 x_9$

$\sum_{i=1}^2 \gamma_i x_i^2$ คือ ผลบวกของพจน์กำลังสองของปัจจัยเชิงปริมาณ (x_1 และ x_2) สามารถเขียน

กระจายได้เป็น $\gamma_1 x_1^2 + \gamma_2 x_2^2$

$\sum_{i=1}^3 \sum_{j>i}^9 \delta_{ij} x_i x_j$ คือ ผลบวกของพจน์ผลกระทบร่วมของสองปัจจัยของตัวแปรอิสระ ยกเว้น

ตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยเชิงคุณภาพตัวเดียวกัน (ยกเว้น $x_4 - x_9$ ด้วยกัน) สามารถเขียนกระจายได้

เป็น $\delta_{12} x_1 x_2 + \delta_{13} x_1 x_3 + \delta_{14} x_1 x_4 + \delta_{15} x_1 x_5 + \delta_{16} x_1 x_6 + \delta_{17} x_1 x_7 + \delta_{18} x_1 x_8 + \delta_{19} x_1 x_9 + \delta_{23} x_2 x_3 +$
 $\delta_{24} x_2 x_4 + \delta_{25} x_2 x_5 + \delta_{26} x_2 x_6 + \delta_{27} x_2 x_7 + \delta_{28} x_2 x_8 + \delta_{29} x_2 x_9 + \delta_{34} x_3 x_4 + \delta_{35} x_3 x_5 + \delta_{36} x_3 x_6 +$
 $\delta_{37} x_3 x_7 + \delta_{38} x_3 x_8 + \delta_{39} x_3 x_9$

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแสดงด้วยค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) จะได้ผลดังรูปที่ 3.1 จะพบว่าตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับตัวแปรอิสระเฉพาะปัจจัยอายุและปัจจัยเพศ (x_2 และ x_3) เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์มีค่ามากและมีค่า p-Value น้อย

แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเวลา (x_1) กับปัจจัยอายุ เพศและภูมิภาค ($x_2 - x_9$) ปัจจัยอายุ (x_2) กับปัจจัยเพศและภูมิภาค (

$x_3 - x_9$) และ ปัจจัยเพศ (x_3) กับปัจจัยภูมิภาค ($x_4 - x_9$) ไม่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าน้อยมากและมีค่า p-Value มากกว่า 0.05 มาก (เข้าใกล้ 1) โดยที่ไม่พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภูมิภาคด้วยกันเอง ($x_4 - x_9$)

Correlation: Y, X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X1	-0.031 0.101								
X2	0.972 0.000	0.000 0.990							
X3	0.145 0.000	0.000 1.000	-0.000 0.983						
X4	0.005 0.799	0.000 1.000	0.000 0.996	0.000 1.000					
X5	0.025 0.187	0.000 1.000	-0.000 0.998	0.000 1.000	-0.167 0.000				
X6	0.004 0.836	0.000 1.000	0.000 0.993	0.000 1.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000			
X7	-0.010 0.580	0.000 1.000	-0.000 0.995	0.000 1.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000		
X8	-0.014 0.465	0.000 1.000	-0.000 0.996	0.000 1.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	
X9	-0.007 0.694	-0.000 1.000	-0.000 0.998	0.000 1.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000	-0.167 0.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

รูปที่ 3.1 เมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปร

จากนั้นสร้างตัวแบบการถดถอย ได้ผลดังรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่ามีพจน์ของตัวแปรอิสระบางพจน์มีค่า p-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่ามีพจน์ที่ไม่มีผลต่อลอการิทึมของอัตราการณะที่ระดับนัยสำคัญ 5% เมื่อพิจารณาค่า Variance Inflation Factor (VIF) พบว่าค่า VIF ของปัจจัยมีค่าสูงอยู่ระหว่าง 3.71 - 29.88 แสดงให้เห็นถึงภาวะร่วมของตัวแปรต่อตัวแปรตอบสนอง ที่เรียกว่า Multicollinearity [24] ซึ่งมีผลให้ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแบบพยากรณ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อความแปรปรวนเพิ่มมากขึ้น แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์มีความแม่นยำในการประมาณค่าลดลง จึงทำการเลือกตัวแปรในสมการด้วยวิธีการเลือกตัวแปรแบบลดตัวแปร (Backward Elimination) ที่ระดับนัยสำคัญ 5% ได้ผลดังรูปที่ 3.3

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:

X3*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6, X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	10914.6	341.061	4796.44	0.000
X1	1	1.3	1.258	17.69	0.000
X2	1	170.2	170.150	2392.74	0.000
X3	1	47.4	47.399	666.55	0.000
X4	1	0.1	0.066	0.93	0.335
X5	1	1.5	1.458	20.92	0.000
X6	1	0.5	0.525	7.35	0.007
X7	1	1.8	1.756	24.69	0.000
X8	1	0.0	0.049	0.69	0.408
X9	1	0.0	0.024	0.34	0.558
X1*X1	1	0.1	0.058	0.82	0.366
X2*X2	1	107.5	107.453	1511.06	0.000
X1*X2	1	0.1	0.132	1.86	0.173
X1*X3	1	0.2	0.198	2.78	0.095
X1*X4	1	0.0	0.026	0.36	0.548
X1*X5	1	0.0	0.043	0.60	0.438
X1*X6	1	0.0	0.000	0.01	0.942
X1*X7	1	0.2	0.189	2.66	0.103
X1*X8	1	0.0	0.030	0.42	0.516
X1*X9	1	0.1	0.126	1.78	0.183
X2*X3	1	40.1	40.124	564.25	0.000
X2*X4	1	0.3	0.320	4.51	0.034
X2*X5	1	1.7	1.695	23.83	0.000
X2*X6	1	2.1	2.051	28.84	0.000
X2*X7	1	2.3	2.344	32.96	0.000
X2*X8	1	1.5	1.543	21.70	0.000
X2*X9	1	0.0	0.020	0.28	0.593
X3*X4	1	0.0	0.004	0.05	0.821
X3*X5	1	0.0	0.017	0.24	0.625
X3*X6	1	0.0	0.001	0.01	0.930
X3*X7	1	0.0	0.023	0.32	0.571
X3*X8	1	0.1	0.122	1.72	0.190
X3*X9	1	0.1	0.120	1.69	0.194
Error	2767	196.8	0.071		
Total	2799	11111.3			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.266667	98.23%	98.21%	98.17%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-9.2167	0.0484	-169.84	0.000	
X1	-0.04034	0.00959	-4.21	0.000	29.88
X2	0.044410	0.000908	48.92	0.000	26.72
X3	0.9612	0.0372	25.82	0.000	13.64
X4	-0.0533	0.0554	-0.96	0.335	14.82
X5	0.2536	0.0554	4.57	0.000	14.82
X6	-0.1507	0.0555	-2.72	0.007	14.83
X7	-0.2755	0.0554	-4.97	0.000	14.82
X8	0.0459	0.0554	0.83	0.408	14.82
X9	-0.0325	0.0554	-0.59	0.558	14.82
X1*X1	0.000627	0.000694	0.90	0.366	19.91
X2*X2	0.000268	0.000007	38.87	0.000	16.05
X1*X2	0.000083	0.000061	1.36	0.173	7.65
X1*X3	0.00586	0.00351	1.67	0.095	5.67
X1*X4	0.00394	0.00656	0.60	0.548	8.29
X1*X5	0.00509	0.00656	0.77	0.438	8.29
X1*X6	0.00048	0.00656	0.07	0.942	8.29
X1*X7	0.01070	0.00656	1.63	0.103	8.29
X1*X8	0.00426	0.00656	0.65	0.516	8.29
X1*X9	0.00875	0.00656	1.33	0.183	8.29
X2*X3	-0.008345	0.000351	-23.75	0.000	4.97
X2*X4	0.001395	0.000657	2.12	0.034	7.11
X2*X5	-0.003209	0.000657	-4.88	0.000	7.11
X2*X6	0.003531	0.000657	5.37	0.000	7.11
X2*X7	0.003773	0.000657	5.74	0.000	7.11
X2*X8	-0.003060	0.000657	-4.66	0.000	7.10
X2*X9	-0.000351	0.000657	-0.53	0.593	7.11
X3*X4	-0.0085	0.0377	-0.23	0.821	3.71
X3*X5	0.0184	0.0377	0.49	0.625	3.71
X3*X6	0.0033	0.0377	0.09	0.930	3.71
X3*X7	-0.0213	0.0377	-0.57	0.571	3.71
X3*X8	0.0495	0.0377	1.31	0.190	3.71
X3*X9	-0.0490	0.0377	-1.30	0.194	3.71

รูปที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของทุกช่วงอายุ

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:

X3*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6, X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Backward Elimination of Terms

α to remove = 0.05

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	16	10913.5	682.091	9592.42	0.000
X1	1	10.8	10.814	152.08	0.000
X2	1	235.5	235.537	3312.41	0.000
X3	1	163.4	163.443	2298.54	0.000
X4	1	0.1	0.067	0.94	0.331
X5	1	5.8	5.842	82.16	0.000
X6	1	1.3	1.348	18.96	0.000
X7	1	3.3	3.330	46.83	0.000
X8	1	0.3	0.267	3.76	0.053
X2*X2	1	107.5	107.434	1511.15	0.000
X2*X3	1	40.1	40.122	564.25	0.000
X2*X4	1	0.5	0.541	7.61	0.006
X2*X5	1	2.0	2.020	28.40	0.000
X2*X6	1	3.0	3.012	42.36	0.000
X2*X7	1	3.4	3.423	48.14	0.000
X2*X8	1	1.8	1.829	25.72	0.000
X3*X8	1	0.3	0.298	4.19	0.041
Error	2783	197.9	0.071		
Total	2799	11111.3			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.266660	98.22%	98.21%	98.19%

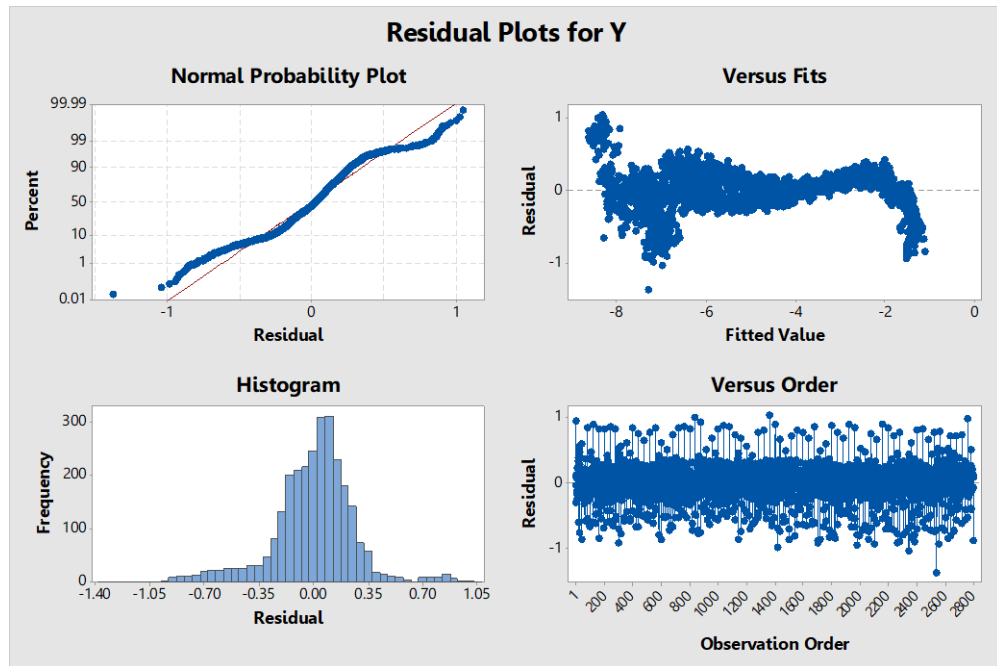
Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-8.2951	0.0260	-319.02	0.000	
X1	-0.02164	0.00175	-12.33	0.000	1.00
X2	0.044693	0.000777	57.55	0.000	15.55
X3	0.9839	0.0205	47.94	0.000	4.15
X4	-0.0316	0.0326	-0.97	0.331	5.12
X5	0.2953	0.0326	9.06	0.000	5.12
X6	-0.1419	0.0326	-4.35	0.000	5.12
X7	-0.2229	0.0326	-6.84	0.000	5.12
X8	0.0690	0.0356	1.94	0.053	6.11
X2*X2	-0.000268	0.000007	-38.87	0.000	16.05
X2*X3	-0.008345	0.000351	-23.75	0.000	4.97
X2*X4	0.001571	0.000569	2.76	0.006	5.33
X2*X5	-0.003033	0.000569	-5.33	0.000	5.33
X2*X6	0.003706	0.000569	6.51	0.000	5.33
X2*X7	0.003949	0.000569	6.94	0.000	5.33
X2*X8	-0.002884	0.000569	-5.07	0.000	5.32
X3*X8	0.0590	0.0288	2.05	0.041	2.17

Regression Equation

$$Y = -8.2951 - 0.02164 X1 + 0.044693 X2 + 0.9839 X3 - 0.0316 X4 + 0.2953 X5 - 0.1419 X6 - 0.2229 X7 + 0.0690 X8 + 0.000268 X2^2 - 0.008345 X2X3 + 0.001571 X2X4 - 0.003033 X2X5 + 0.003706 X2X6 + 0.003949 X2X7 - 0.002884 X2X8 + 0.0590 X3X8$$

รูปที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยหลังเลือกตัวแปรของทุกช่วงอายุ



รูปที่ 3.4 กราฟความคลาดเคลื่อนของทุกช่วงอายุ

หลังจากได้สมการที่ตัดตัวแปรบางพจน์ออกแล้ว จึงตรวจสอบเงื่อนไขของค่าคลาดเคลื่อน (Residual) โดยมีเงื่อนไข 3 ข้อ คือ 1. ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ 2. ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนคงที่ และ 3. ค่าคลาดเคลื่อนมีความอิสระต่อกัน ซึ่งตรวจสอบจากกราฟความคลาดเคลื่อน (Residual Plot) แสดงในรูปที่ 3.4 พบว่า กราฟ Normal Probability Plot มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับกราฟ Residual Versus Fit มีลักษณะการแจกแจงบนและล่างสมดูลกัน มีการกระจายรอบค่าศูนย์ แต่มีการกระจายอย่างมีรูปแบบ แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนไม่คงที่ ส่วนกราฟ Residual Versus Order พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่ขึ้นอยู่กับลำดับของข้อมูล แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนที่มีความอิสระต่อกัน

จากเหตุผลข้างต้น ในการสร้างตัวแบบการถดถอยจึงจะแบ่งข้อมูลเป็น 5 ช่วงอายุ ได้แก่ 1-19, 20-39, 40-59, 60-79 และ 80-99 ปี ได้ผลการวิเคราะห์การถดถอยสำหรับค่าลอการิทึมของ อัตราณณะดังรูปที่ 3.5 - รูปที่ 3.9

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:
 X3*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6,
 X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	144.805	4.5252	180.41	0.000
X1	1	0.723	0.7225	28.81	0.000
X2	1	40.016	40.0155	1595.34	0.000
X3	1	0.044	0.0440	1.75	0.186
X4	1	0.020	0.0199	0.78	0.374
X5	1	0.052	0.0520	2.07	0.151
X6	1	0.031	0.0311	1.24	0.266
X7	1	0.035	0.0346	1.34	0.215
X8	1	0.123	0.1230	4.90	0.027
X9	1	0.000	0.0001	0.01	0.942
X1*X1	1	0.071	0.0709	2.82	0.094
X2*X2	1	58.865	58.8652	2346.84	0.000
X1*X2	1	0.406	0.4061	16.19	0.000
X1*X3	1	0.006	0.0064	0.26	0.613
X1*X4	1	0.014	0.0139	0.55	0.459
X1*X5	1	0.009	0.0093	0.37	0.542
X1*X6	1	0.012	0.0121	0.48	0.487
X1*X7	1	0.092	0.0920	3.67	0.056
X1*X8	1	0.017	0.0166	0.66	0.417
X1*X9	1	0.217	0.2168	8.65	0.003
X2*X3	1	10.738	10.7381	428.11	0.000
X2*X4	1	0.205	0.2055	8.19	0.004
X2*X5	1	0.279	0.2792	11.13	0.001
X2*X6	1	0.185	0.1846	7.36	0.007
X2*X7	1	0.018	0.0183	0.73	0.393
X2*X8	1	0.002	0.0015	0.06	0.805
X2*X9	1	0.004	0.0036	0.14	0.707
X3*X4	1	0.026	0.0261	1.04	0.309
X3*X5	1	0.024	0.0242	1.05	0.307
X3*X6	1	0.020	0.0202	0.80	0.370
X3*X7	1	0.012	0.0121	0.48	0.488
X3*X8	1	0.039	0.0383	1.53	0.217
X3*X9	1	0.008	0.0085	0.32	0.571
Error	527	13.219	0.0251		
Total	559	158.024			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(Adj)	R-sq(Pred)
0.138375	91.64%	91.13%	90.53%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-6.7616	0.0645	-104.89	0.000	
X1	-0.0683	0.0127	-5.37	0.000	29.79
X2	-0.26662	0.00668	-39.94	0.000	31.45
X3	0.0654	0.0494	1.32	0.186	13.61
X4	-0.0652	0.0733	-0.89	0.374	14.70
X5	0.1053	0.0732	1.44	0.151	14.64
X6	-0.0816	0.0732	-1.11	0.266	14.66
X7	-0.0909	0.0733	-1.24	0.215	14.70
X8	0.1627	0.0733	2.21	0.027	14.69
X9	0.0054	0.0733	0.07	0.942	14.68
X1*X1	0.001547	0.000521	1.68	0.094	19.91
X2*X2	0.013403	0.000277	48.44	0.000	21.20
X1*X2	0.001668	0.000414	4.02	0.000	7.68
X1*X3	-0.00236	0.00466	-0.51	0.613	5.67
X1*X4	0.00647	0.00872	0.74	0.459	8.29
X1*X5	0.00097	0.00872	0.11	0.912	8.29
X1*X6	-0.00606	0.00872	-0.70	0.487	8.29
X1*X7	0.01669	0.00872	1.91	0.056	8.29
X1*X8	0.00708	0.00872	0.81	0.417	8.29
X1*X9	0.02563	0.00872	2.94	0.003	8.29
X2*X3	0.04924	0.00239	20.69	0.000	5.00
X2*X4	0.01272	0.00445	2.86	0.004	7.02
X2*X5	0.01476	0.00442	3.34	0.001	7.02
X2*X6	0.01197	0.00441	2.71	0.007	7.02
X2*X7	0.00380	0.00445	0.85	0.393	6.99
X2*X8	-0.00110	0.00444	-0.25	0.805	6.95
X2*X9	-0.00167	0.00444	-0.38	0.707	6.99
X3*X4	0.0510	0.0501	1.02	0.305	3.71
X3*X5	0.0512	0.0501	1.02	0.307	3.71
X3*X6	-0.0449	0.0501	-0.90	0.370	3.71
X3*X7	0.0348	0.0501	0.69	0.488	3.71
X3*X8	0.0619	0.0501	1.24	0.217	3.71
X3*X9	0.0069	0.0501	0.14	0.891	3.71

Regression Equation

$$Y = -6.7616 - 0.0683 X1 - 0.26662 X2 + 0.0654 X3 - 0.0652 X4 + 0.1053 X5 - 0.0816 X6 - 0.0909 X7 + 0.1627 X8 + 0.0054 X9 + 0.001547 X1*X1 + 0.013403 X2*X2 + 0.001668 X1*X2 - 0.00236 X1*X3 + 0.00647 X1*X4 + 0.00097 X1*X5 - 0.00606 X1*X6 + 0.01669 X1*X7 + 0.00708 X1*X8 + 0.02563 X1*X9 + 0.04924 X2*X3 + 0.01272 X2*X4 + 0.01476 X2*X5 + 0.01197 X2*X6 + 0.00380 X2*X7 - 0.00110 X2*X8 - 0.00167 X2*X9 + 0.0510 X3*X4 + 0.0512 X3*X5 - 0.0449 X3*X6 + 0.0348 X3*X7 + 0.0619 X3*X8 + 0.0069 X3*X9$$

รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 1-19 ปี

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:

X3*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6, X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	229.370	7.16781	1109.68	0.000
X1	1	0.475	0.47500	74.08	0.000
X2	1	0.002	0.00188	0.29	0.590
X3	1	6.464	6.46362	1000.66	0.000
X4	1	0.444	0.44371	68.69	0.000
X5	1	0.024	0.02409	3.73	0.054
X6	1	0.819	0.81850	126.73	0.000
X7	1	1.331	1.33125	206.10	0.000
X8	1	0.143	0.14314	22.16	0.000
X9	1	0.363	0.36275	56.16	0.000
X1*X1	1	0.281	0.28052	43.43	0.000
X2*X2	1	0.197	0.19731	30.51	0.000
X1*X2	1	0.000	0.00020	0.03	0.862
X1*X3	1	0.163	0.16323	25.27	0.000
X1*X4	1	0.623	0.62288	95.54	0.000
X1*X5	1	0.019	0.01922	2.98	0.085
X1*X6	1	0.004	0.00447	0.69	0.406
X1*X7	1	0.139	0.13895	21.51	0.000
X1*X8	1	0.006	0.00612	0.93	0.331
X1*X9	1	0.032	0.03150	4.89	0.027
X2*X3	1	0.428	0.42839	66.32	0.000
X2*X4	1	0.278	0.27784	43.01	0.000
X2*X5	1	0.000	0.00037	0.06	0.811
X2*X6	1	0.601	0.60148	93.12	0.000
X2*X7	1	0.404	0.40419	62.57	0.000
X2*X8	1	0.116	0.11604	17.97	0.000
X2*X9	1	0.290	0.28953	44.82	0.000
X3*X4	1	0.078	0.07788	12.06	0.001
X3*X5	1	0.013	0.01303	2.09	0.095
X3*X6	1	0.023	0.02302	3.56	0.060
X3*X7	1	0.002	0.00245	0.38	0.538
X3*X8	1	0.109	0.10922	16.91	0.000
X3*X9	1	0.630	0.62974	97.40	0.000
Error	527	3.404	0.00646		
Total	559	232.774			

Model Summary

R	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.9803702	98.54%	98.45%	98.33%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIP
Constant	-7.378	0.132	-55.95	0.000	
X1	-0.07532	0.00873	-8.61	0.000	34.77
X2	0.00445	0.00825	0.54	0.590	185.59
X3	1.3339	0.0422	31.63	0.000	26.54
X4	-0.6096	0.0736	-8.29	0.000	51.47
X5	0.1424	0.0737	1.93	0.054	57.73
X6	-0.8276	0.0735	-11.26	0.000	57.28
X7	-1.0553	0.0735	-14.36	0.000	57.17
X8	-0.3471	0.0737	-4.71	0.000	57.72
X9	-0.5527	0.0738	-7.49	0.000	57.75
X1*X1	0.003080	0.000467	6.59	0.000	19.91
X2*X2	0.000745	0.000135	5.53	0.000	174.44
X1*X2	0.000037	0.000211	0.17	0.862	32.50
X1*X3	0.01189	0.00236	5.03	0.000	5.67
X1*X4	0.00933	0.00442	1.88	0.060	8.29
X1*X5	0.00763	0.00442	1.72	0.085	8.29
X1*X6	-0.00960	0.00442	-0.83	0.406	8.29
X1*X7	0.02052	0.00442	4.64	0.000	8.29
X1*X8	-0.00431	0.00442	-0.97	0.331	8.29
X1*X9	0.00978	0.00442	2.21	0.027	8.29
X2*X3	-0.00986	0.00121	-8.14	0.000	29.93
X2*X4	0.01484	0.00226	6.56	0.000	49.71
X2*X5	0.00054	0.00227	0.24	0.811	49.93
X2*X6	0.02183	0.00226	9.65	0.000	49.62
X2*X7	0.01788	0.00226	7.91	0.000	49.59
X2*X8	0.00962	0.00227	4.24	0.000	49.90
X2*X9	0.01520	0.00227	6.70	0.000	49.90
X3*X4	-0.0983	0.0254	-3.47	0.001	3.71
X3*X5	-0.0425	0.0254	-1.67	0.095	3.71
X3*X6	0.0480	0.0254	1.89	0.060	3.71
X3*X7	-0.0157	0.0254	-0.62	0.538	3.71
X3*X8	-0.1045	0.0254	-4.11	0.000	3.71
X3*X9	-0.2509	0.0254	-9.87	0.000	3.71

Regression Equation

$$Y = -7.378 - 0.07532 X1 + 0.00445 X2 + 1.3339 X3 - 0.6096 X4 + 0.1424 X5 - 0.8276 X6 - 1.0553 X7 - 0.3471 X8 - 0.5527 X9 + 0.003080 X1*X1 + 0.000745 X2*X2 + 0.000037 X1*X2 + 0.01189 X1*X3 + 0.00933 X1*X4 + 0.00763 X1*X5 - 0.00960 X1*X6 + 0.02052 X1*X7 - 0.00431 X1*X8 + 0.00978 X1*X9 - 0.00986 X2*X3 + 0.01484 X2*X4 + 0.00054 X2*X5 + 0.02183 X2*X6 + 0.01788 X2*X7 + 0.00962 X2*X8 + 0.01520 X2*X9 - 0.0983 X3*X4 - 0.0425 X3*X5 + 0.0480 X3*X6 - 0.0157 X3*X7 - 0.1045 X3*X8 - 0.2509 X3*X9$$

รูปที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 20-39 ปี

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:
 X1*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6,
 X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	171.400	5.35624	2002.39	0.000
X1	1	0.025	0.02578	15.06	0.000
X2	1	0.012	0.01236	6.47	0.011
X3	1	1.884	1.88359	2032.32	0.000
X4	1	0.001	0.00064	0.34	0.562
X5	1	0.051	0.05137	26.06	0.000
X6	1	0.002	0.00208	1.09	0.297
X7	1	0.295	0.29500	149.14	0.000
X8	1	0.001	0.00142	0.74	0.390
X9	1	0.000	0.00016	0.04	0.769
X1*X1	1	0.004	0.00445	44.19	0.000
X1*X2	1	0.004	0.00352	49.94	0.000
X1*X3	1	0.003	0.00305	1.60	0.207
X1*X4	1	0.242	0.24230	116.33	0.000
X1*X5	1	0.001	0.00127	0.66	0.416
X1*X6	1	0.005	0.00528	2.77	0.097
X1*X7	1	0.023	0.02330	12.19	0.001
X1*X8	1	0.001	0.00073	0.38	0.537
X1*X9	1	0.001	0.00053	0.26	0.596
X2*X3	1	0.001	0.00145	0.76	0.384
X2*X4	1	1.101	1.10076	576.04	0.000
X2*X5	1	0.001	0.00102	0.53	0.466
X2*X6	1	0.016	0.01563	8.18	0.004
X2*X7	1	0.000	0.00005	0.02	0.871
X2*X8	1	0.303	0.30296	158.54	0.000
X2*X9	1	0.001	0.00092	0.48	0.489
X3*X4	1	0.000	0.00001	0.00	0.947
X3*X5	1	0.048	0.04794	25.09	0.000
X3*X6	1	0.011	0.01074	5.62	0.016
X3*X7	1	0.005	0.00452	2.36	0.125
X3*X8	1	0.145	0.14549	76.14	0.000
X3*X9	1	0.002	0.00223	2.73	0.099
X4*X5	1	0.071	0.07124	37.28	0.000
Error	527	1.007	0.00191		
Total	559	172.407			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0437140	99.42%	99.38%	99.33%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-7.836	0.190	-41.20	0.000	
X1	-0.02574	0.00663	-3.88	0.000	106.37
X2	0.01905	0.00749	2.54	0.011	508.33
X3	1.8807	0.0951	45.08	0.000	50.07
X4	0.0171	0.0630	0.58	0.562	146.10
X5	0.3309	0.0638	5.18	0.000	146.12
X6	0.0668	0.0639	1.04	0.297	146.42
X7	-0.7784	0.0637	-12.21	0.000	145.77
X8	-0.0549	0.0637	-0.86	0.390	145.50
X9	-0.0187	0.0638	-0.29	0.769	145.91
X1*X1	0.001690	0.000254	6.65	0.000	19.91
X2*X2	0.000522	0.000075	7.00	0.000	497.70
X1*X2	-0.000146	0.000116	-1.26	0.207	84.29
X1*X3	0.01307	0.00129	10.79	0.000	5.67
X1*X4	0.00196	0.00241	0.81	0.416	8.29
X1*X5	0.00400	0.00241	1.66	0.097	8.29
X1*X6	-0.00840	0.00241	-3.49	0.001	8.29
X1*X7	-0.00143	0.00241	-0.62	0.537	8.29
X1*X8	-0.00127	0.00241	-0.53	0.596	8.29
X1*X9	0.00210	0.00241	0.87	0.384	8.29
X2*X3	-0.015947	0.000664	-24.00	0.000	81.42
X2*X4	0.00091	0.00124	0.73	0.466	138.52
X2*X5	-0.00356	0.00124	-2.86	0.004	138.37
X2*X6	0.00020	0.00125	0.16	0.871	139.09
X2*X7	0.01564	0.00124	12.59	0.000	138.06
X2*X8	-0.00056	0.00124	-0.43	0.489	137.85
X2*X9	0.00008	0.00124	0.07	0.947	138.15
X3*X4	-0.0692	0.0138	-5.01	0.000	3.71
X3*X5	-0.0328	0.0138	-2.37	0.018	3.71
X3*X6	0.0213	0.0138	1.54	0.125	3.71
X3*X7	-0.1206	0.0138	-8.73	0.000	3.71
X3*X8	-0.0229	0.0138	-1.65	0.099	3.71
X3*X9	-0.0844	0.0138	-6.11	0.000	3.71

Regression Equation

$$Y = -7.836 - 0.02574 X1 + 0.01905 X2 + 1.8807 X3 + 0.0371 X4 + 0.3309 X5 + 0.0668 X6 - 0.7784 X7 - 0.0549 X8 - 0.0187 X9 + 0.001690 X1*X1 + 0.000522 X2*X2 - 0.000146 X1*X2 + 0.01307 X1*X3 + 0.00196 X1*X4 + 0.00400 X1*X5 - 0.00840 X1*X6 - 0.00143 X1*X7 + 0.00127 X1*X8 + 0.00210 X1*X9 - 0.015947 X2*X3 + 0.00091 X2*X4 - 0.00356 X2*X5 + 0.00020 X2*X6 + 0.01564 X2*X7 - 0.00056 X2*X8 + 0.00008 X2*X9 - 0.0692 X3*X4 - 0.0328 X3*X5 + 0.0213 X3*X6 - 0.1206 X3*X7 - 0.0229 X3*X8 - 0.0844 X3*X9$$

รูปที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 40-59 ปี

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:
 X1*X3, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6,
 X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	173.552	5.42350	4620.43	0.000
X1	1	0.001	0.00144	1.22	0.269
X2	1	0.002	0.00162	1.39	0.240
X3	1	2.181	2.18067	1857.77	0.000
X4	1	0.012	0.01190	9.90	0.002
X5	1	0.082	0.08189	69.77	0.000
X6	1	0.004	0.00412	3.51	0.062
X7	1	0.027	0.02703	23.03	0.000
X8	1	0.007	0.00657	5.60	0.018
X9	1	0.000	0.00003	0.03	0.871
X1*X1	1	0.001	0.00108	0.92	0.339
X2*X2	1	0.216	0.21639	184.35	0.000
X1*X2	1	0.016	0.01648	14.04	0.000
X1*X3	1	0.072	0.07222	61.52	0.000
X1*X4	1	0.014	0.01376	11.72	0.001
X1*X5	1	0.052	0.05176	44.12	0.000
X1*X6	1	0.007	0.00717	6.11	0.014
X1*X7	1	0.013	0.01311	11.17	0.001
X1*X8	1	0.044	0.04397	37.48	0.000
X1*X9	1	0.035	0.03471	32.98	0.000
X2*X3	1	1.171	1.17064	997.30	0.000
X2*X4	1	0.006	0.00647	5.51	0.019
X2*X5	1	0.051	0.05114	43.66	0.000
X2*X6	1	0.002	0.00158	1.35	0.246
X2*X7	1	0.007	0.00743	6.33	0.012
X2*X8	1	0.001	0.00149	1.27	0.260
X2*X9	1	0.002	0.00218	1.86	0.173
X3*X4	1	0.036	0.03627	30.90	0.000
X3*X5	1	0.001	0.00083	0.54	0.465
X3*X6	1	0.216	0.21639	184.27	0.000
X3*X7	1	0.203	0.20294	172.81	0.000
X3*X8	1	0.072	0.07229	61.59	0.000
X3*X9	1	0.013	0.01312	11.18	0.001
Error	527	0.619	0.00117		
Total	559	174.171			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0342609	99.64%	99.62%	99.59%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-7.044	0.285	-24.72	0.000	
X1	-0.00751	0.00679	-1.11	0.269	181.61
X2	-0.00952	0.00810	-1.18	0.240	980.88
X3	1.6039	0.0372	43.10	0.000	165.15
X4	0.2147	0.0686	3.13	0.002	274.78
X5	0.5726	0.0686	8.35	0.000	274.58
X6	0.1283	0.0685	1.87	0.062	274.35
X7	0.3296	0.0687	4.80	0.000	273.65
X8	-0.1622	0.0686	-2.37	0.018	274.58
X9	0.0111	0.0685	0.16	0.871	274.88
X1*X1	0.000191	0.000199	0.96	0.339	19.91
X2*X2	0.000787	0.000058	13.58	0.000	971.34
X1*X2	-0.000338	0.000050	-3.75	0.000	159.33
X1*X3	0.00791	0.00101	7.84	0.000	5.67
X1*X4	0.00646	0.00199	3.24	0.001	9.29
X1*X5	0.01253	0.00195	6.44	0.000	9.29
X1*X6	0.00466	0.00189	2.47	0.014	9.29
X1*X7	0.00630	0.00185	3.34	0.001	9.29
X1*X8	0.01154	0.00189	6.12	0.000	9.29
X1*X9	0.01093	0.00189	5.74	0.000	9.29
X2*X3	-0.016346	0.000518	-31.58	0.000	156.42
X2*X4	-0.002273	0.000968	-2.35	0.019	266.98
X2*X5	-0.008530	0.000968	-8.81	0.000	266.69
X2*X6	0.001123	0.000967	1.16	0.246	266.46
X2*X7	-0.002441	0.000970	-2.52	0.012	267.60
X2*X8	-0.001091	0.000968	-1.13	0.260	266.75
X2*X9	-0.001319	0.000967	-1.36	0.173	266.53
X3*X4	-0.0602	0.0108	-5.56	0.000	3.71
X3*X5	-0.0079	0.0108	-0.73	0.465	3.71
X3*X6	-0.1471	0.0109	-13.57	0.000	3.71
X3*X7	-0.1424	0.0109	-13.15	0.000	3.71
X3*X8	0.0850	0.0109	7.85	0.000	3.71
X3*X9	-0.0362	0.0108	-3.34	0.001	3.71

Regression Equation

$$Y = -7.044 - 0.00751 X1 - 0.00952 X2 + 1.6039 X3 + 0.2147 X4 + 0.5726 X5 + 0.1283 X6 + 0.3296 X7 - 0.1622 X8 + 0.0111 X9 + 0.000191 X1*X1 + 0.000787 X2*X2 - 0.000338 X1*X2 + 0.00791 X1*X3 + 0.00646 X1*X4 + 0.01253 X1*X5 + 0.00466 X1*X6 + 0.00630 X1*X7 + 0.01154 X1*X8 + 0.01093 X1*X9 - 0.016346 X2*X3 - 0.002273 X2*X4 - 0.008530 X2*X5 + 0.001123 X2*X6 - 0.002441 X2*X7 - 0.001091 X2*X8 - 0.001319 X2*X9 - 0.0602 X3*X4 - 0.0079 X3*X5 - 0.1471 X3*X6 - 0.1424 X3*X7 + 0.0850 X3*X8 - 0.0362 X3*X9$$

รูปที่ 3.8 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 60-79 ปี

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9

The following terms cannot be estimated and were removed:
 X1*X1, X4*X4, X5*X5, X6*X6, X7*X7, X8*X8, X9*X9, X4*X5, X4*X6, X4*X7, X4*X8, X4*X9, X5*X6,
 X5*X7, X5*X8, X5*X9, X6*X7, X6*X8, X6*X9, X7*X8, X7*X9, X8*X9

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	32	71.0194	2.21936	428.77	0.000
X1	1	0.0428	0.04281	0.23	0.004
X2	1	7.7497	7.74974	1497.21	0.000
X3	1	5.9360	5.93602	1146.81	0.000
X4	1	0.0924	0.09236	17.84	0.000
X5	1	0.0641	0.06405	12.37	0.000
X6	1	0.0214	0.02143	4.14	0.042
X7	1	0.0967	0.09671	18.68	0.000
X8	1	0.1076	0.10757	20.78	0.000
X9	1	0.0608	0.06076	11.74	0.001
X1*X1	1	0.3173	0.31729	61.30	0.000
X2*X2	1	6.6096	6.60958	1276.94	0.000
X1*X2	1	0.0352	0.03517	6.79	0.009
X1*X3	1	0.0065	0.00654	1.26	0.261
X1*X4	1	0.0018	0.00179	0.45	0.557
X1*X5	1	0.0000	0.00004	0.01	0.934
X1*X6	1	0.0682	0.06818	13.17	0.000
X1*X7	1	0.0477	0.04770	9.21	0.003
X1*X8	1	0.0211	0.02110	4.08	0.044
X1*X9	1	0.0049	0.00494	0.95	0.329
X2*X3	1	6.5609	6.56090	1267.53	0.000
X2*X4	1	0.1073	0.10726	20.72	0.000
X2*X5	1	0.0538	0.05379	10.39	0.001
X2*X6	1	0.0208	0.02082	4.02	0.045
X2*X7	1	0.0956	0.09591	18.51	0.000
X2*X8	1	0.0507	0.05065	9.79	0.002
X2*X9	1	0.0560	0.05596	10.81	0.001
X3*X4	1	0.1635	0.16349	31.59	0.000
X3*X5	1	0.1439	0.14388	27.80	0.000
X3*X6	1	0.1896	0.18957	36.62	0.000
X3*X7	1	0.1896	0.18961	36.63	0.000
X3*X8	1	0.5490	0.54901	106.07	0.000
X3*X9	1	0.1221	0.12209	23.59	0.000
Error	527	2.7276	0.00518		
Total	559	73.7472			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(Adj)	R-sq(Pred)
0.0719451	96.30%	96.00%	95.77%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-45.16	1.04	-43.28	0.000	
X1	0.0525	0.0185	2.83	0.004	298.00
X2	0.8993	0.0232	38.69	0.000	1712.66
X3	3.459	0.102	33.86	0.000	292.26
X4	-0.799	0.189	-4.22	0.000	474.41
X5	-0.665	0.189	-3.52	0.000	473.66
X6	-0.382	0.189	-2.03	0.042	473.67
X7	-0.527	0.189	-2.82	0.000	473.27
X8	-0.861	0.189	-4.56	0.000	472.97
X9	-0.646	0.189	-3.43	0.001	474.40
X1*X1	-0.003276	0.000418	-7.82	0.000	19.51
X2*X2	-0.004639	0.000130	-35.73	0.000	1701.44
X1*X2	-0.000509	0.000195	-2.61	0.009	275.04
X1*X3	-0.00238	0.00212	-1.12	0.261	5.67
X1*X4	-0.00231	0.00396	-0.59	0.557	8.29
X1*X5	0.00031	0.00396	0.08	0.934	8.29
X1*X6	0.01437	0.00396	3.63	0.000	8.29
X1*X7	0.01202	0.00396	3.04	0.003	8.29
X1*X8	0.00809	0.00396	2.02	0.044	8.29
X1*X9	-0.00387	0.00396	-0.98	0.329	8.29
X2*X3	-0.03999	0.00112	-35.68	0.000	273.34
X2*X4	0.00955	0.00210	4.55	0.000	466.25
X2*X5	0.00676	0.00210	3.22	0.001	465.68
X2*X6	0.00421	0.00210	2.01	0.045	465.42
X2*X7	0.00902	0.00210	4.30	0.000	465.09
X2*X8	0.00655	0.00209	3.13	0.002	464.99
X2*X9	0.00690	0.00210	3.29	0.001	466.31
X3*X4	0.1279	0.0228	5.62	0.000	3.71
X3*X5	0.1306	0.0228	5.77	0.000	3.71
X3*X6	0.1377	0.0228	6.05	0.000	3.71
X3*X7	0.1377	0.0228	6.05	0.000	3.71
X3*X8	0.2343	0.0228	10.30	0.000	3.71
X3*X9	0.1105	0.0228	4.86	0.000	3.71

Regression Equation

$$\begin{aligned}
 Y = & -45.16 + 0.0525 X1 + 0.8993 X2 + 3.459 X3 - 0.799 X4 - 0.665 X5 - 0.382 X6 - 0.527 X7 \\
 & - 0.861 X8 + 0.003276 X1^2 - 0.004639 X2^2 - 0.000509 X1X2 - 0.00238 X1X3 - 0.00231 X1X4 \\
 & + 0.00031 X1X5 + 0.01437 X1X6 + 0.01202 X1X7 + 0.00809 X1X8 - 0.00387 X1X9 \\
 & - 0.03999 X2X3 + 0.00955 X2X4 + 0.00676 X2X5 + 0.00421 X2X6 + 0.00902 X2X7 \\
 & + 0.00655 X2X8 + 0.00690 X2X9 + 0.1279 X3X4 + 0.1306 X3X5 \\
 & + 0.1377 X3X6 + 0.1377 X3X7 + 0.2343 X3X8 + 0.1105 X3X9
 \end{aligned}$$

รูปที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์การถดถอยก่อนเลือกตัวแปรของช่วงอายุ 80-99 ปี

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยในรูปที่ 3.5 - รูปที่ 3.9 พบว่ามีพจน์ของตัวแปรอิสระบางพจน์มีค่า p-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าพจน์ดังกล่าวไม่มีผลต่อค่าลอการิทึมของอัตราณณะที่ระดับนัยสำคัญ 5% เพื่อให้ตัวแบบพยากรณ์มีความเหมาะสมมากขึ้นจึงทำการเลือกตัวแปรในสมการด้วยวิธีการเลือกตัวแปรแบบลดตัวแปรที่ระดับนัยสำคัญ 5% จะได้ตัวแบบจำนวน 5 สมการสำหรับ 5 ช่วงอายุ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น

ตัวแปร	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99	ตัวแปร	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99
α	-6.8185	-7.3679	-7.8062	-6.9509	-45.1445	x_1x_7	0.0150	0.0232	N/A	0.0063	0.0135
x_1	-0.0507	-0.0769	-0.0327	-0.0054	0.0497	x_1x_8	N/A	N/A	N/A	0.0115	0.0095
x_2	-0.2663	0.0049	0.0183	-0.0108	0.8992	x_1x_9	0.0239	0.0124	N/A	0.0108	N/A
x_3	0.0868	1.3145	1.5911	1.5999	3.4464	x_2x_3	0.0492	-0.0099	-0.0159	-0.0163	-0.0400
x_4	-0.0021	-0.6261	0.0982	0.0546	-0.8121	x_2x_4	0.0125	0.0146	N/A	N/A	0.0096
x_5	0.1384	0.1226	0.3409	0.4696	-0.6632	x_2x_5	0.0145	N/A	-0.0036	-0.0071	0.0068
x_6	-0.0955	-0.8495	0.0889	0.0274	-0.3927	x_2x_6	0.0117	0.0216	N/A	0.0025	0.0042
x_7	-0.0277	-1.0698	-0.7780	0.1579	-0.8249	x_2x_7	N/A	0.0176	0.0156	N/A	0.0090
x_8	0.2217	-0.3725	-0.0992	-0.2401	-0.8692	x_2x_8	N/A	0.0094	N/A	N/A	0.0066
x_9	0.0021	-0.5690	0.0023	-0.0826	-0.6692	x_2x_9	N/A	0.0149	N/A	N/A	0.0069
x_1^2	N/A	0.0031	0.0017	N/A	-0.0033	x_3x_4	N/A	-0.0689	-0.0799	-0.0562	0.1279
x_2^2	0.0134	0.0007	0.0005	0.0008	-0.0046	x_3x_5	N/A	N/A	-0.0434	N/A	0.1200
x_1x_2	0.0017	N/A	N/A	-0.0003	-0.0005	x_3x_6	-0.0792	0.0674	N/A	-0.1431	0.1377
x_1x_3	N/A	0.0119	0.0139	0.0079	N/A	x_3x_7	N/A	N/A	-0.1312	-0.1384	0.1377
x_1x_4	N/A	0.0110	N/A	0.0065	N/A	x_3x_8	N/A	-0.0851	-0.0335	0.0890	0.2343
x_1x_5	N/A	0.0103	0.0037	0.0125	N/A	x_3x_9	N/A	-0.2316	-0.0950	-0.0322	0.1105
x_1x_6	N/A	N/A	-0.0087	0.0047	0.0158	R^2	91.47	98.53	99.40	99.64	96.28

จากตารางที่ 3.3 ค่า N/A หมายถึงสัมประสิทธิ์ของพจน์ที่ถูกเลือกเอาออกจากสมการ เมื่อพิจารณาจะพบว่า พจน์กำลังหนึ่งของทุกตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ในทุกช่วงอายุ สำหรับพจน์กำลังสองของปัจจัยเวลาจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% เฉพาะ ช่วงอายุ 20-

39, 40-59 และ 80-99 ปี เท่านั้น ส่วนพจน์กำลังสองของปัจจัยอายุมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ในทุกช่วงอายุ

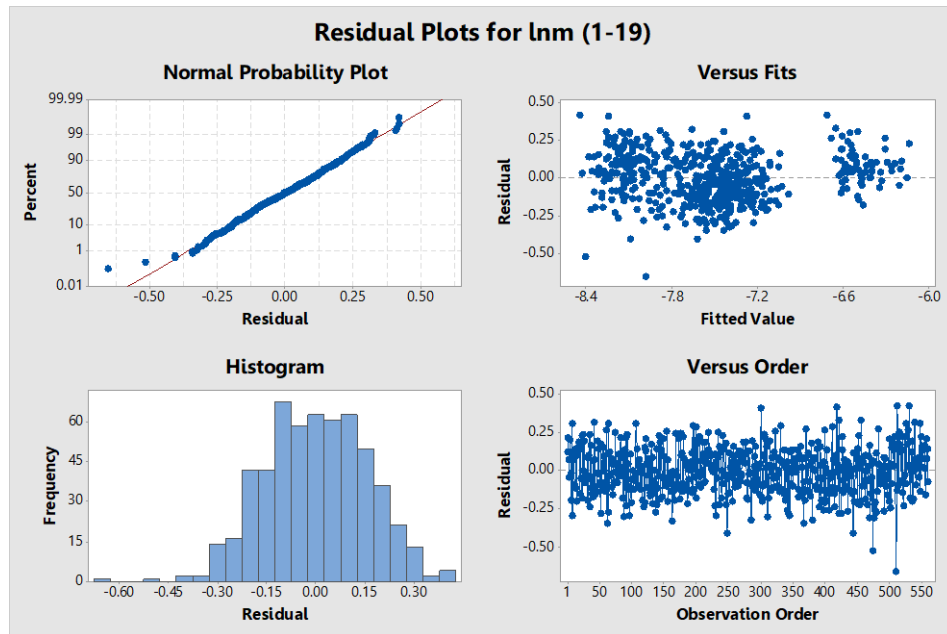
เมื่อพิจารณาพจน์ผลกระทบร่วมสองปัจจัยของตัวแปรอิสระ พบว่าช่วงอายุ 60-79 ปี พจน์ผลกระทบร่วมสองปัจจัยของปัจจัยเวลากับปัจจัยอื่น ๆ มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ในขณะที่ช่วงอายุ 80-99 ปี พจน์ผลกระทบร่วมสองปัจจัยของปัจจัยอายุกับปัจจัยอื่น ๆ และผลกระทบร่วมสองปัจจัยของปัจจัยเพศกับปัจจัยอื่น ๆ ยกเว้นผลกระทบร่วมสองปัจจัยของปัจจัยเพศกับปัจจัยเวลามีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

สำหรับปัจจัยอายุ (x_2) พบว่าพจน์กำลังหนึ่ง พจน์กำลังสอง และผลกระทบร่วมระหว่างอายุและเพศ (x_2x_3) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในทุกช่วงอายุ สำหรับปัจจัยเวลา (x_1) พบว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในทุกช่วงอายุเฉพาะพจน์กำลังหนึ่งเท่านั้น สำหรับปัจจัยภูมิภาค ($x_4 - x_9$) พบว่าพจน์กำลังหนึ่งของภูมิภาคมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในทุกช่วงอายุ ในขณะที่ผลกระทบร่วมของภูมิภาคกับเวลา (x_1 กับ $x_4 - x_9$) ภูมิภาคกับอายุ (x_2 กับ $x_4 - x_9$) และภูมิภาคกับเพศ (x_3 กับ $x_4 - x_9$) จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเฉพาะผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ส่วนปัจจัยเพศ (x_3) พบว่าพจน์กำลังหนึ่งของเพศมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในทุกช่วงอายุ

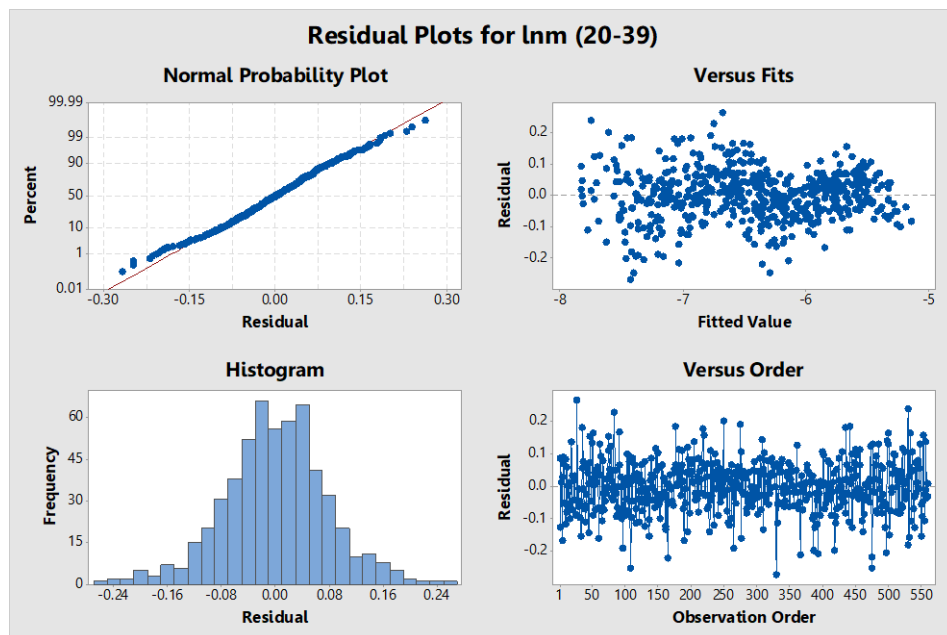
เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างอายุและเพศ (x_2x_3) พบว่าเพศชายที่มีอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไปมีอัตราการณะต่ำกว่าเพศหญิงที่อายุเดียวกัน แสดงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบของพจน์ x_2x_3 สำหรับผลกระทบร่วมระหว่างเพศและภูมิภาค (x_3 กับ $x_4 - x_9$) พบว่ามีความสัมพันธ์กับผู้ที่อายุมากกว่า 40 ปี ในทุก ๆ ภูมิภาค ยกเว้นผู้ที่มีอายุ 40-59 ปีในภาคเหนือและผู้ที่มีอายุ 60-79 ปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เมื่อพิจารณาจำนวนพจน์ของตัวแบบพยากรณ์ พบว่าช่วงอายุ 1-19 จะมีจำนวนพจน์น้อยที่สุด โดยเฉพาะพจน์ของผลกระทบร่วม ส่วนช่วงอายุ 80-99 ปี จะมีจำนวนพจน์มากที่สุด กล่าวคือช่วงอายุ 1-19 ปี มีพจน์ที่ถูกตัดออกจากสมการมากที่สุด ในขณะที่ ช่วงอายุ 80-99 ปี มีพจน์ที่ถูกตัดออกจากสมการน้อยที่สุด

หลังจากได้ตัวแบบพยากรณ์แล้ว จะต้องตรวจสอบเงื่อนไขของค่าคลาดเคลื่อน ซึ่งตรวจสอบจากกราฟความคลาดเคลื่อน แสดงในรูปที่ 3.10 - รูปที่ 3.14

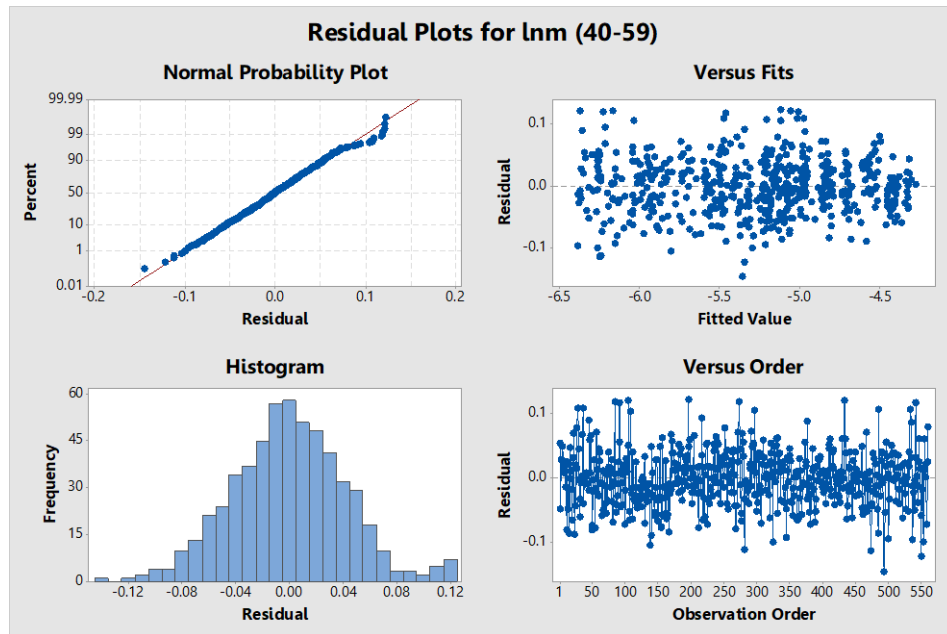


รูปที่ 3.10 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 1-19 ปี

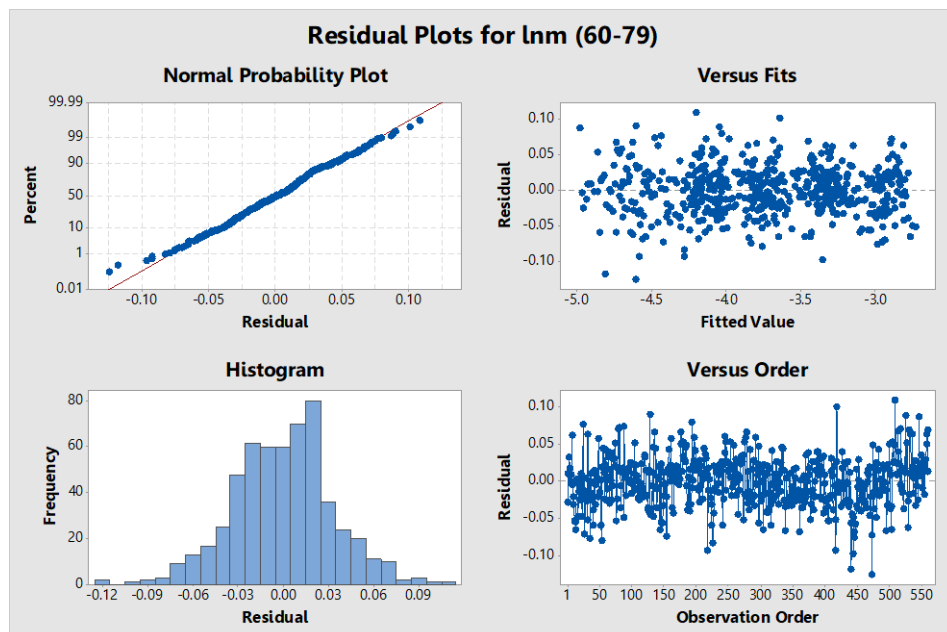


รูปที่ 3.11 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 20-39 ปี



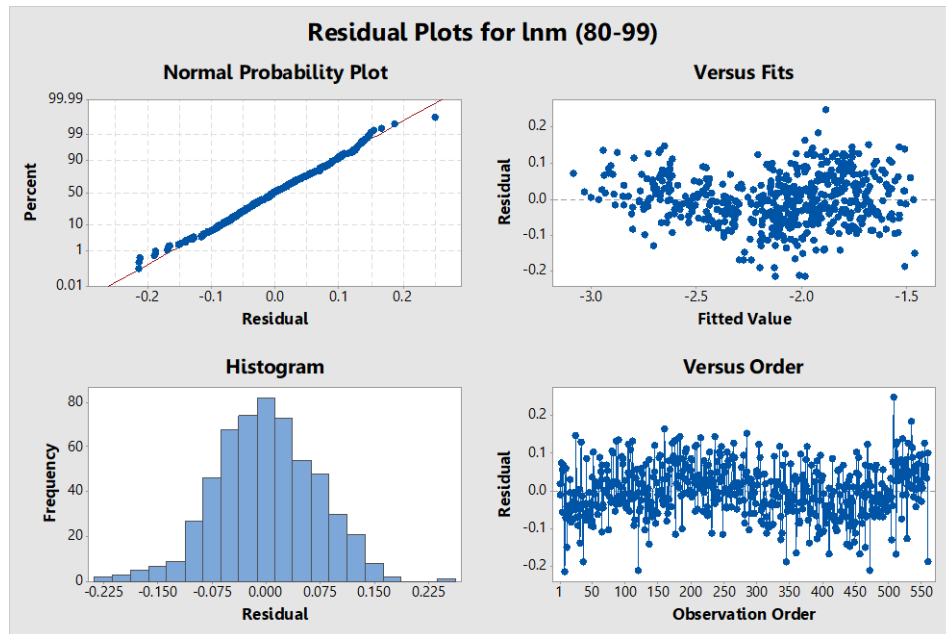


รูปที่ 3.12 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 40-59 ปี



รูปที่ 3.13 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 60-79 ปี





รูปที่ 3.14 กราฟความคลาดเคลื่อนของช่วงอายุ 80-99 ปี

จากรูปที่ 3.10 - รูปที่ 3.14 พบว่า กราฟ Normal Probability Plot ค่อนข้างเป็นเส้นตรง แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับกราฟ Residual Versus Fit มีลักษณะการแจกแจงบนและล่างสมดุกัน มีการกระจายรอบค่าศูนย์ และกระจายอย่างไม่มีรูปแบบ แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนคงที่ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ส่วนกราฟ Residual Versus Order พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนไม่ขึ้นอยู่ลำดับของข้อมูล แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนที่มีความอิสระต่อกัน

3.2 ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF)

ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor เป็นตัวแบบที่ใช้ปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านอายุ ปัจจัยด้านเวลา ปัจจัยเพศ และปัจจัยภูมิภาค มาใช้ในการทำนายอัตราการตาย โดยกำหนดให้จำนวนการตาย ($D_{x,t,g,r}$) มีการแจกแจงแบบปัวซองที่มีค่าพารามิเตอร์ λ ประมาณได้ด้วยค่าประมาณจำนวนการตาย ($\hat{D}_{x,t,g,r}$) แสดงดังสมการที่ (3.4)

$$D_{x,t,g,r} \sim \text{Poisson}(\hat{D}_{x,t,g,r}) \quad (3.4)$$

$$\ln(m_{x,t,g,r}) = a_{x,g,r} + b_x k_t + b_{x,g} k_{t,g} + b_{x,g,r} k_{t,g,r} + \varepsilon_{x,t,g,r} \quad (3.5)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \hat{D}_{x,t,g,r} &= E_{x,t,g,r} m_{x,t,g,r} \\ \hat{D}_{x,t,g,r} &= E_{x,t,g,r} e^{a_{x,g,r} + b_x k_t + b_{x,g} k_{t,g} + b_{x,g,r} k_{t,g,r}} \end{aligned} \quad (3.6)$$

สมการที่ (3.5) นำเสนอสมการลอการิทึมของอัตราการณะ ($m_{x,t,g,r}$) ที่มีผลจากปัจจัยทั้ง 4 ได้แก่ ปัจจัยด้านอายุ (x) เวลา (t) เพศ (g) และภูมิภาค (r) ในขณะที่สมการที่ (3.6) นำเสนอค่าประมาณจำนวนการตาย $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของจำนวนประชากรกลางปี ($E_{x,t,g,r}$) กับอัตราการณะ ($m_{x,t,g,r}$)

สำหรับรายละเอียดของปัจจัยต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

x คือ ปัจจัยด้านอายุ โดยที่ $x=1$ สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี, $x=2$ สำหรับช่วงอายุ 5-9 ปี จนกระทั่ง x มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 20 สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี

t คือ ปัจจัยด้านเวลา โดยที่ปี พ.ศ. 2550 จะมีค่า $t=1$, ปี พ.ศ. 2551 มีค่า $t=2$ จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2559 มีค่า $t=10$

g คือ ปัจจัยเพศ โดยที่เพศหญิงจะมีค่า $g=1$ และเพศชายจะมีค่า $g=2$

r คือ ปัจจัยภูมิภาค โดยกรุงเทพฯ และปริมณฑลจะมีค่า $r=1$, ภาคกลางจะมีค่า $r=2$, ภาคตะวันออกจะมีค่า $r=3$, ภาคเหนือจะมีค่า $r=4$, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่า $r=5$, ภาคใต้จะมีค่า $r=6$, และภาคตะวันตกจะมีค่า $r=7$

ในส่วนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ สามารถทำได้โดยหาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นของตัวแบบ ซึ่งวิธีการหาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นของตัวแปร x_i ใด ๆ ที่มีการแจกแจงแบบปัวซอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} x_i &\sim \text{Poisson}(\lambda) \\ \ln L(\lambda; x_1, \dots, x_n) &= \ln \left(\prod_{i=1}^n \frac{\lambda^{x_i} e^{-\lambda}}{x_i!} \right) \\ \ln L &= \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{\lambda^{x_i} e^{-\lambda}}{x_i!} \right) \\ \ln L &= \sum_{i=1}^n [x_i \ln \lambda - \lambda \ln e - \ln x_i!] \\ \ln L &= \sum_{i=1}^n [x_i \ln \lambda - \lambda - \ln x_i!] \end{aligned} \quad (3.7)$$

จากสมการที่ (3.4) และ (3.7) สามารถเขียนฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นของตัวแบบ 2-TACF ได้ดังสมการที่ (3.8)

$$\ln L = \sum_{x,t,g,r} \left[D_{x,t,g,r} \ln(\hat{D}_{x,t,g,r}) - \hat{D}_{x,t,g,r} - \ln(D_{x,t,g,r}!) \right] \quad (3.8)$$

จากสมการที่ (3.8) เมื่อหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับพารามิเตอร์แต่ละตัวแล้วให้เท่ากับ 0 จากนั้นจึงหาค่าพารามิเตอร์โดยการหาผลเฉลยโดยการวนซ้ำด้วยวิธีของ Newton - Raphson ดังสมการที่ (3.9) จนกระทั่งค่าพารามิเตอร์ลู่อู่เข้าค่าคงที่หรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก

$$\hat{\theta}^* = \hat{\theta} - \frac{f(\hat{\theta})}{f'(\hat{\theta})} \quad (3.9)$$

Chen และ Millosovich [8] ได้เสนอขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE โดยดัดแปลงจากขั้นตอนของ Brouhns และคณะ [7] ซึ่งมี 3 ขั้นตอน แบ่งเป็น 10 ช้อย่อย สามารถเขียนแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.15 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์

$$\hat{k}_t = \hat{k}_{t,g} = \hat{k}_{t,g,r} = 0$$

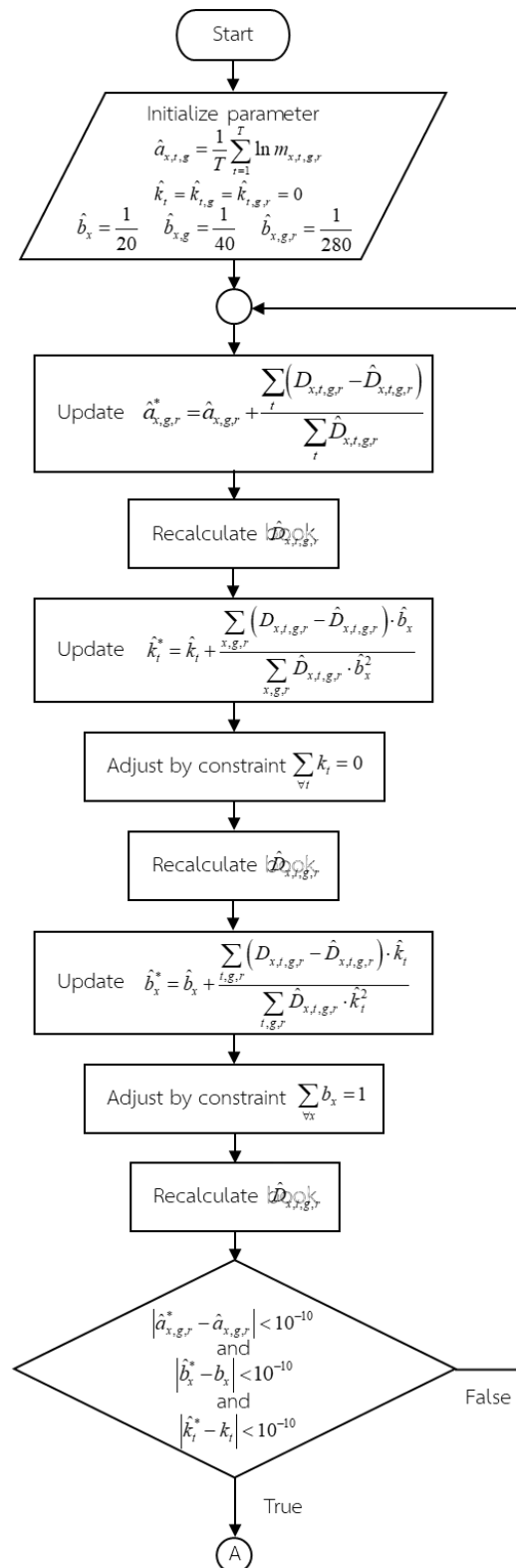
จากสมการที่ (3.5) เมื่อกำหนดให้ $\hat{k}_t = \hat{k}_{t,g} = \hat{k}_{t,g,r} = 0$ มีผลให้ $a_{x,t,g}$ เท่ากับค่าเฉลี่ยของ

$$\ln(m_{x,t,g,r}) \text{ ของทุกปี ดังนั้น } a_{x,t,g} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln m_{x,t,g,r}$$

และกำหนดให้ $\hat{b}_x = \frac{1}{20}$ เนื่องจาก x มี 20 ค่า

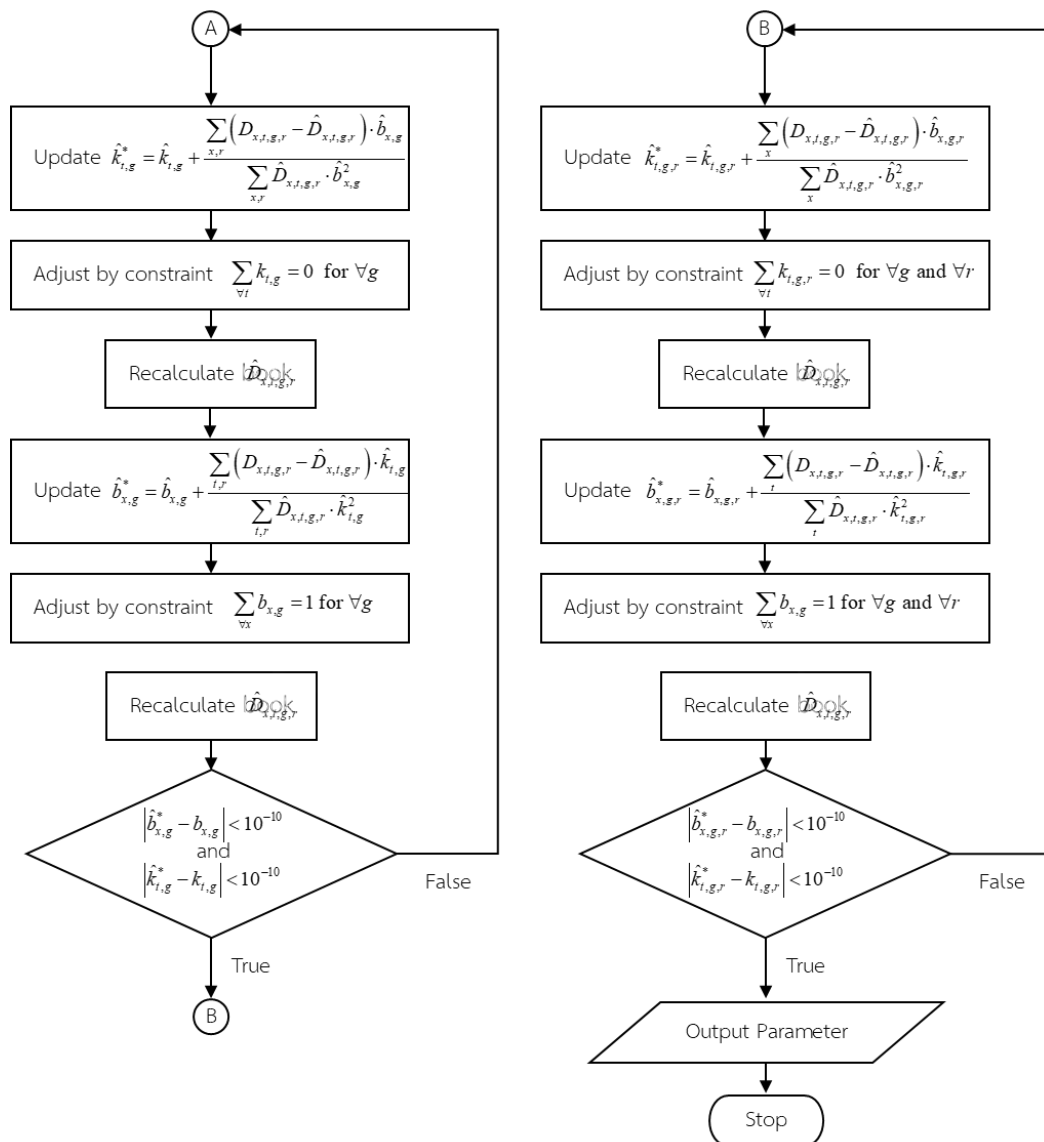
$$\hat{b}_{x,g} = \frac{1}{40} \text{ (เนื่องจากผลคูณของ } x \text{ และ } g \text{ เท่ากับ 40)}$$

$$\hat{b}_{x,g,r} = \frac{1}{280} \text{ (เนื่องจากผลคูณของ } x, g \text{ และ } r \text{ เท่ากับ 280)}$$



รูปที่ 3.15 แผนผังแสดงขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ 2-TACF





รูปที่ 3.15 แผนผังแสดงขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ 2-TACF (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 2 ประมาณค่าพารามิเตอร์จากสมการ $\hat{a}_{x,t,g} + \hat{b}_x \hat{k}_t$ โดยการวนซ้ำ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2. คำนวณ $\hat{a}_{x,g,r}^*$

จากสมการที่ (3.8) หาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ $\hat{a}_{x,g,r}^*$ แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{a}_{x,g,r}} = \sum_t (D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton - Raphson จะได้ค่า $\hat{a}_{x,g,r}^*$ ดังสมการที่ (3.10)

$$f(\hat{a}_{x,g,r}) = \sum_t (D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})$$

$$\begin{aligned}
f'(\hat{a}_{x,g,r}) &= \sum_t (-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) \\
\hat{a}_{x,g,r}^* &= \hat{a}_{x,g,r} - \frac{f(\hat{a}_{x,g,r})}{f'(\hat{a}_{x,g,r})} \\
\hat{a}_{x,g,r}^* &= \hat{a}_{x,g,r} + \frac{\sum_t (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r})}{\sum_t \hat{D}_{x,t,g,r}}
\end{aligned} \tag{3.10}$$

โดยที่ $\hat{D}_{x,t,g,r} = E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}$ และ $\hat{m}_{x,t,g,r} = e^{\hat{a}_x + \hat{b}_x \hat{k}_t + \hat{b}_{x,g} \hat{k}_{t,g} + \hat{b}_{x,g,r} \hat{k}_{t,g,r}}$

เมื่อได้ค่า $\hat{a}_{x,g,r}^*$ แล้วให้นำไปคำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่ โดยรอบที่ 1 จะใช้ค่าพารามิเตอร์จากขั้นตอนที่ 1 สำหรับรอบอื่น ๆ จะใช้ค่า \hat{k}_t และ \hat{b}_x จากรอบก่อนหน้า ส่วนพารามิเตอร์ตัวที่เหลือจะใช้ค่าจากขั้นตอนที่ 1

3. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากข้อที่ 2 มาคำนวณ \hat{k}_t^*

จากสมการที่ (3.8) หาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ \hat{k}_t^* แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{k}_t} = \sum_{x,g,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_x)] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton - Raphson จะได้ค่า \hat{k}_t^* ดังสมการที่ (3.11)

$$\begin{aligned}
f(\hat{k}_t) &= \sum_{x,g,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_x)] \\
f'(\hat{k}_t) &= \sum_{x,g,r} [(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_x)^2] \\
\hat{k}_t^* &= \hat{k}_t - \frac{f(\hat{k}_t)}{f'(\hat{k}_t)} \\
\hat{k}_t^* &= \hat{k}_t + \frac{\sum_{x,g,r} (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{b}_x}{\sum_{x,g,r} \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{b}_x^2}
\end{aligned} \tag{3.11}$$

เมื่อได้ค่า \hat{k}_t^* แล้วปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall t} k_t = 0$ แล้วคำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่

4. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากข้อที่ 3 มาคำนวณ \hat{b}_x^*

จากสมการที่ (3.8) หาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ \hat{b}_x^* แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{b}_x} = \sum_{t,g,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_t)] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton - Raphson จะได้ค่า \hat{k}_t^* ดังสมการที่ (3.12)

$$f(\hat{b}_x) = \sum_{t,g,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_t)]$$

$$f'(\hat{b}_x) = \sum_{t,g,r} [(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_t)^2]$$

$$\hat{b}_x^* = \hat{b}_x - \frac{f(\hat{b}_x)}{f'(\hat{b}_x)}$$

$$\hat{b}_x^* = \hat{b}_x + \frac{\sum_{t,g,r} (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{k}_t}{\sum_{t,g,r} \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{k}_t^2} \quad (3.12)$$

เมื่อได้ค่า \hat{b}_x^* แล้ว ปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall x} b_x = 1$ แล้วคำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่ ซึ่ง

นำกลับไปใช้ในข้อที่ 2

5. วนซ้ำข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 จนกระทั่งค่าตอบของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวลู่อเข้าค่าคงที่หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10^{-10}

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากขั้นตอนที่ 2 หาค่า $\hat{b}_{x,g} \hat{k}_{t,g}$

6. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณ $\hat{k}_{t,g}^*$

จากสมการที่ (3.8) หาค่าอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ $\hat{k}_{t,g}$ แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{k}_{t,g}} = \sum_{x,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{b}_{x,g})] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton - Raphson จะได้ค่า $\hat{k}_{t,g}^*$ ดังสมการที่ (3.13)

$$f(\hat{k}_{t,g}) = \sum_{x,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{b}_{x,g})]$$

$$f'(\hat{k}_{t,g}) = \sum_{x,r} [(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{b}_{x,g})^2]$$

$$\hat{k}_{t,g}^* = \hat{k}_{t,g} - \frac{f(\hat{k}_{t,g})}{f'(\hat{k}_{t,g})}$$

$$\hat{k}_{t,g}^* = \hat{k}_{t,g} + \frac{\sum_{x,r} (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{b}_{x,g}}{\sum_{x,r} \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{b}_{x,g}^2} \quad (3.13)$$

จากนั้นปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall t} k_{t,g} = 0$ สำหรับทุกค่าของ g แล้วคำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่

7. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากข้อที่ 6 มาคำนวณ $\hat{b}_{x,g}^*$

จากสมการที่ (3.8) หาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ $\hat{b}_{x,g}^*$ แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{b}_{x,g}} = \sum_{t,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_{t,g})] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton - Raphson จะได้ค่า \hat{k}_t^* ดังสมการที่ (3.14)

$$f(\hat{b}_{x,g}) = \sum_{t,r} [(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_{t,g})]$$

$$f'(\hat{b}_{x,g}) = \sum_{t,r} [(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r})(\hat{k}_{t,g})^2]$$

$$\hat{b}_{x,g}^* = \hat{b}_{x,g} - \frac{f(\hat{b}_{x,g})}{f'(\hat{b}_{x,g})}$$

$$\hat{b}_{x,g}^* = \hat{b}_{x,g} + \frac{\sum_{t,r} (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{k}_{t,g}}{\sum_{t,r} \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{k}_{t,g}^2} \quad (3.14)$$

จากนั้นปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall x} b_{x,g} = 1$ สำหรับทุกค่าของ g แล้วคำนวณ

$\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่ ซึ่งนำกลับไปใช้ในข้อที่ 6

8. วนซ้ำข้อที่ 6 ถึงข้อที่ 7 จนกระทั่งค่าตอบของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวเข้าสู่ค่าคงที่หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10^{-10}

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากขั้นตอนที่ 3 มาคำนวณ $\hat{b}_{x,g,r}$ $\hat{k}_{t,g,r}$

9. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3 มาคำนวณ $\hat{k}_{t,g,r}^*$

จากสมการที่ (3.8) หาอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ $\hat{k}_{t,g,r}^*$ แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{k}_{t,g,r}} = \sum_x \left[(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_{x,g,r}) \right] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton – Raphson จะได้ค่า \hat{k}_t^* ดังสมการที่ (3.15)

$$f(\hat{k}_{t,g,r}) = \sum_x \left[(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_{x,g,r}) \right]$$

$$f'(\hat{k}_{t,g,r}) = \sum_x \left[(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{b}_{x,g,r})^2 \right]$$

$$\hat{k}_{t,g,r}^* = \hat{k}_{t,g,r} - \frac{f(\hat{k}_{t,g,r})}{f'(\hat{k}_{t,g,r})}$$

$$\hat{k}_{t,g,r}^* = \hat{k}_{t,g,r} + \frac{\sum_x (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{b}_{x,g,r}}{\sum_x \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{b}_{x,g,r}^2} \quad (3.15)$$

จากนั้นปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall t} k_{t,g,r} = 0$ สำหรับทุกค่าของ g และ r แล้ว

คำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่

10. นำ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ที่คำนวณได้จากข้อที่ 6 มาคำนวณ $\hat{b}_{x,g,r}^*$

จากสมการที่ (3.8) หาค่าอนุพันธ์อันดับที่ 1 เทียบกับ $\hat{b}_{x,g,r}^*$ แล้วให้เท่ากับ 0 ได้ดังต่อไปนี้

$$\frac{\partial \log L}{\partial \hat{b}_{x,g,r}} = \sum_t \left[(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{k}_{t,g,r}) \right] = 0$$

จากนั้นใช้วิธีของ Newton – Raphson จะได้ค่า \hat{k}_t^* ดังสมการที่ (3.16)

$$f(\hat{b}_{x,g,r}) = \sum_t \left[(D_{x,t,g,r} - E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{k}_{t,g,r}) \right]$$

$$f'(\hat{b}_{x,g,r}) = \sum_t \left[(-E_{x,t,g,r} \hat{m}_{x,t,g,r}) (\hat{k}_{t,g,r})^2 \right]$$

$$\hat{b}_{x,g,r}^* = \hat{b}_{x,g,r} - \frac{f(\hat{b}_{x,g,r})}{f'(\hat{b}_{x,g,r})}$$

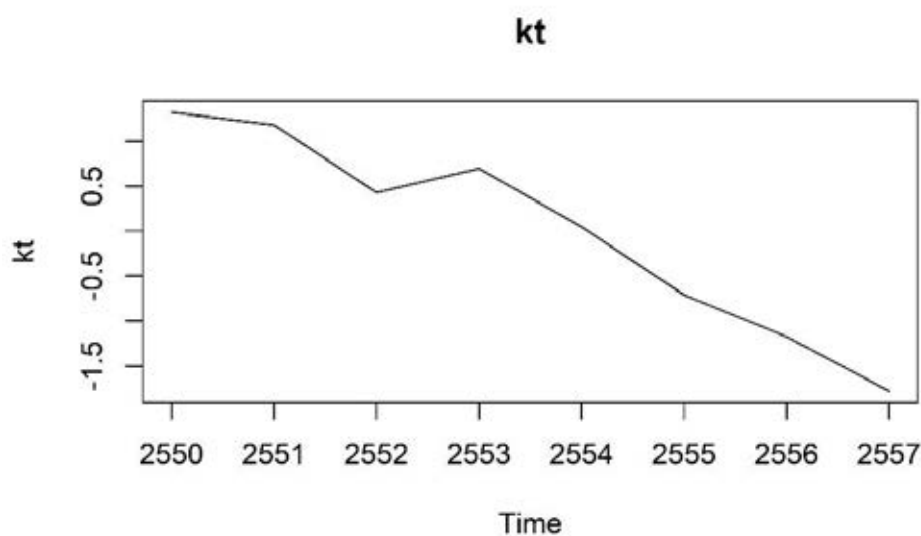
$$\hat{b}_{x,g,r}^* = \hat{b}_{x,g,r} + \frac{\sum_t (D_{x,t,g,r} - \hat{D}_{x,t,g,r}) \cdot \hat{k}_{t,g,r}}{\sum_t \hat{D}_{x,t,g,r} \cdot \hat{k}_{t,g,r}^2} \quad (3.16)$$

จากนั้นปรับค่าพารามิเตอร์ด้วยเงื่อนไข $\sum_{\forall x} b_{x,g,r} = 1$ สำหรับทุกค่าของ g และ r แล้ว

คำนวณ $\hat{D}_{x,t,g,r}$ ใหม่ ซึ่งนำกลับไปใช้ในข้อที่ 9

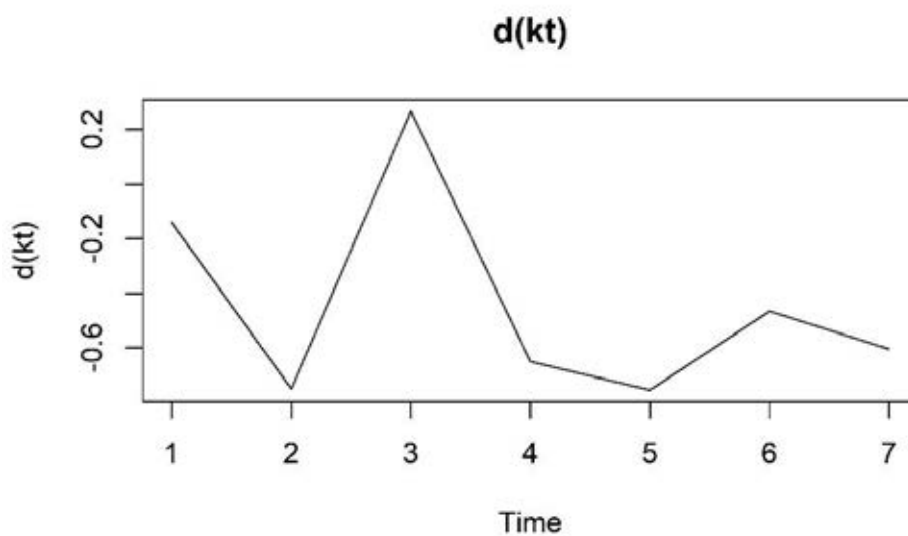
11. วนซ้ำข้อที่ 9 ถึงข้อที่ 10 จนกระทั่งคำตอบของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวอยู่เข้าค่าคงที่หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10^{-10}

เมื่อได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ทั้งหมดแล้ว ให้นำพารามิเตอร์แปรผันตามเวลา ได้แก่ \hat{k}_t , $\hat{k}_{t,g}$ และ $\hat{k}_{t,g,r}$ มาสร้างตัวแบบพยากรณ์ ARIMA โดยขั้นตอนแรกพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) หรือไม่ โดยการสร้างกราฟของค่า \hat{k}_t เทียบกับเวลาดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ค่า \hat{k}_t ของ In-Sample Data ตัวแบบ 2-TACF

จากรูปที่ 3.16 พบว่า ข้อมูลมีลักษณะไม่คงที่ (Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ก่อน โดยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาอันดับที่ 1 แล้วสร้างกราฟของค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา ของตัวแบบ 2-TACF

จากรูปที่ 3.17 จะเห็นได้ว่าผลต่างเทียบกับเวลามีลักษณะคงที่แล้ว เพราะฉะนั้นอันดับ d ที่เหมาะสมคือ 1

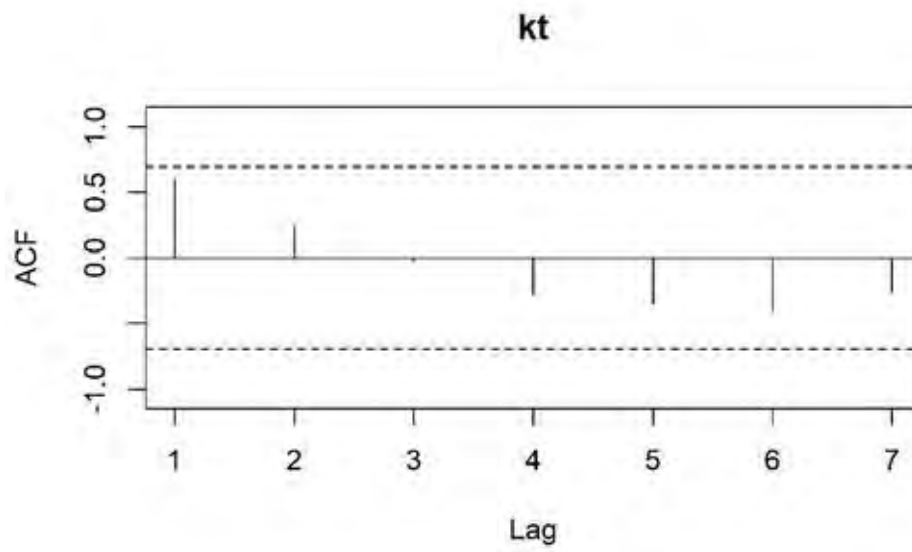
การพิจารณาอันดับของ p และ q ที่เหมาะสมกับข้อมูล สามารถพิจารณาได้จากกราฟ ACF และ PACF แสดง ในรูปที่ 3.19 และ รูปที่ 3.20

จากรูปที่ 3.19 และ รูปที่ 3.20 พบว่า รูปแบบของค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrelation ไม่ต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% สำหรับทุก lag เพราะฉะนั้น ค่าอันดับของ p และ q ที่เหมาะสมคือ 0 และ 0 ตามลำดับ

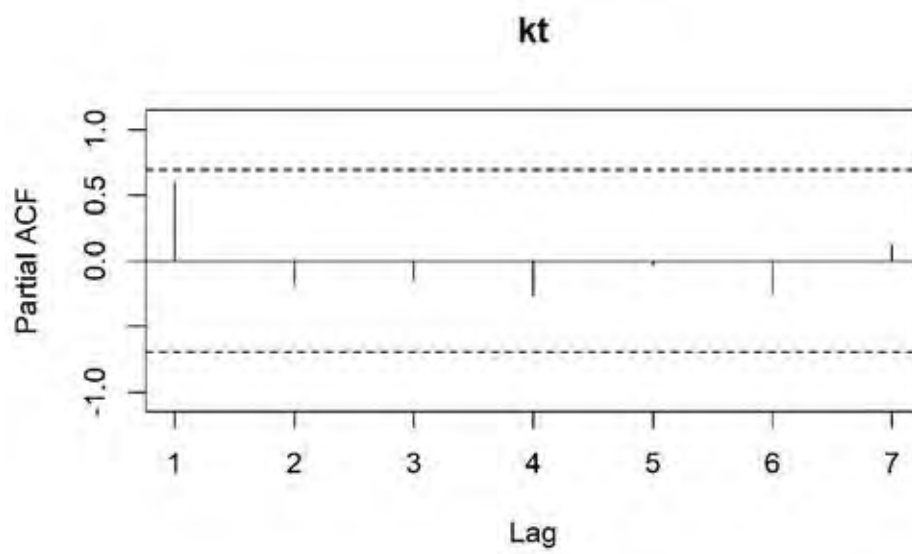
เมื่อหาค่าอันดับที่เหมาะสมได้แล้ว จึงสร้างตัวแบบ ARIMA เพื่อพยากรณ์ \hat{k}_t สามารถเขียนสมการพยากรณ์ \hat{k}_t ได้ดังสมการที่ (3.17) และค่าที่พยากรณ์ได้แสดงในรูปที่ 3.20

$$\hat{k}_t - \hat{k}_{t-1} = -0.4425 + \varepsilon \quad (3.17)$$

สำหรับการพยากรณ์ $\hat{k}_{t,g}$ และ $\hat{k}_{t,g,r}$ จะมีวิธีการเดียวกับ \hat{k}_t หลังจากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดแทนค่าในสมการที่ (3.5) เพื่อพยากรณ์อัตราธรรมะ



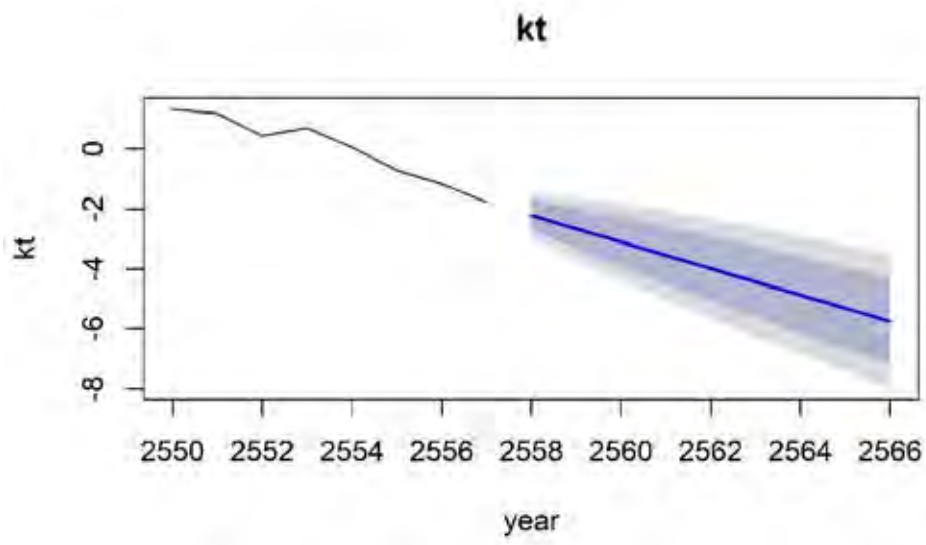
รูปที่ 3.18 ACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF



รูปที่ 3.19 PACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF



1594921123



รูปที่ 3.20 ค่าพยากรณ์ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ 2-TACF



1594921123

บทที่ 4

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์

ในการสร้างตัวแบบจำลองจะใช้ข้อมูล 8 ปี คือ พ.ศ. 2550 – 2557 หรือ In - Sample Data และในการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จะใช้ข้อมูล 2 ปีที่เหลือ คือ ปี พ.ศ. 2558 – 2559 หรือ Out - Sample Data โดยตัวแบบที่จะใช้ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนกับตัวแบบพยากรณ์ในบทที่ 3 มี 2 ตัวแบบ คือ ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD [6] และตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE [7] เนื่องจากงานวิจัยในอดีตมีการนำตัวแบบของ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD และ MLE ไปใช้พยากรณ์อัตราการดั่งที่กล่าวไว้ในตารางที่ 1.3 ผลพบว่าตัวแบบที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 วิธีใช้ได้ดีในหลาย ๆ ประเทศ รวมถึงตัวแบบทั้ง 2 วิธี มีสมมติฐานการแจกแจงแบบเดียวกับตัวแบบ NLMR และ 2-TACF ที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 3 จึงนำมาใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้

เนื่องจากตัวแบบของ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD และ MLE มีการนำเสนอการทำนายอัตราการดั่งเพียงแค่ปัจจัยด้านเวลาและอายุเท่านั้น เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับตัวแบบพยากรณ์ที่นำเสนอในบทที่ 3 ได้ ดังนั้นจึงจะแบ่งข้อมูลทั้งหมดเป็น 14 ชุด แบ่งจาก 7 ภูมิภาค และ 2 เพศที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.1 จากนั้นจึงสร้างตัวแบบที่ใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลทั้ง 14 ชุด

สำหรับปัจจัยด้านอายุ กำหนดให้เป็น x โดยที่ $x=1$ สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี, $x=2$ สำหรับช่วงอายุ 5-9 ปี จนกระทั่ง x มีค่ามากที่สุดคือ $x=20$ สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี

ส่วนปัจจัยด้านเวลา กำหนดให้เป็น t โดยที่ปี พ.ศ. 2550 จะมีค่า $t=1$, ปี พ.ศ. 2551 มีค่า $t=2$ จนกระทั่ง ปี พ.ศ. 2559 มีค่า $t=10$



ตารางที่ 4.1 การแบ่งชุดข้อมูลตามภูมิภาคและเพศ

ชุดที่	ภูมิภาค	เพศ
1	กรุงเทพฯ และปริมณฑล (BKK)	หญิง (F)
2	กรุงเทพฯ และปริมณฑล (BKK)	ชาย (M)
3	ภาคกลาง (CEN)	หญิง (F)
4	ภาคกลาง (CEN)	ชาย (M)
5	ภาคตะวันออก (E)	หญิง (F)
6	ภาคตะวันออก (E)	ชาย (M)
7	ภาคเหนือ (N)	หญิง (F)
8	ภาคเหนือ (N)	ชาย (M)
9	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	หญิง (F)
10	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)	ชาย (M)
11	ภาคใต้ (S)	หญิง (F)
12	ภาคใต้ (S)	ชาย (M)
13	ภาคตะวันตก (W)	หญิง (F)
14	ภาคตะวันตก (W)	ชาย (M)

4.1 ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD (LC-SVD)

สำหรับตัวแบบของ Lee และ Carter ที่แสดงในสมการที่ (1.1) สามารถเขียนในรูปเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ (4.1) โดยกำหนดให้ X คือจำนวนช่วงอายุที่ใช้ในการพยากรณ์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 และ T คือจำนวนปีของ In-Sample Data ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8

$$\begin{bmatrix} \ln m_{x_1, t_1} & \ln m_{x_1, t_2} & \cdots & \ln m_{x_1, T} \\ \ln m_{x_2, t_1} & \ln m_{x_2, t_2} & \cdots & \ln m_{x_2, T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ln m_{x, t_1} & \ln m_{x, t_2} & \cdots & \ln m_{x, T} \end{bmatrix}_{X \times T} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_x \end{bmatrix}_{X \times 1} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_x \end{bmatrix}_{X \times 1} [k_1 \quad k_2 \quad \cdots \quad k_T]_{1 \times T} \quad (4.1)$$

เมื่อ $m_{x,t}$ คือ อัตราณณะกลางปีของประชากรอายุ x ในปีที่ t

a_x และ b_x คือ พารามิเตอร์คงที่ ณ อายุ x ใด ๆ

k_t คือ พารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาในปีที่ t

จากสมการที่ (1.1) เมื่อกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติม 2 เงื่อนไข คือ $\sum_{\forall x} b_x = 1$ และ $\sum_{\forall t} k_t = 0$ จะได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ a_x คือค่าเฉลี่ย $\ln(m_{x,t})$ ของทุกปี สำหรับ อายุ x ใด ๆ แสดงดังสมการที่ (4.2)

$$\hat{a}_x = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(m_{x,t}) \quad (4.2)$$

จากนั้นแทนค่า a_x ในสมการ (1.1) และจัดรูปสมการใหม่ จะได้ดังสมการที่ (4.3)

$$Z_{x,t} = \ln(m_{x,t}) - \hat{a}_x = b_x k_t \quad (4.3)$$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ b_x และ k_t สามารถทำได้โดยประมาณค่าเมทริก $Z_{x,t}$ แบบ Low-Rank Approximations ด้วยวิธี SVD โดยให้ Rank มีค่าเท่ากับ 1 ($k=1$) ดังสมการที่ (4.4) และสามารถเขียนกระจายในรูปเมทริกซ์ดังสมการที่ (4.5)

$$\underline{Z}_{x,t} = \underline{U} \cdot \underline{S} \cdot \underline{V}^T \quad (4.4)$$

$$\underline{Z}_{x,t} = \begin{bmatrix} u_{1,1} & u_{1,2} & \cdots & u_{1,T} \\ u_{2,1} & u_{2,2} & \cdots & u_{2,T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{X,1} & u_{X,2} & \cdots & u_{X,T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{1,1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & s_{2,2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & s_{T,T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{1,1} & v_{1,2} & \cdots & v_{1,T} \\ v_{2,1} & v_{2,2} & \cdots & v_{2,T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{T,1} & v_{T,2} & \cdots & v_{T,T} \end{bmatrix}^T \quad (4.5)$$

จากสมการที่ (4.4) และ (4.5) จะได้ค่า b_x คือ คอลัมน์แรกของเมทริกซ์ \underline{U} หรือ $u_{1,1}, u_{2,1}, \dots, u_{X,1}$ ส่วนค่า k_t คือ ค่าของแถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 1 ของเมทริกซ์ \underline{S} คูณกับแถวที่ 1 ของ \underline{V}^T หรือ $s_{1,1}v_{1,1}, s_{1,1}v_{2,1}, \dots, s_{1,1}v_{T,1}$

ขั้นตอนต่อมาคือการประมาณค่า \hat{k}_t ใหม่อีกรอบ โดยการใช้ \hat{a}_x และ \hat{b}_x จากขั้นตอนแรก เนื่องจากจำนวนผู้เสียชีวิตจริงกับจำนวนผู้เสียชีวิตที่พยากรณ์ได้มีค่าไม่เท่ากัน ประมาณค่า \hat{k}_t ด้วยสมการที่ (4.6)

$$\sum_{x=1}^{22} D_{x,t} = \sum_{x=1}^{22} E_{x,t} e^{\hat{a}_x + \hat{k}_t \hat{b}_x} \quad \text{for all } t \quad (4.6)$$

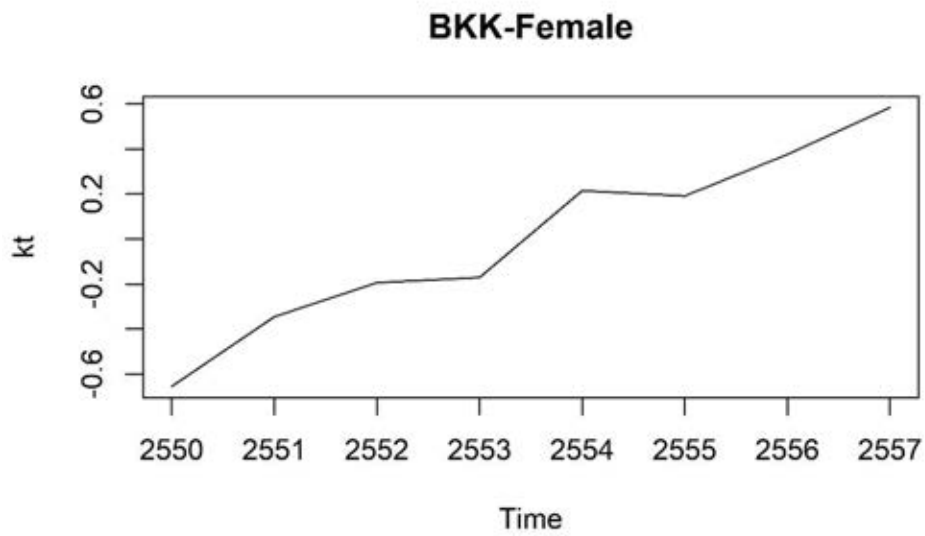
เมื่อ $D_{x,t}$ คือ จำนวนผู้เสียชีวิตอายุ x ในปีที่ t

$E_{x,t}$ คือ จำนวนประชากรอายุ x ในปีที่ t

จากสมการที่ (4.6) สามารถจัดรูปได้ดังต่อไปนี้

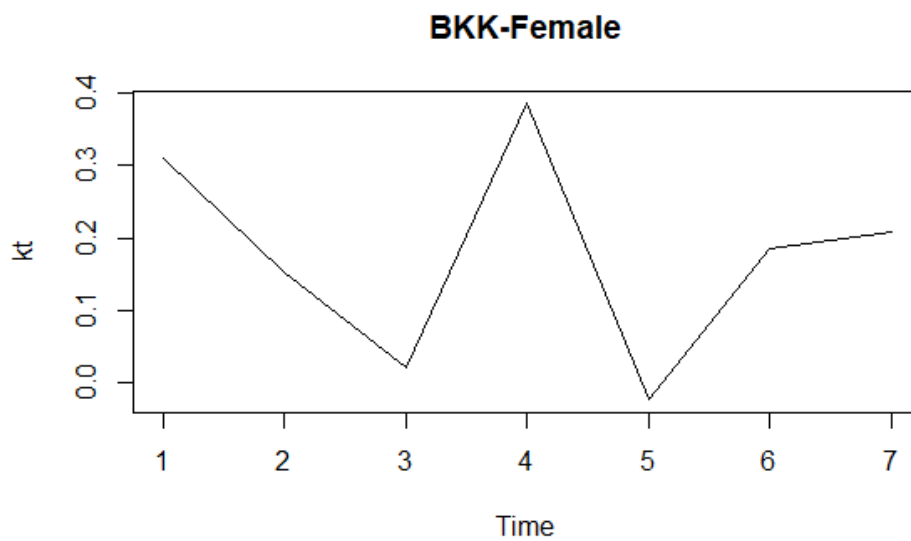
$$\begin{aligned} \sum_{x=1}^{20} D_{x,t} &= \sum_{x=1}^{20} E_{x,t} e^{\hat{a}_x + \hat{k}_t \hat{b}_x} \\ D_{1,t} + D_{2,t} + \dots + D_{20,t} &= \left(E_{1,t} e^{\hat{a}_1 + \hat{b}_1 \hat{k}_t} \right) + \left(E_{2,t} e^{\hat{a}_2 + \hat{b}_2 \hat{k}_t} \right) + \dots + \left(E_{20,t} e^{\hat{a}_{20} + \hat{b}_{20} \hat{k}_t} \right) \\ \ln(D_{1,t}) + \dots + \ln(D_{20,t}) &= \left[\ln E_{1,t} + \ln e^{\hat{a}_1 + \hat{b}_1 \hat{k}_t} \right] + \dots + \left[\ln E_{20,t} + \ln e^{\hat{a}_{20} + \hat{b}_{20} \hat{k}_t} \right] \\ \sum_{x=1}^{20} \ln D_{x,t} &= \left[\ln E_{1,t} + \left(\hat{a}_1 + \hat{b}_1 \hat{k}_t \right) \right] + \dots + \left[\ln E_{20,t} + \left(\hat{a}_{20} + \hat{b}_{20} \hat{k}_t \right) \right] \\ \sum_{x=1}^{20} \ln D_{x,t} &= \sum_{x=1}^{20} \ln E_{x,t} + \sum_{x=1}^{20} \hat{a}_x + \sum_{x=1}^{20} \hat{b}_x \hat{k}_t \\ \hat{k}_t \sum_{x=1}^{20} \hat{b}_x &= \sum_{x=1}^{20} \ln D_{x,t} - \sum_{x=1}^{20} \ln E_{x,t} + \sum_{x=1}^{20} \hat{a}_x \\ \hat{k}_t &= \frac{\sum_{x=1}^{20} \ln D_{x,t} - \sum_{x=1}^{20} \ln E_{x,t} + \sum_{x=1}^{20} \hat{a}_x}{\sum_{x=1}^{20} \hat{b}_x} \quad \forall t \quad (4.7) \end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ทั้งสามตัวแล้ว ให้นำพารามิเตอร์แปรผันตามเวลา \hat{k}_t มาสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบ ARIMA โดยขั้นตอนแรกพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) หรือไม่ โดยการสร้างกราฟของค่า \hat{k}_t เทียบกับเวลา แสดงตัวอย่างของข้อมูลกรุงเทพฯ และปริมาตรถนน เพศหญิง ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างค่า \hat{k}_t ของ In-Sample Data ตัวแบบ Lee-Carter

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ข้อมูลมีลักษณะไม่คงที่ (Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ก่อน โดยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาอันดับที่ 1 แล้วสร้างกราฟของค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา แสดงดังรูปที่ 4.2



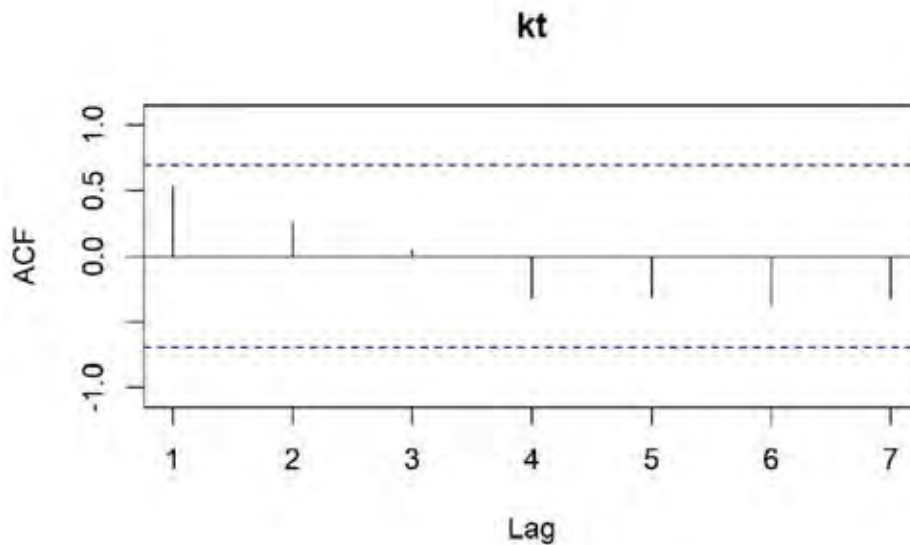
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างค่าผลต่างอันดับที่ 1 ของ \hat{k}_t เทียบกับเวลา ของตัวแบบ Lee-Carter

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าผลต่างเทียบกับเวลามีลักษณะคงที่แล้ว เพราะฉะนั้นอันดับ d ที่เหมาะสมคือ 1

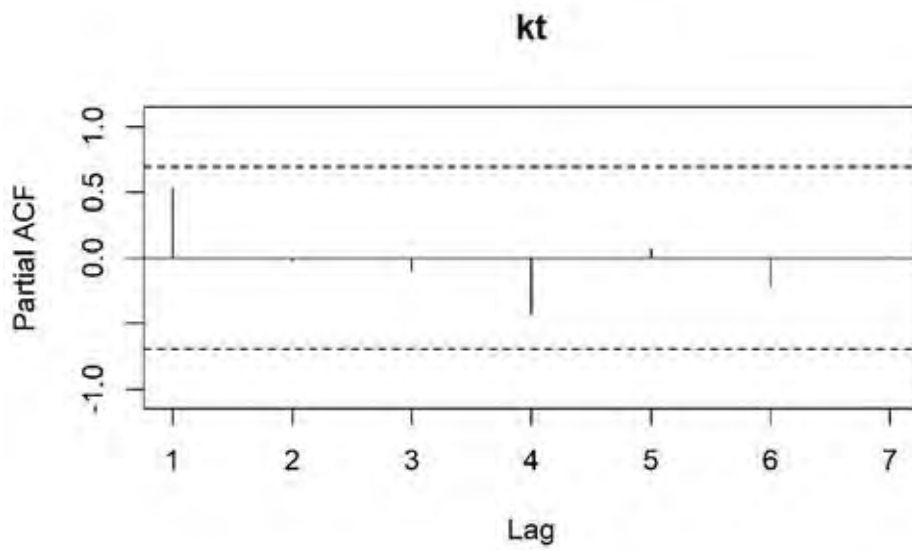
การพิจารณาอันดับของ p และ q ที่เหมาะสมกับข้อมูล สามารถพิจารณาได้จากกราฟ ACF และ PACF แสดง ในรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 พบว่า รูปแบบของค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrelation ไม่ต่างจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% สำหรับทุก lag เพราะฉะนั้นค่าอันดับของ p และ q ที่เหมาะสมคือ 0 และ 0 ตามลำดับ

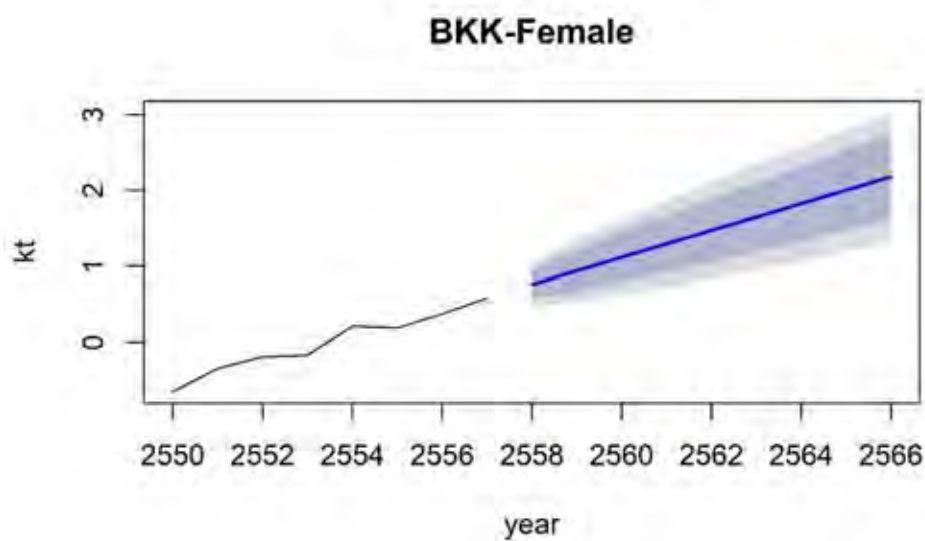
เมื่อหาค่าอันดับที่เหมาะสมได้แล้ว จึงสร้างตัวแบบ ARIMA เพื่อพยากรณ์ \hat{k}_t ตัวอย่างค่าพยากรณ์ \hat{k}_t แสดงใน รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.3 ตัวอย่าง ACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter



รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง PACF ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างค่าพยากรณ์ของ \hat{k}_t สำหรับตัวแบบ Lee-Carter

จากนั้นนำค่า \hat{a}_x , \hat{b}_x และ \hat{k}_t ไปแทนค่าในสมการที่ (4.1) เพื่อพยากรณ์อัตราการและทำซ้ำจนครบทั้ง 14 ชุดข้อมูล



4.2 ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE (LC-MLE)

Brouhns และคณะ [7] ได้นำตัวแบบ Lee-Carter มาประยุกต์โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE ซึ่งกำหนดให้จำนวนผู้เสียชีวิตกลางปีมีการแจกแจงแบบปัวซอง สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (4.8) และ (4.9)

$$D_{x,t} \sim \text{Poisson}(E_{x,t}m_{x,t}) \quad (4.8)$$

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t \quad (4.9)$$

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a_x , b_x และ k_t ทำได้โดยการหาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นเช่นเดียวกับตัวแบบ 2-TACF เมื่อแทนค่าสมการที่ (4.8) ในสมการที่ (3.7) จะได้หาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นดังสมการที่ (4.10)

$$\ln L = \sum_{x,t} [D_{x,t} \ln(\hat{D}_{x,t}) - \hat{D}_{x,t} - \ln(D_{x,t}!)] \quad (4.10)$$

$$\text{โดยที่ } \hat{D}_{x,t} = E_{x,t} e^{a_x + b_x k_t}$$

จากนั้นหอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของสมการที่ (4.10) เทียบกับพารามิเตอร์ตัวที่ต้องการประมาณค่า แล้วให้เท่ากับ 0 จะได้ดังสมการที่ (1.7) - (1.9) จากนั้นจึงหาค่าพารามิเตอร์โดยการหาผลเฉลยโดยการวนซ้ำด้วยวิธีของ Newton - Raphson จนกระทั่งค่าพารามิเตอร์ลู่อู่เข้าค่าคงที่หรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากหรือน้อยกว่า 10^{-10}

ขั้นตอนต่อมาคือการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัวให้มีเงื่อนไข 2 เงื่อนไขคือ $\sum_x b_x = 1$ และ $\sum_t k_t = 0$ เมื่อกำหนดค่าคงที่ c_1 และ c_2 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 ผลเฉลยของค่าพารามิเตอร์ที่ปรับปรุงค่าแล้วสามารถเขียนได้ดังแสดงในสมการที่ (4.11) - (4.13)

$$a_{x,adj} = a_x + c_1 b_x \quad (4.11)$$

$$b_{x,adj} = \frac{1}{c_2} \cdot b_x \quad (4.12)$$

$$k_{t,adj} = c_2 (k_t - c_1) \quad (4.13)$$



โดยที่ $c_1 = \frac{1}{n} \sum_t k_t$ และ $c_2 = \sum_x b_x$ เมื่อ n คือจำนวนปีที่ใช้พยากรณ์

เมื่อได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ทั้งสามตัวแล้ว ให้นำพารามิเตอร์แปรผันตามเวลา \hat{k}_t มาสร้างตัวแบบพยากรณ์ ARIMA และนำไปพยากรณ์อัตราณณะ ซึ่งมีขั้นตอนเหมือนกับหัวข้อ 4.1

4.3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ

ในการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบในบทที่ 3 เทียบกับตัวแบบในบทที่ 4 จะใช้วิธีการวัดความคลาดเคลื่อน 2 วิธี คือ MSE และ MAPE ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาการวัดความคลาดเคลื่อนของ In - Sample Data พบว่าโดยภาพรวมตัวแบบที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ LC-MLE ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0000153 รองลงมาคือตัวแบบ 2-TACF และ NLMR มีค่าเท่ากับ 0.0000160 และ 0.0000171 ตามลำดับ ส่วนตัวแบบที่ให้ค่า MSE มากที่สุดคือ LC-SVD ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0000173 ในขณะที่ตัวแบบที่ให้ค่า MAPE น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ 2-TACF ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0433718 รองลงมาคือตัวแบบ LC-MLE และ LC-SVD มีค่าเท่ากับ 0.0442546 และ 0.0471657 ตามลำดับ ส่วนตัวแบบที่ให้ค่า MAPE มากที่สุดคือ NLMR ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0576333 แสดงว่าตัวแบบ LC-MLE และ 2-TACF เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราณณะเทียบกับอดีตโดยภาพรวมมากที่สุด เมื่อพิจารณาจาก MSE และ MAPE ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเป็นรายชุดข้อมูล สำหรับ MSE พบว่า ตัวแบบ 2-TACF ให้ค่า MSE น้อยที่สุดสำหรับข้อมูล 7 ชุด ได้แก่ กรุงเทพฯ และปริมณฑลทั้งเพศชายและเพศหญิง ภาคตะวันออกเพศชาย ภาคเหนือเพศหญิง ภาคใต้ทั้งเพศชายและเพศหญิง และภาคตะวันตกเพศชาย ในส่วนของ MAPE พบว่า ตัวแบบ LC-MLE ให้ค่า MAPE น้อยที่จำนวน 6 ชุดข้อมูล ได้แก่ กรุงเทพฯ และปริมณฑลเพศชาย ภาคตะวันออกเพศชาย ภาคเหนือเพศชาย ภาคใต้เพศชาย ภาคตะวันตกทั้งเพศชายและเพศหญิง ซึ่งมีจำนวนเท่ากับตัวแบบ 2-TACF ประกอบด้วย กรุงเทพฯ และปริมณฑลเพศหญิง ภาคกลางเพศชาย ภาคตะวันออกเพศหญิง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งเพศชายและเพศหญิง และภาคใต้เพศหญิง แสดงว่าตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราณณะเทียบกับอดีตแยกตามเพศคือ ตัวแบบ

2-TACF และ ตัวแบบ LC-MLE และจากการสังเกตค่า MAPE พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้ว ตัวแบบ LC-MLE สามารถพยากรณ์อัตราฆาตกรรมสำหรับเพศชายได้ดีกว่าตัวแบบ 2-TACF ในขณะที่ตัวแบบ 2-TACF สามารถพยากรณ์อัตราฆาตกรรมสำหรับเพศหญิงได้ดีกว่าตัวแบบ LC-MLE แต่เมื่อพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราฆาตกรรมเทียบกับอดีตแยกตามภูมิภาค พบว่าตัวแบบ 2-TACF ให้ค่า MSE น้อยที่สุดสำหรับกรุงเทพฯ และปริมณฑล และภาคใต้ และให้ค่า MAPE น้อยที่สุดสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ตัวแบบ NLMR ให้ค่า MSE น้อยที่สุดสำหรับภาคกลาง

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาการวัดความคลาดเคลื่อนของ Out – Sample Data พบว่า โดยภาพรวมตัวแบบที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ LC-MLE ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0000129 รองลงมาคือตัวแบบ LC-SVD และ 2-TACF มีค่าเท่ากับ 0.0000186 และ 0.0000249 ตามลำดับ ส่วนตัวแบบที่ให้ค่า MSE มากที่สุดคือ NLMR ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0000590 ในขณะที่ตัวแบบที่ให้ค่า MAPE น้อยที่สุดคือ ตัวแบบ LC-SVD ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0668505 รองลงมาคือตัวแบบ LC-MLE และ 2-TACF มีค่าเท่ากับ 0.0680641 และ 0.0719561 ตามลำดับ ส่วนตัวแบบที่ให้ค่า MAPE มากที่สุดคือ NLMR ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0895459 แสดงว่าตัวแบบ LC-MLE และ LC-SVD เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราฆาตกรรมในอนาคตโดยภาพรวมมากที่สุดเมื่อพิจารณาจาก MSE และ MAPE ตามลำดับ และจากการสังเกต จะเห็นได้ว่า ตัวแบบ LC-MLE มีค่า MSE น้อยที่สุดทั้ง In-Sample Data และ Out-Sample Data จึงสรุปได้ว่า ถ้าพิจารณาจาก MSE ตัวแบบ LC-MLE เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราฆาตกรรมเทียบกับอดีตและในอนาคต

เมื่อพิจารณาเป็นรายชุดข้อมูล สำหรับ MSE พบว่า ตัวแบบ LC-MLE ให้ค่า MSE น้อยที่จำนวน 6 ชุดข้อมูล ได้แก่ กรุงเทพฯ และปริมณฑลเพศหญิง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งเพศชายและเพศหญิง ภาคเหนือทั้งเพศชายและเพศหญิง และภาคตะวันตกเพศชาย ซึ่งมีจำนวนเท่ากับตัวแบบ LC-SVD ประกอบด้วย ภาคกลางทั้งเพศชายและเพศหญิง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพศหญิง ภาคใต้ทั้งเพศชายและเพศหญิง และภาคตะวันตกเพศหญิง ในส่วนของ MAPE พบว่า ตัวแบบ LC-MLE ให้ค่า MAPE น้อยที่จำนวน 6 ชุดข้อมูล ได้แก่ ภาคกลางทั้งเพศชายและเพศหญิง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งเพศชายและเพศหญิง และภาคใต้เพศหญิง แสดงว่าตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราฆาตกรรมในอนาคตแยกตามภาคและเพศคือ ตัวแบบ LC-MLE และ LC-SVD และจากการสังเกต จะเห็นได้ว่า สำหรับ Out-Sample Data ตัวแบบ LC-MLE มีจำนวนชุดข้อมูลที่ให้ค่าทั้ง MSE และ

MAPE น้อยที่สุดเป็นจำนวนมากที่สุด เพราะฉะนั้นถ้าพิจารณาในแง่มุมนี้ ตัวแบบ LC-MLE เป็นตัวแบบที่เหมาะสมกับการพยากรณ์อัตราฆาตกรรมในอนาคต

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของ In - Sample Data

วิธีการ	ภูมิภาค	เพศ	In - Sample Data			
			LC - SVD	LC - MLE	NLMR	2-TACF
MSE	BKK	F	0.00001186	0.00001157	0.00003042	0.00000591
		M	0.00000765	0.00000603	0.00002492	0.00000577
	CEN	F	0.00002833	0.00002543	0.00001984	0.00002588
		M	0.00001962	0.00001620	0.00000922	0.00001666
	E	F	0.00001963	0.00001720	0.00001233	0.00001401
		M	0.00002295	0.00002113	0.00002008	0.00001909
	N	F	0.00001638	0.00001773	0.00000992	0.00000794
		M	0.00002177	0.00002181	0.00002107	0.00002190
	NE	F	0.00001625	0.00001472	0.00001557	0.00001714
		M	0.00001420	0.00001506	0.00002151	0.00002630
	S	F	0.00001252	0.00000840	0.00000772	0.00000583
		M	0.00001481	0.00001595	0.00001355	0.00001323
	W	F	0.00002140	0.00001118	0.00001823	0.00003371
		M	0.00001421	0.00001245	0.00001527	0.00001009
overall			0.00001726	0.00001535	0.00001712	0.00001596
MAPE	BKK	F	0.04114799	0.04059609	0.05546917	0.03918570
		M	0.04593564	0.03604914	0.07273633	0.03708016
	CEN	F	0.03769606	0.04996807	0.05247836	0.04370449
		M	0.04665217	0.04474297	0.04670079	0.03811775
	E	F	0.05465754	0.05034130	0.05362992	0.04884568
		M	0.04969849	0.04414478	0.05372890	0.04603535
	N	F	0.03160010	0.03191556	0.06843832	0.05249097
		M	0.03383309	0.03354814	0.05995750	0.04362016
	NE	F	0.06322166	0.05104083	0.06335874	0.02850497
		M	0.04733952	0.04860833	0.04890129	0.03487597
	S	F	0.04242534	0.04007225	0.05968663	0.03923903
		M	0.03405590	0.03403780	0.04147219	0.03516564
	W	F	0.07960565	0.06706347	0.07423077	0.07199927
		M	0.05244971	0.04743467	0.05607747	0.04833855
overall			0.04716572	0.04425461	0.05763330	0.04337179

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของ Out – Sample Data

วิธีการ	ภูมิภาค	เพศ	Out - Sample Data			
			LC - SVD	LC - MLE	NLMR	2-TACF
MSE	BKK	F	0.00001426	0.00001054	0.00013907	0.00002606
		M	0.00002848	0.00001020	0.00004644	0.00000546
	CEN	F	0.00000976	0.00000982	0.00004765	0.00001651
		M	0.00000833	0.00000998	0.00003881	0.00003618
	E	F	0.00005022	0.00001088	0.00005623	0.00001704
		M	0.00003571	0.00001656	0.00004000	0.00002055
	N	F	0.00001351	0.00000927	0.00007143	0.00005539
		M	0.00003208	0.00002847	0.00011235	0.00001202
	NE	F	0.00000413	0.00000700	0.00005146	0.00001542
		M	0.00001433	0.00001361	0.00001591	0.00004100
	S	F	0.00001190	0.00001797	0.00007152	0.00004430
		M	0.00001187	0.00001259	0.00004478	0.00001451
	W	F	0.00000954	0.00002045	0.00005244	0.00001068
		M	0.00001686	0.00000371	0.00003746	0.00003335
overall			0.00001864	0.00001293	0.00005897	0.00002489
MAPE	BKK	F	0.08167974	0.07341890	0.08598800	0.05057163
		M	0.08048633	0.07973623	0.11996251	0.07208076
	CEN	F	0.05913154	0.05392634	0.07088653	0.06752542
		M	0.05138129	0.05104762	0.07678507	0.06757555
	E	F	0.07422879	0.06093093	0.08216941	0.06808654
		M	0.06432081	0.07114781	0.08774500	0.07785463
	N	F	0.04713159	0.04179195	0.12039734	0.11259568
		M	0.05756765	0.05463858	0.10697514	0.08566136
	NE	F	0.08493829	0.09004788	0.08215574	0.04775473
		M	0.07058525	0.07255972	0.05775113	0.07398002
	S	F	0.05479387	0.05385975	0.09023758	0.06276108
		M	0.05262868	0.05185988	0.09076844	0.04999528
	W	F	0.08974364	0.12446262	0.09484486	0.07403773
		M	0.06728900	0.07347070	0.08697826	0.09690404
overall			0.06685048	0.06806407	0.08954594	0.07195607



1584921123

CU Thesisis 5970203821 thesisis / revv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

เมื่อพิจารณาในแง่ของความซับซ้อนของแบบจำลองร่วมกับการวัดความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูล การเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจะพิจารณาจาก AIC และ BIC จากสมการที่ (2.23) และ (2.24) การคำนวณค่า AIC และ BIC จะต้องหาฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น เนื่องจากตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD และตัวแบบ Non-linear Multiple Regression Model กำหนดให้ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนเป็นการแจกแจงปกติ แต่ตัวแบบ Lee-Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE และ ตัวแบบ 2-Tier ACF กำหนดให้จำนวนผู้เสียชีวิตเป็นการแจกแจงแบบปัวซอง ทำให้ฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นแตกต่างกัน ดังนั้นในการคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมจะเปรียบเทียบตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบเดียวกัน

สำหรับตัวแบบ LC-SVD และ NLMR จะมีวิธีการหาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นของตัวแปร y_i ใด ๆ ที่มีการแจกแจงแบบปกติ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 y_i &\sim N(\mu, \sigma^2) \\
 L(\mu, \sigma^2; y_1, \dots, y_n) &= \prod_{i=1}^n (2\pi\sigma^2)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \left[\frac{(y_i - \mu)^2}{\sigma^2} \right]} \\
 L &= (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right]} \\
 \ln L &= \ln \left((2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right]} \right) \\
 \ln L &= -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \cdot \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \right] \tag{4.14}
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (4.14), (2.23) และ (2.24) สามารถนำไปคำนวณหาค่า log-likelihood, AIC และ BIC ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ

วิธีการ	In-Sample Data		Out-Sample Data	
	LC-SVD	NLMR	LC-SVD	NLMR
log-likelihood	641.23	409.74	61.51	1.95
จำนวนพารามิเตอร์	672	123	588	123
AIC	61.54	-573.48	1052.99	242.10
BIC	968.91	-407.40	1492.92	334.12

สำหรับตัวแบบ LC-MLE และ NLMR จะมีวิธีการหาลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็นเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2 และค่า log-likelihood, AIC และ BIC ที่คำนวณได้แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปัวซอง

วิธีการ	In-Sample Data		Out-Sample Data	
	LC-MLE	2-TACF	LC-MLE	2-TACF
log-likelihood	-16067332.71	-16067314.75	-4435647.54	-4435974.26
จำนวนพารามิเตอร์	672	756	588	654
AIC	32136009.42	32136141.49	8872471.08	8873256.53
BIC	32136916.79	32137162.28	8872911.01	8873745.84

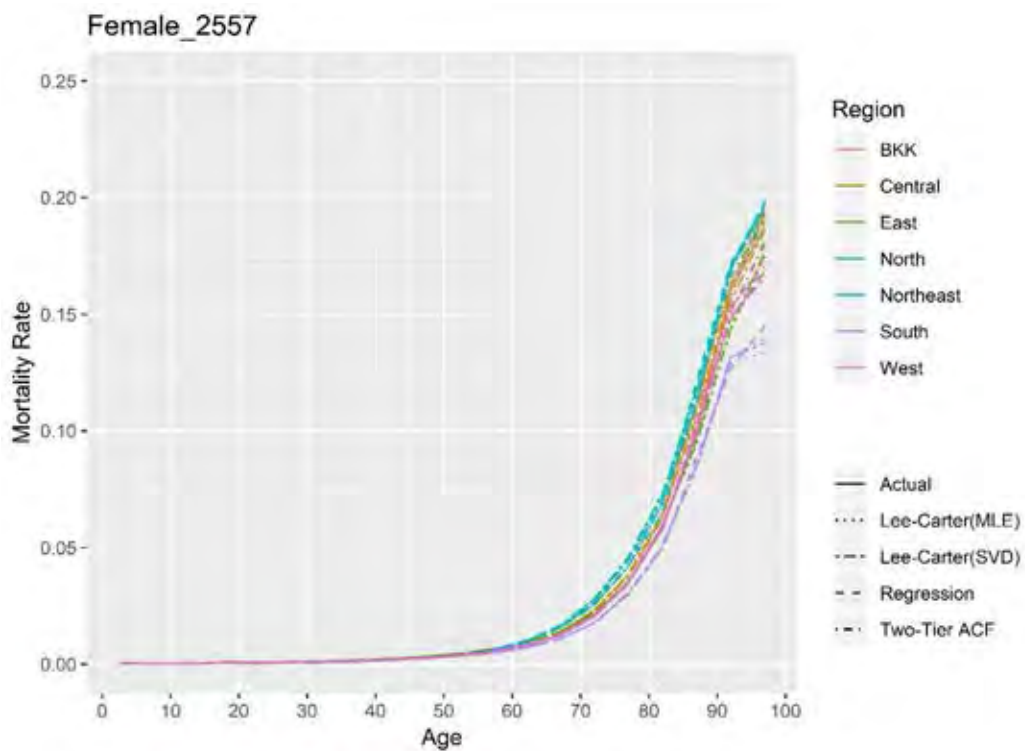
ในส่วนของการเปรียบเทียบตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปัวซอง คือ ตัวแบบ LC-MLE และ ตัวแบบ 2-TACF พบว่า ค่า log-likelihood มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองตัวแบบ โดยที่ตัวแบบ 2-TACF มีค่ามากกว่าตัวแบบ LC-MLE เฉพาะ In-Sample Data แสดงว่าตัวแบบ 2-TACF มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับข้อมูลในอดีต เมื่อพิจารณา Out-Sample Data TACF พบว่า ค่า log-likelihood ของตัวแบบ LC-MLE มีค่ามากกว่าตัวแบบ 2-TACF แสดงว่าตัวแบบ LC-MLE มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับข้อมูลในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับค่า MAPE โดยภาพรวม ส่วนในแง่ของจำนวนพารามิเตอร์พบว่าตัวแบบ LC-MLE มีจำนวนพารามิเตอร์น้อยกว่ามาก เมื่อคำนวณ AIC และ BIC จึงพบว่าตัวแบบ LC-MLE มีค่า AIC และ BIC ต่ำกว่าตัวแบบ 2-TACF จึงกล่าวได้ว่า ตัวแบบ LC-MLE เหมาะสมเมื่อวัดจากทั้งความแม่นยำและความซับซ้อนของตัวแบบมากกว่า ตัวแบบ 2-TACF

บทที่ 5

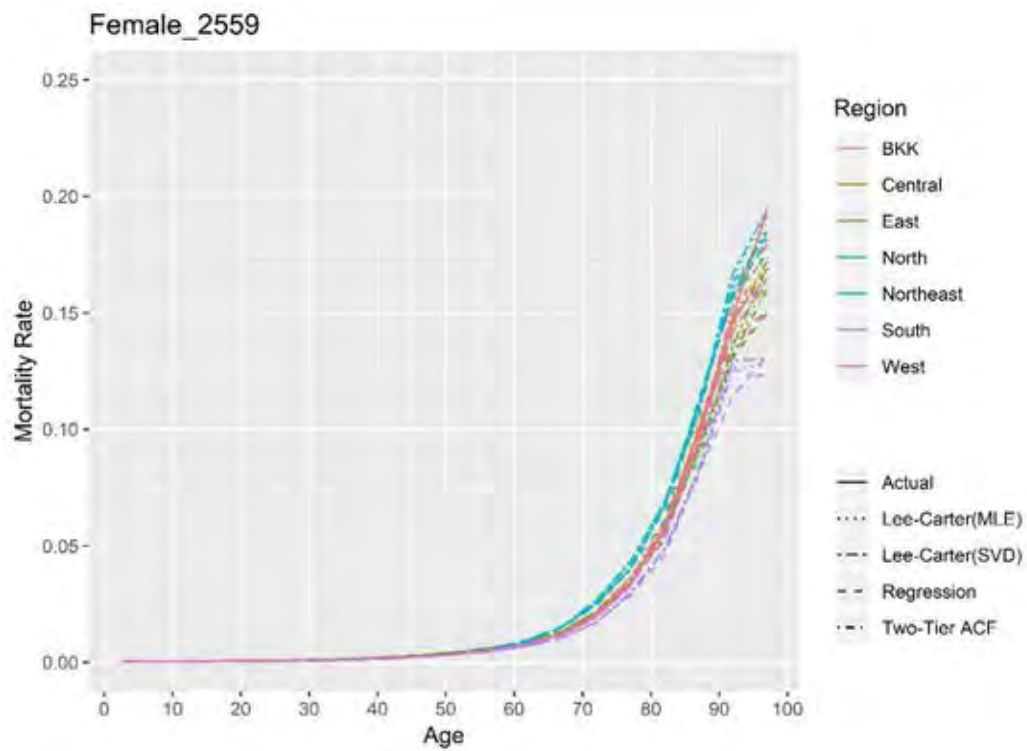
การพยากรณ์อัตราการมรณะไทย

ในบทนี้กล่าวถึงค่าพยากรณ์อัตราการมรณะจากตัวแบบ 4 ตัวแบบ ได้แก่ LC-SVD, LC-MLE, NLMR และ 2-TACF โดยจะใช้ข้อมูลทั้ง 10 ปีคือ พ.ศ. 2550 - 2559 ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ได้ผลอัตราการมรณะ พ.ศ. 2562 - 2566 แสดงในภาคผนวก ง

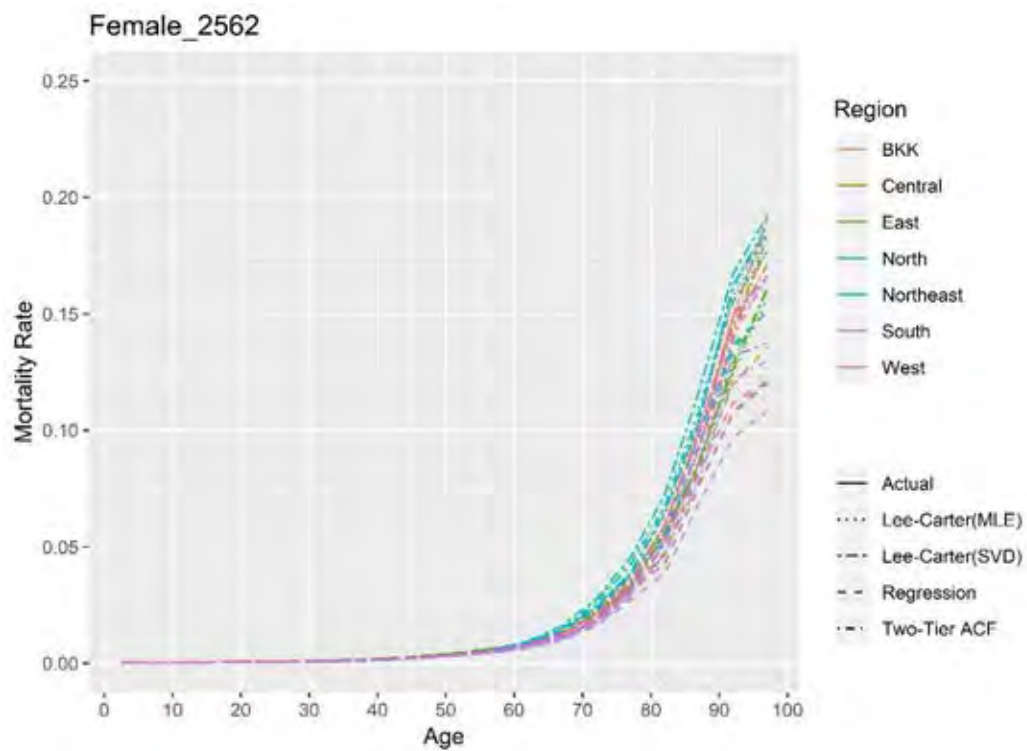
สำหรับอัตราการมรณะของเพศหญิง จำแนกตามภูมิภาคของปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของ In-Sample Data ปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของ Out-Sample Data ปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นปีปัจจุบัน และอีก 5 ปีข้างหน้าคือ พ.ศ. 2566 แสดงดังรูปที่ 5.1 - รูปที่ 5.4 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 อัตราการมรณะของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2557 จำแนกตามภูมิภาค

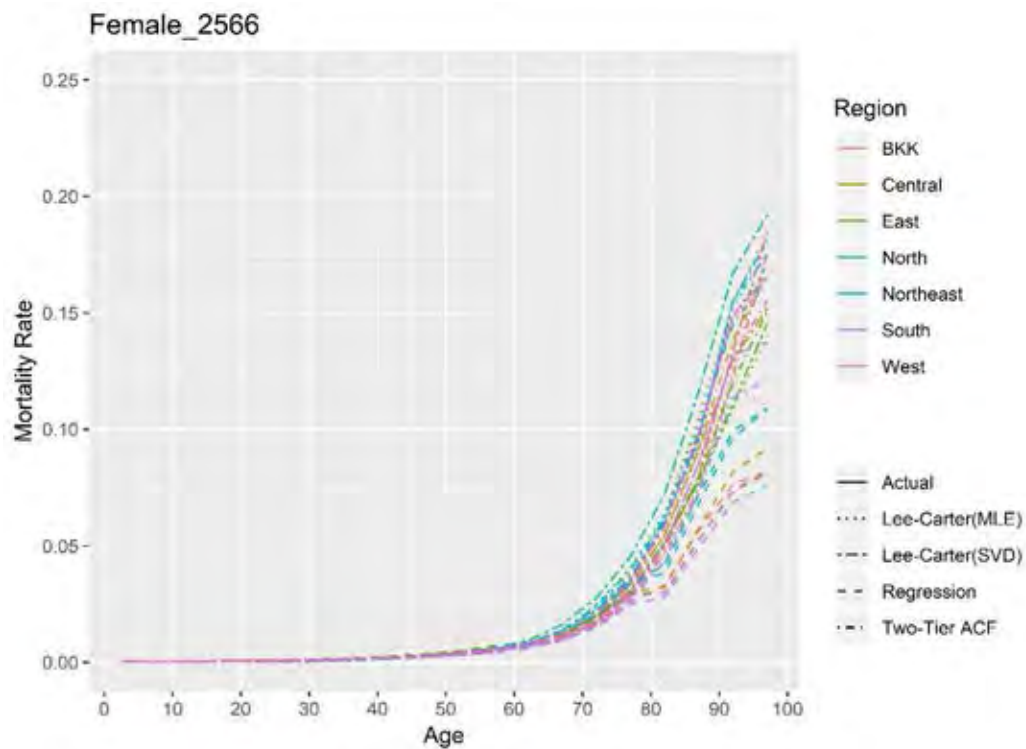


รูปที่ 5.2 อัตราการณะของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามภูมิภาค



รูปที่ 5.3 อัตราการณะของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2562 จำแนกตามภูมิภาค

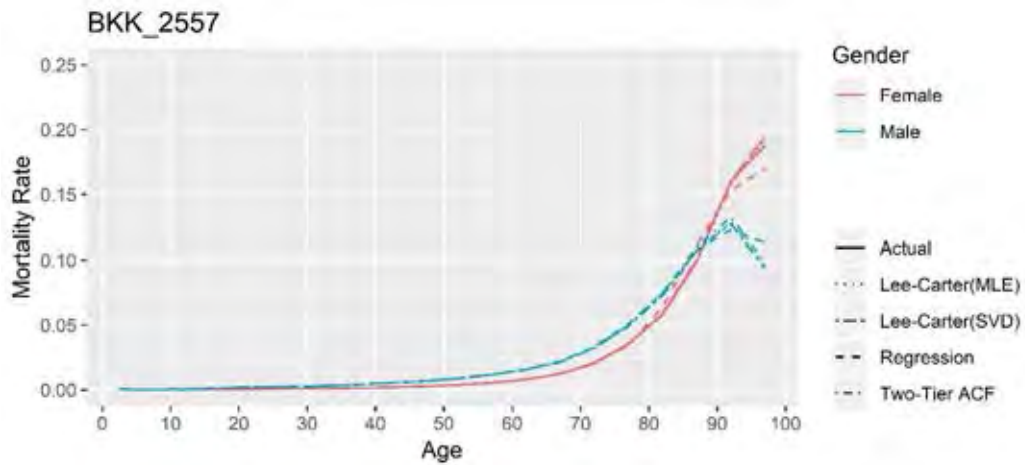




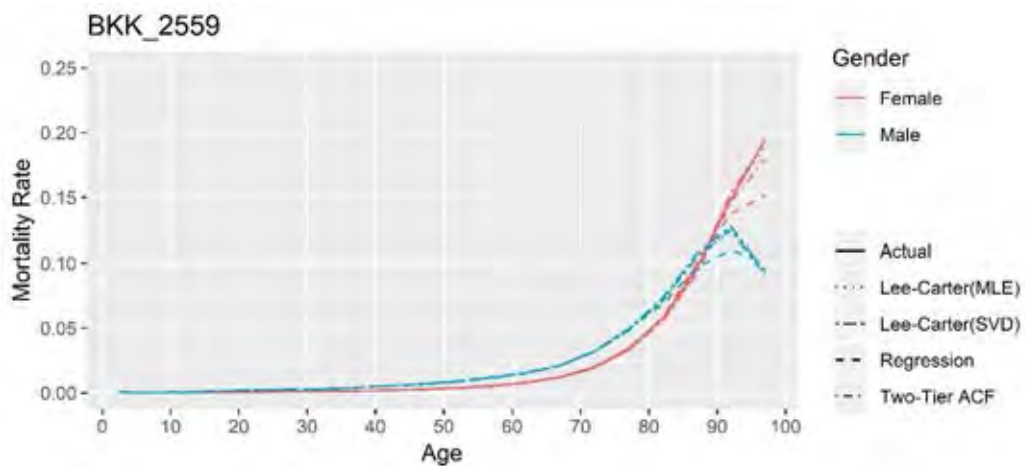
รูปที่ 5.4 อัตราการณะของเพศหญิง ปี พ.ศ. 2566 จำแนกตามภูมิภาค

จากรูปที่ 5.1 - รูปที่ 5.4 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการณะของเพศเดียวกัน ยกตัวอย่างเพศหญิง อัตราการณะของทุกภูมิภาคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบ exponential เมื่ออายุมากขึ้น ยกเว้นอัตราการณะของประชากรอายุ 1-4 ปี ที่มีค่าสูงกว่าประชากรอายุ 5 - 9 ปี และอัตราการณะของประชากรอายุ 20 - 24 ปีมีค่าลดลงจากประชากรอายุ 15 - 19 ปีเล็กน้อย โดยพิจารณาที่อายุ 1 - 19 ปี พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอัตราการณะสูงที่สุดในขณะที่กรุงเทพฯ และปริมณฑลมีอัตราการณะต่ำที่สุด สำหรับอายุ 20 - 44 ปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังคงมีอัตราการณะสูงที่สุด รองลงมาคือกรุงเทพฯ และปริมณฑล แต่ภาคที่มีอัตราการณะต่ำที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่ภาคอื่น ๆ มีค่าอัตราการณะใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่างกรุงเทพฯ และปริมณฑลกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลำดับถัดมาพิจารณาที่อายุ 45 - 59 ปี อัตราการณะของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและอัตราการณะของภาคใต้มีแนวโน้มต่ำลง จนกระทั่งที่อายุ 60 - 99 ปี อัตราการณะของภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงที่สุดและภาคใต้มีค่าต่ำที่สุด

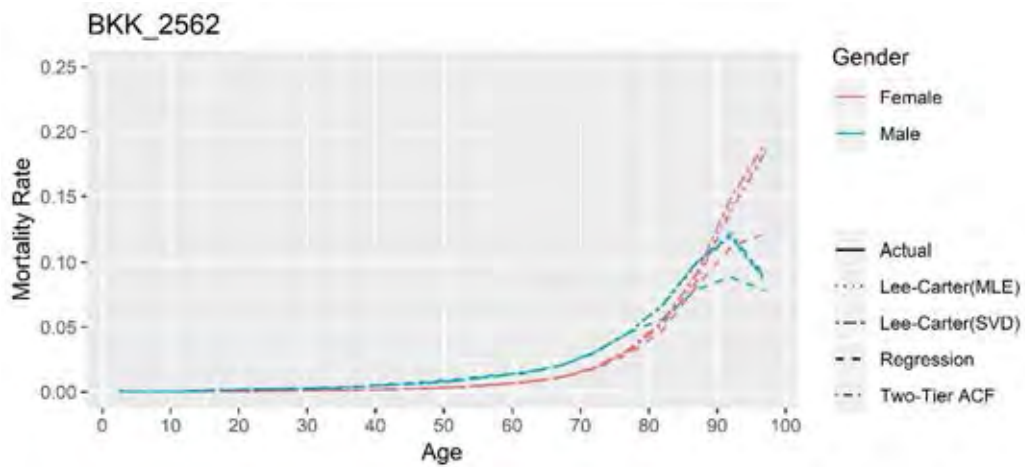
สำหรับอัตราการณะของกรุงเทพฯ และปริมณฑล จำแนกตามเพศ จะพิจารณาที่ปีแบบเดียวกับกรณีข้างต้น ได้แก่ ปี พ.ศ. 2557, 2559, 2560 และ 2566 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.5 - รูปที่ 5.8 ตามลำดับ



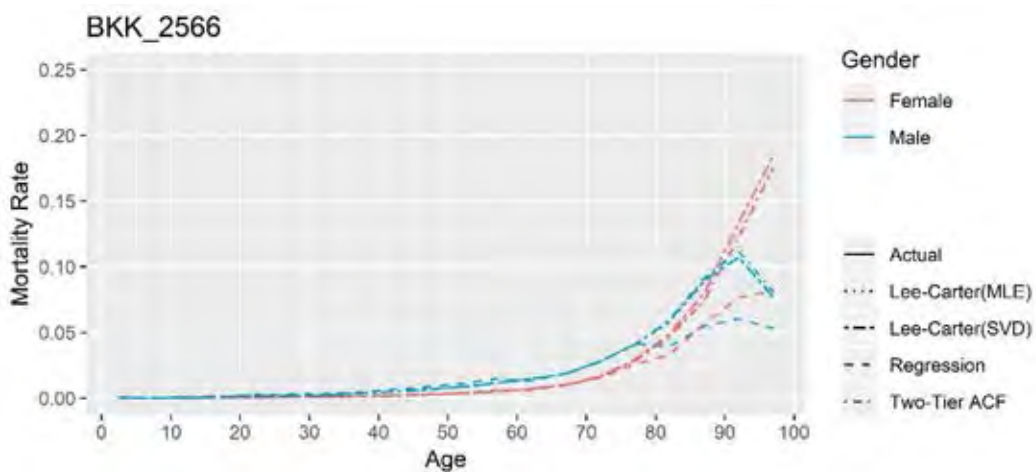
รูปที่ 5.5 อัตราการณะของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2557 จำแนกตามเพศ



รูปที่ 5.6 อัตราการณะของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2559 จำแนกตามเพศ



รูปที่ 5.7 อัตราการณะของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2562 จำแนกตามเพศ



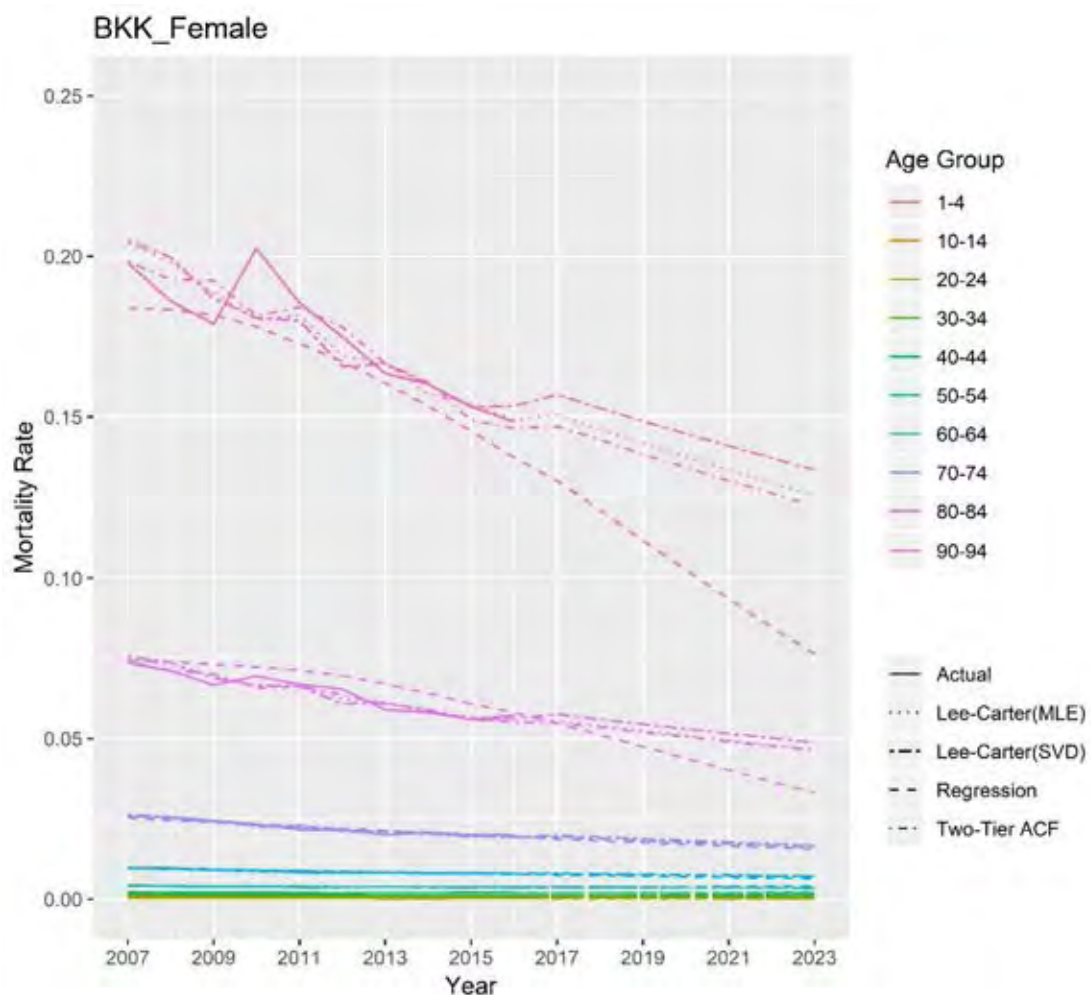
รูปที่ 5.8 อัตราการณะของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี พ.ศ. 2566 จำแนกตามเพศ

จากรูปที่ 5.5 - รูปที่ 5.8 เมื่อเปรียบเทียบอัตราการณะของภูมิภาคเดียวกัน ยกตัวอย่าง กรุงเทพฯ และปริมณฑล พบว่า ที่อายุ 1 - 89 ปี อัตราการณะของเพศชายสูงกว่าเพศหญิง ในขณะที่ที่อายุ 90-99 ปี อัตราการณะของเพศหญิงสูงกว่าเพศชายโดยอัตราการณะจะเพิ่มขึ้นแบบ exponential จากประมาณ 0.0005 เป็น 0.05, 0.1 และ 0.15 เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจาก 1 จนกระทั่งถึงอายุ 80, 85 และ 90 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในรูปที่ 5.5 และ รูปที่ 5.6 พบว่าเมื่อปีมากขึ้น ค่าจริงกับค่าพยากรณ์จะแตกต่างกันมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ระหว่างตัวแบบต่าง ๆ ในรูปที่

5.7 และ รูปที่ 5.8 พบว่าที่อายุ 1 - 9 อัตราการเสียชีวิตเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกันทุกตัวแบบ ยกเว้นตัวแบบ NLMR ของเพศชายที่ให้ค่าอัตราการเสียชีวิตสูงกว่าตัวแบบอื่น ๆ สำหรับอายุ 10 - 19 ปี ตัวแบบ NLMR จะให้ค่าอัตราการเสียชีวิตต่ำกว่าตัวแบบอื่น ๆ ทั้งเพศชายและเพศหญิง ในขณะที่อายุ 20 - 59 ปี ตัวแบบ NLMR ให้ค่าอัตราการเสียชีวิตสูงสุด ลำดับถัดมาที่อายุ 60 - 79 ปี ทุกตัวแบบให้ค่าอัตราการเสียชีวิตใกล้เคียงกัน และลำดับสุดท้ายที่อายุ 80 - 99 ปี ตัวแบบ NLMR ให้ค่าอัตราการเสียชีวิตต่ำที่สุด

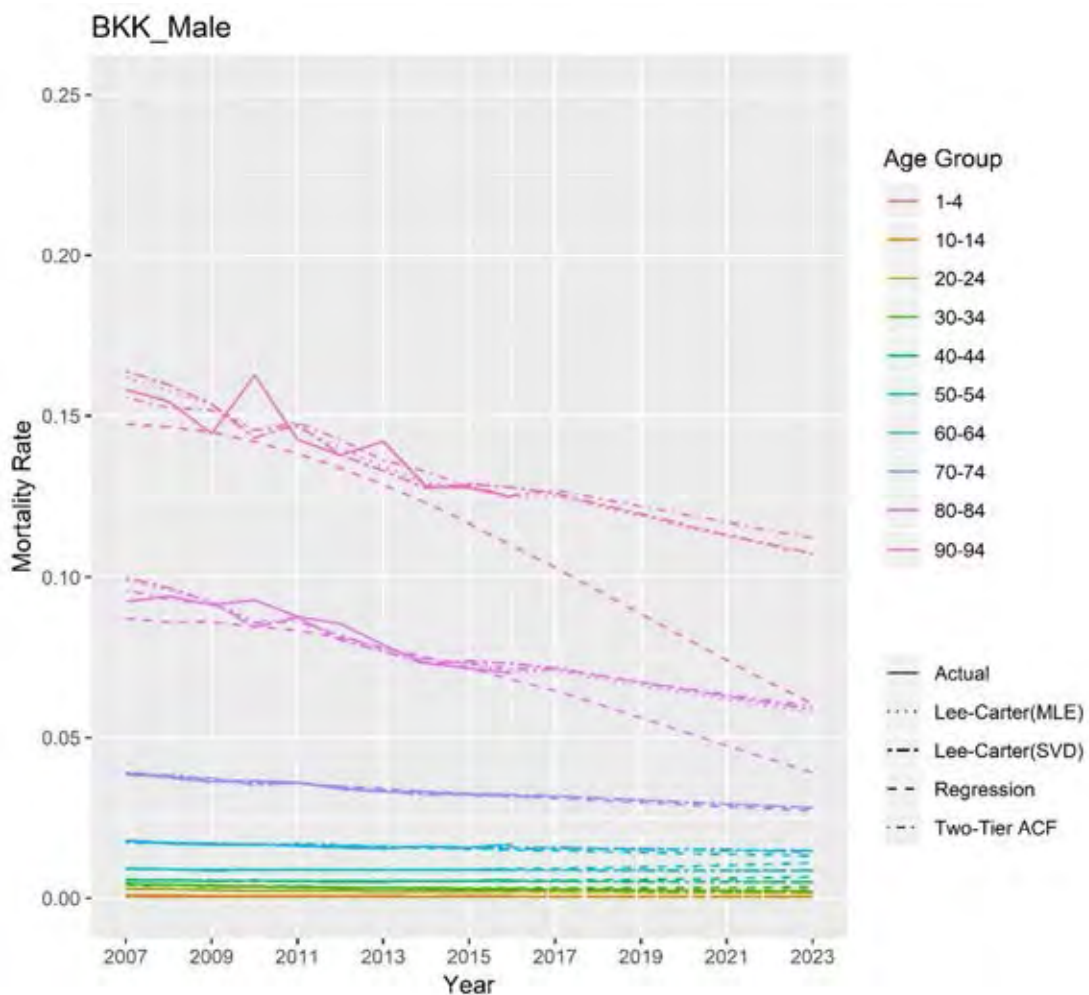
สำหรับอัตราการเสียชีวิตของกรุงเทพฯ และปริมณฑล จำแนกอายุ ของเพศหญิงและเพศชาย สามารถวาดกราฟได้ดัง รูปที่ 5.9 และ รูปที่ 5.10 ตามลำดับ



รูปที่ 5.9 อัตราการเสียชีวิตของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศหญิง จำแนกตามอายุ

จากรูปที่ 5.9 และ รูปที่ 5.10 เมื่อเปรียบเทียบอัตราภาระของภูมิภาคเดียวกัน ยกตัวอย่าง กรุงเทพฯ และปริมณฑล สำหรับทั้งเพศชายและหญิง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป อัตราภาระมีแนวโน้มลดลงทั้งค่าจริงและค่าพยากรณ์ ยกเว้นค่าพยากรณ์ของตัวแบบ NLMR ที่อายุ 20 - 24 ปี, 30 - 34 ปี, 40 - 44 ปี และ 50 - 54 ปี ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเมื่อปีมากขึ้นค่าพยากรณ์ของตัวแบบ NLMR จะแตกต่างจากตัวแบบอื่น ๆ มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5.7 และ รูปที่ 5.8 และเมื่อพิจารณาที่อายุต่างกัน พบว่าเมื่ออายุมากขึ้น อัตราภาระจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นช่วงอายุ 1 - 4 ปี ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5.1 - รูปที่ 5.8

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปที่ 5.9 และ รูปที่ 5.10 พบว่าอัตราภาระของเพศชายสูงกว่าเพศหญิงในทุกช่วงอายุ ยกเว้นช่วงอายุ 90 - 94 ปี ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 5.5 - รูปที่ 5.8



รูปที่ 5.10 อัตราภาระของกรุงเทพฯ และปริมณฑล เพศชาย จำแนกตามอายุ

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลตัวแบบพยากรณ์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์อัตราการระงับของประชากรไทยจำแนกตามปี ช่วงอายุ เพศ และภูมิภาค โดยใช้ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตและประชากรกลางปีจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์อัตราการระงับมีทั้งหมด 2 ตัวแบบ ได้แก่

1. ตัวแบบการถดถอยแบบพหุคูณไม่เป็นเชิงเส้น (NLMR) โดยแบ่งชุดข้อมูลเป็น 5 กลุ่ม คือ 1-19, 20-39, 40-59, 60-79 และ 80-99 ปี

2. ตัวแบบ 2-Tier Augmented Common Factor (2-TACF)

จากนั้นเปรียบเทียบความแม่นยำด้วยวิธี MSE และ MAPE โดยแบ่งเป็น In-Sample Data ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - 2557 (8 ปี) และ Out-Sample Data ตั้งแต่ พ.ศ. 2558 - 2559 (2 ปี) ในการเปรียบเทียบ จะแบ่งข้อมูลทั้งหมดเป็น 14 ชุด ซึ่งมาจาก 2 เพศ และ 7 ภูมิภาค สำหรับตัวแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีทั้งหมด 2 ตัวแบบ ได้แก่

1. ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี SVD (LC-SVD)

2. ตัวแบบ Lee - Carter ที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี MLE (LC-MLE)

ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำแสดงดังตารางที่ 6.1 และ ตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 สรุปค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของตัวแบบ

ตัวแบบ	In-sample Data		Out-Sample Data	
	MSE	MAPE	MSE	MAPE
LC-MLE	0.0000153	0.0442546	0.0000129	0.0680641
2-TACF	0.0000160	0.0433718	0.0000249	0.0719561
NLMR	0.0000171	0.0576333	0.0000590	0.0895459
LC-SVD	0.0000173	0.0471657	0.0000186	0.0668505

จากตารางที่ 6.1 พบว่าโดยภาพรวม เมื่อพิจารณา MSE พบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ LC-MLE ทั้ง In-sample Data และ Out-Sample Data ส่วนเมื่อพิจารณา MAPE พบว่าสำหรับ In-sample Data ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ 2-TACF สำหรับ Out-sample Data ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ LC-SVD

ตารางที่ 6.2 สรุปจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของแต่ละตัวแบบ

ตัวแบบ	In-sample Data		Out-Sample Data	
	MSE	MAPE	MSE	MAPE
LC-MLE	2	6	6	6
2-TACF	7	6	2	5
NLMR	4	0	0	1
LC-SVD	1	2	6	2

จากตารางที่ 6.2 พบว่าเมื่อพิจารณาแยกชุดข้อมูลจากทั้ง 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบ 2-TACF มีจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่า MSE น้อยที่สุดจำนวนมากที่สุดสำหรับ In-Sample Data ส่วนตัวแบบ LC-MLE กับ LC-SVD มีจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่า MSE น้อยที่สุดจำนวนมากที่สุดสำหรับ Out-Sample Data ในขณะที่ตัวแบบ LC-MLE กับ 2-TACF มีจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่า MAPE น้อยที่สุดจำนวนมากที่สุดสำหรับ In-Sample Data ส่วนตัวแบบ LC-MLE มีจำนวนชุดข้อมูลที่มีค่า MAPE น้อยที่สุดจำนวนมากที่สุดสำหรับ Out-Sample Data

เมื่อพิจารณาในแง่มุมของความซับซ้อนของตัวแบบ พบว่าตัวแบบที่ให้ค่า AIC และ BIC น้อยที่สุดสำหรับตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติคือตัวแบบ NLMR ส่วนตัวแบบที่ให้ค่า AIC และ BIC น้อยที่สุดสำหรับตัวแบบที่มีสมมติฐานการแจกแจงแบบปัวซองคือตัวแบบ LC-MLE จากการวิเคราะห์ข้างต้น

จากงานวิจัยนี้ที่มีวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์อัตราการระงับไทย จำแนกตาม ปี ช่วงอายุ เพศ และ ภูมิภาค พบว่า ตัวแบบ NLMR เป็นตัวแบบที่มีความซับซ้อนน้อยและมีความเหมาะสมในการพยากรณ์อัตราการระงับไทยทั้งเพศหญิงและชายที่มีภูมิลำเนาในภาคกลาง ในขณะที่ตัวแบบ 2-TACF มีความเหมาะสมในการพยากรณ์อัตราการระงับไทยทั้งเพศหญิงและชายที่มีภูมิลำเนาในกรุงเทพฯ และ ปริมณฑล ภาคใต้ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

6.2 สรุปผลการพยากรณ์

ขั้นตอนต่อมาคือนำข้อมูลปี พ.ศ. 2550 – 2559 มาพยากรณ์อัตราฆณะของประชากรไทย โดยค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราฆณะจำแนกตามปีแสดงดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราฆณะจำแนกตามปี

ปี	Actual	LC-SVD	LC-MLE	NLMR	2-TACF
2550	0.034632	0.036616	0.036386	0.035672	0.035441
2551	0.035962	0.036281	0.035952	0.035451	0.034955
2552	0.035114	0.035769	0.035808	0.035200	0.035137
2553	0.036152	0.034051	0.034361	0.034726	0.033967
2554	0.034989	0.034945	0.034689	0.034028	0.035000
2555	0.033061	0.033455	0.033620	0.033235	0.033710
2556	0.031926	0.032183	0.032447	0.032229	0.032071
2557	0.030199	0.031100	0.031234	0.031164	0.031250
2558	0.029456	0.030179	0.029980	0.030028	0.029882
2559	0.029928	0.029602	0.029392	0.028745	0.029319
2560		0.030559	0.029798	0.027444	0.030061
2561		0.030294	0.029459	0.026051	0.029506
2562		0.030036	0.029128	0.024633	0.028974
2563		0.029784	0.028806	0.023208	0.028444
2564		0.029537	0.028491	0.021797	0.027930
2565		0.029297	0.028184	0.020416	0.027423
2566		0.029063	0.027884	0.019080	0.026927

จากตารางที่ 6.3 พบว่าค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราฆณะที่ได้จากทั้ง 4 ตัวแบบมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราฆณะสูงที่สุดคือ ตัวแบบ LC-SVD มีค่าเท่ากับ 0.036616 ในปี พ.ศ. 2550 และลดลงเหลือ 0.029063 ในปี พ.ศ. 2566 รองลงมาคือ ตัวแบบ LC-MLE มีค่าเท่ากับ 0.036386 ในปี พ.ศ. 2550 และลดลงเหลือ 0.027884 ในปี พ.ศ. 2566 ส่วนอีก 2 ตัวแบบที่เหลือ ในปี พ.ศ. 2550 ตัวแบบ NLMR ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 0.035672 ซึ่งสูงกว่าตัวแบบ 2-TACF ที่มีค่าเท่ากับ 0.035441 แต่ในปี พ.ศ. 2566 พบว่า ตัวแบบ NLMR ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยลดลงเหลือ 0.019080 ซึ่งต่ำกว่าตัวแบบ 2-TACF ที่มีค่าเท่ากับ 0.026927

สำหรับค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกตามอายุ แสดงในตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกตามอายุ

ช่วงอายุ	Actual	LC-SVD	LC-MLE	NLMR	2-TACF
1-4	0.000614	0.000580	0.000573	0.000523	0.000563
5-9	0.000372	0.000344	0.000338	0.000335	0.000329
10-14	0.000458	0.000444	0.000441	0.000420	0.000436
15-19	0.001125	0.001099	0.001090	0.001004	0.001070
20-24	0.001293	0.001244	0.001231	0.001279	0.001208
25-29	0.001598	0.001514	0.001485	0.001594	0.001448
30-34	0.002112	0.001995	0.001958	0.002065	0.001899
35-39	0.002801	0.002726	0.002707	0.002778	0.002668
40-44	0.003623	0.003571	0.003570	0.003731	0.003543
45-49	0.004765	0.004714	0.004703	0.004898	0.004670
50-54	0.006423	0.006369	0.006374	0.006613	0.006324
55-59	0.008934	0.008799	0.008794	0.009185	0.008638
60-64	0.012984	0.012699	0.012639	0.012369	0.012424
65-69	0.019160	0.018621	0.018469	0.018176	0.018191
70-74	0.029715	0.028922	0.028722	0.027825	0.028273
75-79	0.047074	0.045605	0.045147	0.044152	0.044527
80-84	0.075055	0.072453	0.071603	0.064579	0.070516
85-89	0.116854	0.112442	0.110798	0.103643	0.109456
90-94	0.161473	0.155267	0.153361	0.134313	0.152060
95-99	0.166407	0.159123	0.156139	0.140643	0.155281

จากตารางที่ 6.3 พบว่า ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกที่ได้จากทั้ง 4 ตัวแบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจำแนกสูงสุดคือ ตัวแบบ LC-SVD มีค่าเท่ากับ 0.000580 สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี และเพิ่มขึ้นเป็น 0.159123 สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี รองลงมา คือ ตัวแบบ LC-MLE มีค่าเท่ากับ 0.000573 สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี และเพิ่มขึ้นเป็น 0.156139 สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี ลำดับถัดมา ตัวแบบ 2-TACF มีค่าเท่ากับ 0.000563 สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี และเพิ่มขึ้นเป็น 0.155281 สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี และตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์

เฉลี่ยของอัตราการระต่าที่สุดคือ ตัวแบบ NLMR มีค่าเท่ากับ 0.000523 สำหรับช่วงอายุ 1-4 ปี และเพิ่มขึ้นเป็น 0.140643 สำหรับช่วงอายุ 95-99 ปี

สำหรับค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจําแนกตามภูมิภาค แสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจําแนกตามภูมิภาค

ภูมิภาค	Actual	LC-SVD	LC-MLE	NLMR	2-TACF
BKK	0.032164	0.030036	0.029761	0.027493	0.029789
Central	0.035196	0.033436	0.034011	0.030433	0.032813
East	0.032554	0.031101	0.030009	0.028303	0.030417
North	0.036263	0.035878	0.035207	0.032410	0.034661
Northeast	0.035535	0.034345	0.034020	0.031701	0.033760
South	0.028481	0.027397	0.026722	0.025200	0.027063
West	0.031801	0.031292	0.030821	0.027503	0.029730

จากตารางที่ 6.5 พบว่า ค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระที่ได้จากทั้ง 4 ตัวแบบของภาคเหนือมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก กรุงเทพฯ และปริมณฑล ภาคตะวันตก ส่วนภาคที่มีค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระน้อยที่สุดคือภาคใต้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบ พบว่าตัวแบบ LC-SVD ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยสูงสุดในทุกภูมิภาค มีค่าเท่ากับ 0.030036, 0.031101, 0.035878, 0.034345, 0.027397 และ 0.031292 สำหรับ กรุงเทพฯ และปริมณฑล ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันตกตามลำดับ ยกเว้นภาคกลางซึ่งตัวแบบ LC-MLE ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.034011 ส่วนตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยต่ำสุดในทุกภูมิภาคคือ NLMR โดยมีค่าเท่ากับ 0.027493, 0.030433, 0.028303, 0.032410, 0.031701, 0.025200 และ 0.027503 สำหรับ กรุงเทพฯ และปริมณฑล ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันตกตามลำดับ

สำหรับค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการระจําแนกตามเพศ แสดงในตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 สำหรับค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการณะจำแนกตามเพศ

เพศ	Actual	LC-SVD	LC-MLE	NLMR	2-TACF
Female	0.03207698	0.03064381	0.03038937	0.02786369	0.0301509
Male	0.03420709	0.03320916	0.03262494	0.03014892	0.0322016

จากตารางที่ 6.6 พบว่าค่าพยากรณ์เฉลี่ยของอัตราการณะที่ได้จากทั้ง 4 ตัวแบบของเพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบ พบว่าตัวแบบ LC-SVD ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.03064381 และ 0.03320916 สำหรับเพศหญิงและเพศชาย รองลงมาคือตัวแบบ LC-MLE ซึ่งที่ค่าเท่ากับ 0.03038937 และ 0.03262494 สำหรับเพศหญิงและเพศชาย ลำดับถัดมาคือตัวแบบ 2-TACF ซึ่งที่ค่าเท่ากับ 0.0301509 และ 0.0322016 สำหรับเพศหญิงและเพศชาย ส่วนตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์เฉลี่ยต่ำสุดในทุกเพศคือ NLMR ซึ่งที่ค่าเท่ากับ 0.02786369 และ 0.03014892 สำหรับเพศหญิงและเพศชาย

ในการคำนวณเบี้ยประกันชีวิต เมื่อเปรียบเทียบปัจจัยด้านเวลา ผู้เอาประกันในปีปัจจุบันจะต้องจ่ายค่าเบี้ยประกันมากกว่าปีอนาคต เมื่อเปรียบเทียบปัจจัยอายุ ผู้เอาประกันที่มีอายุน้อยจะจ่ายค่าเบี้ยประกันน้อยกว่าผู้เอาประกันที่มีอายุมาก โดยเบี้ยประกันจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่ออายุของผู้เอาประกันมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ในส่วนของปัจจัยเพศ ผู้เอาประกันเพศชายจะต้องจ่ายค่าเบี้ยประกันมากกว่าเพศหญิง และเมื่อพิจารณาจากภูมิฐานะของผู้เอาประกัน พบว่าผู้เอาประกันที่มีภูมิฐานะอยู่ที่ภาคเหนือจะต้องจ่ายค่าเบี้ยประกันแพงที่สุด ส่วนผู้เอาประกันที่อยู่ภาคใต้จะจ่ายเบี้ยประกันถูกที่สุด

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตและประชากรกลางปีที่ได้มาจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข จะพบว่า จำนวนปีย้อนหลังมีเพียงแค่ 10 ปี ทำให้การประมาณค่าและพยากรณ์พารามิเตอร์ที่แปรผันตามเวลาทำได้ยากและมีข้อมูลสำหรับการวัดความคลาดเคลื่อน Out - Sample Data จำนวนน้อยเกินไป ในส่วนของประชากรกลางปี จะพบว่าไม่มีข้อมูลสำหรับรายอายุทุกอายุ มีเฉพาะสำหรับช่วงอายุทุก ๆ 5 ปีเท่านั้น ถ้าข้อมูลมีความละเอียดจะสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ที่แปรผันตามอายุได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

6.3.2 ในการวัดความคลาดเคลื่อนของแต่ละตัวแบบ คือ MSE และ MAPE ในงานวิจัยนี้ แบ่งกลุ่มเป็น 14 ชุดข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับตัวแบบ LC-SVD และ LC-MLE ถ้าพิจารณาในอีกแง่มุมหนึ่งก็สามารถทำได้โดยการจัดกลุ่มตามอายุแบบเดียวกับชุดข้อมูลที่ใช้สร้างตัวแบบ NLMR ซึ่งอาจจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากเดิม



1594921123

CU Thesais 5970203821 thesais / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

บรรณานุกรม

1. นุสรรา บัญญัติปิยพจน์. สมาคมประกันชีวิตไทย เผยธุรกิจประกันชีวิตปี 60 โตร้อยละ 5.89 คาดปี 61 โตต่อเนื่องร้อยละ 4-6. 2561; สืบค้นจาก:
http://www.tlaa.org/2012/enews_info_de.php?present_id=11&present_detail_id=335#.WzzmCtIzY2w.
2. สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย. สถิติธุรกิจประกันชีวิตรายปี. 2558; สืบค้นจาก: <http://www.oic.or.th/th/industry/statistic/data/32/2>.
3. อภิรักษ์ ไทพัฒน์กุล, ตารางชีพกับการประกันชีวิต. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์, 2536. 33(1): p. 94-104.
4. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข, สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2559. 2560, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 230.
5. Danesi, I.L., S. Haberman, and P. Millosovich, *Forecasting mortality in subpopulations using Lee-Carter type models: A comparison*. Insurance: Mathematics and Economics, 2015. 62: p. 151-161.
6. Lee, R.D. and L.R. Carter, *Modeling and forecasting US mortality*. Journal of the American statistical association, 1992. 87(419): p. 659-671.
7. Brouhns, N., M. Denuit, and J.K. Vermunt, *A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables*. Insurance: Mathematics and economics, 2002. 31(3): p. 373-393.
8. Chen, R.Y. and P. Millosovich, *Sex-specific mortality forecasting for UK countries: a coherent approach*. European Actuarial Journal, 2018. 8(1): p. 69-95.
9. จันทิธา บุญมหาสิทธิ์ and สำรวม จงเจริญ, การเปรียบเทียบการใช้ตัวแบบอัตราฆณะเพื่อการพยากรณ์ อัตราฆณะโดยข้อมูลจากประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559. 24(6): p. 873-883.
10. Yasungnoen, N. and P. Sattayatham, *Forecasting Thai Mortality by Using the Lee-Carter Model*. Asia-Pacific Journal of Risk and Insurance, 2016. 10(1): p. 91-105.
11. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. การแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์. 2559; สืบค้นจาก:

- <http://www.royin.go.th/?knowledges=การแบ่งภูมิภาคทางภูมิเศ.>
12. กัลยา วานิชย์บัญชา, การวิเคราะห์สถิติ : สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. 2539.
 13. Reid, R.D. and N.R. Sanders, *Operations Management: An Integrated Approach*. 4 ed. 2010: Wiley.
 14. Press, W.H., et al., *Numerical recipes in FORTRAN (2nd ed.): the art of scientific computing*. 1992: Cambridge University Press. 963.
 15. Gander, W., M.J. Gander, and F. Kwok, *Scientific Computing - An Introduction using Maple and MATLAB*. 2014: Springer Publishing Company, Incorporated. 905.
 16. Roughgarden, T. and G. Valiant. *The Singular Value Decomposition (SVD) and Low-Rank Matrix Approximations*. 2015; Available from: <http://theory.stanford.edu/~tim/s15/L/L9.pdf>.
 17. ระพีพรรณ พิริยะกุล, ทฤษฎีสถิติ 1. 2543, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 236.
 18. มนต์ชัย ดวงจินดา. โมเดลเชิงเส้นและการประมาณค่า. สืบค้นจาก: <https://ag2.kku.ac.th/eLearning/137753/Doc%5CChapter3.pdf>.
 19. อัครพงศ์ อ้นทอง. คู่มือการใช้โปรแกรม EViews เบื้องต้น : สำหรับการวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติ. 2550; สืบค้นจาก https://piboonrungraj.files.wordpress.com/2011/08/akarapong_handbook_eviews_basic_econometrics.pdf.
 20. Montgomery, D.C., L.A. Johnson, and J.S. Gardiner, *Forecasting and time series analysis*. 1990: McGraw-Hill.
 21. Hanke, J.E. and D.W. Wichern, *Business Forecasting*. 2009: Pearson/Prentice Hall.
 22. Beal, D.J. *Information Criteria Methods in SAS® for Multiple Linear Regression Models*. 2007; Available from: <https://analytics.ncsu.edu/sesug/2007/SA05.pdf>.
 23. Burnham, K.P. and D.R. Anderson, *Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection*. *Sociological Methods & Research*, 2004. 33(2): p. 261-304.
 24. Abraham, B. and J. Ledolter, *Introduction to Regression Modeling*. 2006: Thomson Brooks/Cole.



1594921123

CU IThesis 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

ภาคผนวก



1594921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21

ภาคผนวก ก

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF



ตารางที่ ก.1 ค่าพารามิเตอร์ $\alpha_{x,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

g	x	r						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	-7.461293	-7.670305	-7.477319	-7.706517	-7.736517	-7.451007	-7.457866
	2	-8.252453	-8.082939	-8.007200	-8.202786	-8.087490	-7.993464	-8.096749
	3	-8.224165	-7.992469	-7.788983	-7.990616	-7.956135	-7.817665	-8.042327
	4	-7.582351	-7.448968	-7.244451	-7.574265	-7.689311	-7.537907	-7.458240
	5	-7.226063	-7.427415	-7.021004	-7.519820	-7.779398	-7.403430	-7.381759
	6	-6.934489	-7.159014	-6.773275	-7.317940	-7.486424	-7.100070	-7.047935
	7	-6.742589	-6.838701	-6.539207	-6.851263	-7.082484	-6.753882	-6.701132
	8	-6.515855	-6.490460	-6.282631	-6.481829	-6.719379	-6.509088	-6.471562
	9	-6.218075	-6.139320	-6.008895	-6.193284	-6.366983	-6.290274	-6.188506
	10	-5.902670	-5.790651	-5.700455	-5.881973	-5.947829	-5.988996	-5.894555
	11	-5.548046	-5.439401	-5.392903	-5.516556	-5.510892	-5.660350	-5.554274
	12	-5.161660	-5.085185	-5.030562	-5.092708	-5.046147	-5.316987	-5.194676
	13	-4.755462	-4.631112	-4.630560	-4.569812	-4.542845	-4.913848	-4.754473
	14	-4.316813	-4.207786	-4.239367	-4.049924	-4.085877	-4.480441	-4.339239
	15	-3.808330	-3.721103	-3.783017	-3.545992	-3.615582	-3.985372	-3.822949
	16	-3.271555	-3.209529	-3.294150	-3.050709	-3.126215	-3.447793	-3.305020
	17	-2.750486	-2.672243	-2.765474	-2.576398	-2.619846	-2.918715	-2.770277
	18	-2.204528	-2.156789	-2.277873	-2.101156	-2.138708	-2.410541	-2.247356
	19	-1.751456	-1.757058	-1.839991	-1.743658	-1.735660	-1.989825	-1.839730
	20	-1.599871	-1.563498	-1.657336	-1.611112	-1.587860	-1.899733	-1.669134



ตารางที่ ก.1 ค่าพารามิเตอร์ $\alpha_{x,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF (ต่อ)

g	x	r						
		1	2	3	4	5	6	7
2	1	-7.244718	-7.298757	-7.106225	-7.515760	-7.430304	-7.124556	-7.180361
	2	-8.018527	-7.743123	-7.630654	-7.869280	-7.633890	-7.606013	-7.768274
	3	-7.719829	-7.427526	-7.283383	-7.647310	-7.520838	-7.323210	-7.453913
	4	-6.362733	-6.377513	-6.128047	-6.456674	-6.577009	-6.368399	-6.469054
	5	-6.059404	-6.330685	-5.895939	-6.300898	-6.522918	-6.270758	-6.433884
	6	-5.827440	-6.171651	-5.679915	-6.158054	-6.399889	-6.077478	-6.234084
	7	-5.666700	-5.843218	-5.512145	-5.762262	-6.081728	-5.812754	-5.945647
	8	-5.436704	-5.513628	-5.294762	-5.402498	-5.740857	-5.593012	-5.595874
	9	-5.223113	-5.230360	-5.076273	-5.145936	-5.456994	-5.382271	-5.342849
	10	-4.988470	-4.946047	-4.839443	-4.924636	-5.164853	-5.130364	-5.089253
	11	-4.728925	-4.696350	-4.576740	-4.682310	-4.809627	-4.845309	-4.799473
	12	-4.430510	-4.399149	-4.303309	-4.406235	-4.462353	-4.525448	-4.485117
	13	-4.106320	-4.072324	-4.011574	-4.049714	-4.071403	-4.198820	-4.165871
	14	-3.762820	-3.728334	-3.706750	-3.660503	-3.682384	-3.833740	-3.804588
	15	-3.354794	-3.306343	-3.308409	-3.241082	-3.291700	-3.430955	-3.400817
	16	-2.901127	-2.874592	-2.924393	-2.826474	-2.865762	-3.002712	-2.964213
	17	-2.492330	-2.441562	-2.505911	-2.390744	-2.431650	-2.589755	-2.521398
	18	-2.125582	-2.028504	-2.128818	-2.007357	-2.031992	-2.196463	-2.126999
	19	-1.956297	-1.797614	-1.885129	-1.719557	-1.767068	-1.964449	-1.893676
	20	-2.252728	-1.889508	-2.062180	-1.841129	-1.807675	-2.048420	-2.062996

ตารางที่ ก.2 ค่าพารามิเตอร์ b_x ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

x	b_x
1	0.077266
2	0.12374
3	0.035607
4	0.039619
5	0.051135
6	0.074817
7	0.082805
8	0.029577
9	0.006016
10	0.01177
11	0.009855
12	0.025423
13	0.038877
14	0.046238
15	0.043246
16	0.050687
17	0.05654
18	0.062863
19	0.060514
20	0.073404

ตารางที่ ก.3 ค่าพารามิเตอร์ $b_{x,g}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

x	g	
	1	2
1	0.007360	0.027023
2	-0.024776	-0.185734
3	0.088153	0.163728
4	-0.060969	0.369241
5	0.037212	0.224392
6	0.189875	0.237272
7	0.186172	0.224688
8	0.136855	0.138041
9	0.109670	0.208021
10	0.085600	0.163111
11	0.117035	0.081431
12	0.156285	0.242528
13	0.091895	0.163067
14	0.039640	-0.018448
15	0.056172	0.022568
16	-0.002791	-0.030363
17	0.012069	-0.062957
18	-0.033132	-0.205915
19	-0.056324	-0.272625
20	-0.136001	-0.489068



ตารางที่ ก.4 ค่าพารามิเตอร์ $b_{x,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

g	x	r						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.127625	0.139559	4.932219	-0.013682	0.033117	0.360873	0.072340
	2	0.293804	0.159803	2.653284	-0.043919	0.245123	0.295776	0.340284
	3	0.076390	-0.125562	-1.578911	0.082895	0.215629	-0.463291	-0.547454
	4	-0.066090	-0.094423	-1.237852	0.111533	0.310140	-0.414823	0.423750
	5	0.229108	0.036927	-1.663439	-0.029786	0.349001	-0.299791	0.577362
	6	-0.029181	-0.167861	0.450831	0.094923	0.204127	-0.113508	0.451945
	7	-0.186782	0.015515	-0.626039	0.246450	-0.013542	0.353978	0.284122
	8	-0.109401	0.054460	-1.029865	0.128191	-0.108388	0.013090	0.723982
	9	-0.012557	0.063363	1.134115	0.066312	-0.080387	0.192619	-0.003199
	10	-0.061990	0.008819	-1.081577	0.099433	-0.049106	0.072660	-0.107061
	11	-0.033765	0.007429	-0.686861	0.083866	-0.189917	0.229507	-0.042171
	12	-0.085732	0.000621	-2.174895	0.092819	-0.168864	0.294122	0.078950
	13	-0.033440	0.063164	-1.198624	0.099806	-0.100796	0.278855	-0.249577
	14	0.118468	0.073688	-0.639209	0.057823	-0.010425	0.100340	-0.168461
	15	0.139812	0.014220	-1.199797	-0.024843	0.078751	0.066707	-0.076392
	16	0.144167	0.050360	-0.307968	-0.008164	-0.004069	0.152293	-0.133135
	17	0.127161	0.085098	-1.035056	-0.020695	0.090984	0.005310	0.036923
	18	0.225239	0.113086	1.527008	-0.011873	0.027531	0.102845	-0.295099
	19	0.197077	0.199311	3.150133	-0.007893	0.109601	0.164029	-0.080657
	20	-0.059911	0.302422	1.612504	-0.003197	0.061491	-0.391590	-0.286453

ตารางที่ ก.4 ค่าพารามิเตอร์ $b_{x,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF (ต่อ)

g	x	r						
		1	2	3	4	5	6	7
2	1	0.153229	0.171744	-0.240372	0.054302	0.034905	-0.068680	0.179110
	2	0.174049	-0.092430	-0.120788	-1.199247	0.010919	-0.177516	0.342510
	3	0.009726	0.148110	-0.247362	-3.399600	0.061491	0.090174	-0.082492
	4	0.064450	0.032055	-0.589561	-0.909449	-0.046542	0.203522	0.092393
	5	0.123134	0.018997	-0.209998	0.002674	0.075357	0.243254	0.124069
	6	0.086268	0.031856	-0.207376	-1.124759	0.123449	0.275610	0.035433
	7	0.118087	0.045592	0.138629	0.191694	0.137079	0.324985	0.012640
	8	0.044909	0.024955	-0.079609	0.060110	0.119754	0.262059	-0.152418
	9	0.038247	0.092919	-0.081642	-0.247186	0.098803	0.283388	0.005459
	10	0.008855	0.070204	-0.030264	0.355994	0.034996	0.109965	0.017535
	11	0.004246	0.111937	0.635972	0.288134	0.022836	0.000744	0.089876
	12	-0.031316	0.023388	0.761320	-0.063422	0.017367	-0.019472	0.051153
	13	-0.010309	0.113632	0.954356	-0.186261	0.008942	-0.071790	0.137184
	14	0.032557	0.060493	0.544463	-0.111086	0.028828	-0.070401	0.158555
	15	0.031437	0.016661	0.789326	0.289981	0.022342	-0.011996	0.090949
	16	0.067824	0.015964	0.139474	0.869109	0.018529	-0.067541	0.060933
	17	0.067914	0.034733	0.087562	0.968791	0.049603	-0.055418	-0.020555
	18	0.020906	0.045127	-0.042231	1.376828	0.059592	-0.104910	0.053574
	19	0.002749	0.086843	0.203870	1.931482	0.054360	-0.101520	0.034966
	20	-0.006963	-0.052779	-1.405770	1.871911	0.067391	-0.044455	-0.230876

ตารางที่ ก.5 ตัวแบบพยากรณ์ k_t , $k_{t,g}$ และ $k_{t,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

Parameter	Model	Coefficient		s.e.	σ^2	
		drift				
$k_{t,g}$	k_t	ARIMA(0,1,0) with drift	-0.3311	0.1222	0.1511	
		ARIMA(1,2,0)	-0.6845	0.2126	0.0188	
	$k_{t,g,r}$	F	ARIMA(0,0,0) with zero mean	-	-	0.0115
			ARIMA(1,1,0) with drift	-0.7193	0.2163	0.0079
		F	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0408
		F	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0002
		F	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0608
		F	ARIMA(0,1,0) with drift	0.0501	0.0233	0.0055
		F	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0050
		F	ARIMA(0,0,0) with zero mean	-	-	0.0175
		M	ARIMA(0,1,0) with drift	-0.1590	0.0535	0.0289
		M	ARIMA(0,0,0) with zero mean	-	-	0.1059
		M	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0015
		M	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0005
		M	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.1008
		M	ARIMA(0,1,0) with drift	-0.0935	0.0337	0.0115
M	ARIMA(0,1,0)	-	-	0.0933		

ตารางที่ ก.6 ค่าพารามิเตอร์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

t	x
1	1.550858
2	1.221624
3	1.150302
4	0.467889
5	0.739722
6	0.142048
7	-0.605948
8	-1.032380
9	-1.639910
10	-1.996088
11	-1.758432
12	-2.089550
13	-2.420667
14	-2.751784
15	-3.082902
16	-3.414019
17	-3.745137

ตารางที่ ก.7 ค่าพารามิเตอร์ $k_{t,g}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

t	g	
	1	2
1	0.685088	0.000000
2	0.421458	0.000000
3	0.141540	0.000000
4	-0.173846	0.000000
5	-0.325706	0.000000
6	-0.437336	0.000000
7	-0.273725	0.000000
8	-0.216402	0.000000
9	-0.088120	0.000000
10	-0.099448	0.000000
11	-0.283933	0.000000
12	-0.323550	0.000000
13	-0.388839	0.000000
14	-0.436555	0.000000
15	-0.496300	0.000000
16	-0.547811	0.000000
17	-0.604959	0.000000

ตารางที่ ก.8 ค่าพารามิเตอร์ $k_{t,g,r}$ ที่ได้จากตัวแบบ 2-TACF

g	t	r						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.395023	-0.080427	0.026147	0.649411	-0.221249	-0.202385	0.000000
	2	0.280591	-0.080507	0.026174	0.650061	-0.171465	-0.202588	0.000000
	3	0.213312	0.045900	0.002536	0.573710	-0.171835	-0.162729	0.000000
	4	0.035262	0.210239	0.004291	0.235341	-0.136646	-0.065443	0.000000
	5	-0.020723	0.481484	0.016385	0.393157	-0.027769	-0.057175	0.000000
	6	-0.039500	0.186818	0.015320	0.380194	-0.035678	0.002333	0.000000
	7	-0.096140	0.106167	0.011961	-0.043145	0.003517	0.035829	0.000000
	8	-0.132278	-0.116141	-0.000647	-0.328625	0.121684	0.060155	0.000000
	9	-0.300808	-0.300018	-0.024541	-0.498312	0.281126	0.176234	0.000000
	10	-0.275447	-0.394377	-0.024005	-0.775526	0.358586	0.167526	0.000000
	11	-0.385980	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.279036	0.045857	0.000000
	12	-0.434807	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.329092	0.045857	0.000000
	13	-0.521461	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.379147	0.045857	0.000000
	14	-0.580906	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.429203	0.045857	0.000000
	15	-0.659922	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.479259	0.045857	0.000000
	16	-0.724861	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.529314	0.045857	0.000000
	17	-0.799925	-0.139564	-0.027473	-0.586854	0.579370	0.045857	0.000000

ภาคผนวก ข

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD



1594921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21



ตารางที่ ข.1 ค่าพารามิเตอร์ α_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD

Gender	Age Group	Region								
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West		
Female	1	-7.465672	-7.673299	-7.492277	-7.717476	-7.736946	-7.452276	-7.459849		
	2	-8.265121	-8.095438	-8.017679	-8.228010	-8.080760	-7.990587	-8.092088		
	3	-8.232828	-7.996039	-7.802457	-8.011106	-7.954016	-7.829205	-8.061738		
	4	-7.582001	-7.450336	-7.245334	-7.582059	-7.687852	-7.542445	-7.473266		
	5	-7.234054	-7.428974	-7.021932	-7.520721	-7.778796	-7.409707	-7.394181		
	6	-6.943724	-7.162395	-6.787296	-7.338139	-7.489470	-7.108294	-7.060483		
	7	-6.743311	-6.846874	-6.543144	-6.887109	-7.092793	-6.756998	-6.710274		
	8	-6.517617	-6.493500	-6.285451	-6.496681	-6.725603	-6.511480	-6.476571		
	9	-6.220153	-6.141849	-6.010164	-6.201073	-6.367516	-6.290990	-6.192905		
	10	-5.902696	-5.790765	-5.700998	-5.887752	-5.946325	-5.989045	-5.895159		
	11	-5.547283	-5.439437	-5.392500	-5.517365	-5.508364	-5.661461	-5.554268		
	12	-5.160077	-5.083727	-5.031353	-5.086894	-5.044466	-5.317581	-5.194133		
	13	-4.753168	-4.629622	-4.631224	-4.560494	-4.540532	-4.916565	-4.752252		
	14	-4.315535	-4.207861	-4.239716	-4.047786	-4.084926	-4.481793	-4.339648		
	15	-3.807957	-3.721480	-3.783258	-3.546550	-3.615712	-3.985476	-3.823223		
	16	-3.269566	-3.209100	-3.294841	-3.050894	-3.126363	-3.448574	-3.305518		
	17	-2.747487	-2.671179	-2.766496	-2.577666	-2.621657	-2.918199	-2.769817		
	18	-2.198158	-2.155209	-2.276733	-2.103662	-2.140608	-2.412964	-2.245974		
	19	-1.747381	-1.753425	-1.835370	-1.746665	-1.741044	-1.993227	-1.840535		
	20	-1.607404	-1.561140	-1.656954	-1.613441	-1.593746	-1.898305	-1.659187		

ตารางที่ ข.1 ค่าพารามิเตอร์ α_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD (ต่อ)

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Male	1	-7.25937	-7.309108	-7.112134	-7.527421	-7.428405	-7.124979	-7.180989	
	2	-8.042486	-7.753140	-7.640877	-7.890817	-7.635348	-7.606289	-7.761945	
	3	-7.721718	-7.430745	-7.290919	-7.674074	-7.517938	-7.324995	-7.456974	
	4	-6.364045	-6.378437	-6.130026	-6.460798	-6.577949	-6.372903	-6.470172	
	5	-6.064858	-6.333090	-5.898857	-6.301809	-6.521889	-6.274797	-6.435350	
	6	-5.834687	-6.169969	-5.680167	-6.160968	-6.391172	-6.084148	-6.232793	
	7	-5.672961	-5.842059	-5.510251	-5.760497	-6.073223	-5.821006	-5.944337	
	8	-5.438240	-5.513525	-5.295137	-5.402631	-5.738669	-5.596706	-5.598741	
	9	-5.223577	-5.230348	-5.076611	-5.147256	-5.460065	-5.383583	-5.343487	
	10	-4.988703	-4.946656	-4.840076	-4.924093	-5.167221	-5.129773	-5.090319	
	11	-4.729214	-4.699246	-4.581132	-4.682479	-4.811114	-4.846395	-4.802629	
	12	-4.433068	-4.400922	-4.308581	-4.406992	-4.463930	-4.527053	-4.487886	
	13	-4.108682	-4.075005	-4.017943	-4.050599	-4.072042	-4.201826	-4.171142	
	14	-3.762450	-3.728987	-3.708717	-3.659766	-3.683296	-3.834650	-3.806741	
	15	-3.354516	-3.306607	-3.309621	-3.240933	-3.292323	-3.431097	-3.401479	
	16	-2.898167	-2.874714	-2.924593	-2.826249	-2.866149	-3.003493	-2.965114	
	17	-2.485768	-2.440477	-2.506869	-2.393156	-2.434931	-2.587610	-2.520502	
	18	-2.122137	-2.026217	-2.125701	-2.011753	-2.034161	-2.199325	-2.124907	
	19	-1.954313	-1.792235	-1.882266	-1.728067	-1.768180	-1.965718	-1.888567	
	20	-2.249281	-1.875747	-2.052689	-1.845456	-1.805769	-2.044030	-2.046227	

ตารางที่ ข.2 ค่าพารามิเตอร์ b_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Female	1	-0.267044	-0.172823	-0.473815	-0.225700	-0.255512	-0.199510	-0.174213	
	2	-0.473780	-0.546310	-0.455017	-0.370058	-0.301587	-0.310305	-0.222081	
	3	-0.172365	-0.063663	-0.229920	-0.228244	-0.064688	-0.374739	-0.268645	
	4	-0.074237	-0.066957	-0.048011	-0.194860	0.096615	-0.267888	0.060627	
	5	-0.339504	-0.133592	-0.120161	-0.088616	-0.034273	-0.312339	-0.261822	
	6	-0.323413	-0.208721	-0.382013	-0.363286	-0.309465	-0.412217	-0.417497	
	7	-0.251105	-0.366801	-0.304727	-0.523031	-0.459385	-0.325923	-0.415374	
	8	-0.126160	-0.167454	-0.163215	-0.252378	-0.285042	-0.199998	-0.071468	
	9	-0.093652	-0.096599	-0.115209	-0.131602	-0.149823	-0.056180	-0.147319	
	10	-0.059945	-0.070102	-0.056214	-0.155648	-0.136245	-0.066197	-0.016248	
	11	-0.090310	-0.043177	-0.049897	-0.156157	-0.228473	-0.029420	-0.044756	
	12	-0.127413	-0.137701	-0.067127	-0.209609	-0.311433	-0.088175	-0.186581	
	13	-0.160703	-0.164461	-0.087282	-0.219681	-0.272796	-0.074394	-0.197213	
	14	-0.219646	-0.182448	-0.139544	-0.170049	-0.187141	-0.147439	-0.126824	
	15	-0.224028	-0.163710	-0.100864	-0.095923	-0.166990	-0.159887	-0.126892	
	16	-0.205322	-0.188089	-0.131096	-0.101035	-0.180688	-0.121102	-0.167028	
	17	-0.218397	-0.229139	-0.142349	-0.109597	-0.163276	-0.203372	-0.190964	
	18	-0.263321	-0.233662	-0.189704	-0.104060	-0.181000	-0.153858	-0.211090	
	19	-0.213352	-0.278697	-0.253135	-0.095028	-0.105806	-0.105989	-0.181055	
	20	-0.066680	-0.311106	-0.187651	-0.081504	-0.101115	-0.279396	-0.390411	

ตารางที่ ข.2 ค่าพารามิเตอร์ b_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD (ต่อ)

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Male	1	-0.354251	-0.411668	-0.220182	-0.303036	-0.244433	-0.227398	-0.258612	
	2	-0.568255	-0.489950	-0.574744	-0.655988	-0.594803	-0.352828	-0.201512	
	3	-0.085770	-0.098486	-0.179090	-0.395569	-0.001281	-0.146215	-0.033574	
	4	-0.119396	-0.143156	-0.117906	-0.227310	-0.180007	-0.225385	0.200145	
	5	-0.237210	-0.216038	-0.136624	-0.153731	-0.014326	-0.302349	-0.115842	
	6	-0.274416	-0.191704	-0.236959	-0.246141	0.010306	-0.369311	-0.246127	
	7	-0.333368	-0.225829	-0.204982	-0.200357	-0.042064	-0.440630	-0.230321	
	8	-0.117238	-0.074187	-0.075112	-0.097168	0.144593	-0.263811	-0.183939	
	9	-0.039612	-0.001046	0.011882	-0.045627	0.222902	-0.187285	-0.010206	
	10	-0.027281	-0.035236	-0.014797	-0.023953	0.052804	-0.095237	-0.011049	
	11	-0.025124	0.022359	0.050840	-0.006077	0.019671	-0.011455	0.076703	
	12	-0.015215	-0.017078	0.053649	-0.065080	-0.032033	-0.027689	-0.010581	
	13	-0.074009	-0.091811	-0.000541	-0.108285	-0.117779	-0.053565	-0.050034	
	14	-0.155837	-0.109756	-0.070181	-0.163805	-0.165614	-0.108413	-0.106188	
	15	-0.146926	-0.150828	-0.067055	-0.119834	-0.142409	-0.131560	-0.117995	
	16	-0.206385	-0.158846	-0.176626	-0.098353	-0.214323	-0.133485	-0.155752	
	17	-0.235807	-0.201232	-0.190279	-0.124921	-0.185435	-0.149577	-0.263552	
	18	-0.199216	-0.231686	-0.248465	-0.119267	-0.256548	-0.148085	-0.309219	
	19	-0.188301	-0.280560	-0.228173	-0.079249	-0.298401	-0.165645	-0.309816	
	20	-0.213679	-0.420692	-0.506253	-0.173989	-0.424761	-0.305836	-0.609278	

ตารางที่ ข.3 ตัวแบบพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD

Gender	Region	Model	Coefficient		s.e.	sigma^2
			drift			
F	BKK	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.1257	0.0520	0.0274
M	BKK	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.1406	0.0564	0.0322
F	CEN	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.0960	0.0453	0.0208
M	CEN	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0496
F	E	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.1311	0.0555	0.0312
M	E	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0416
F	N	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.1027
M	N	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0560
F	NE	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.1029	0.0307	0.0096
M	NE	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0339
F	S	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0347
M	S	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	0.1022	0.0372	0.0140
F	W	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0743
M	W	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.0563

ตารางที่ ข.4 ค่าพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD

Gender	Year	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Female	1	-0.763093	-0.494013	-0.646609	-0.799717	-0.487494	-0.600448	-0.465306	
	2	-0.638328	-0.398641	-0.516245	-0.800517	-0.385178	-0.601049	-0.465772	
	3	-0.327002	-0.295010	-0.500205	-0.667923	-0.345489	-0.274612	-0.529369	
	4	-0.173863	-0.229262	-0.026572	-0.185675	-0.143218	-0.279900	0.015766	
	5	-0.151307	-0.308084	0.077827	-0.378356	-0.155205	-0.254097	-0.391493	
	6	0.236192	-0.044560	-0.046931	-0.065885	0.084632	-0.023309	-0.207493	
	7	0.212977	0.194290	0.209558	0.012912	0.282548	-0.000845	0.070338	
	8	0.398405	0.383671	0.399205	0.308405	0.271843	0.304848	0.352318	
	9	0.607935	0.556090	0.413073	0.420016	0.426198	0.325789	0.432418	
	10	0.598972	0.636110	0.637678	0.902436	0.451955	0.489099	0.369776	
	11	0.492562	0.465030	0.664039	0.454588	0.540988	0.314076	0.353511	
	12	0.618217	0.560993	0.795182	0.454588	0.643895	0.314076	0.353511	
	13	0.743871	0.656956	0.926325	0.454588	0.746802	0.314076	0.353511	
	14	0.869526	0.752920	1.057467	0.454588	0.849710	0.314076	0.353511	
	15	0.995180	0.848883	1.188610	0.454588	0.952617	0.314076	0.353511	
	16	1.120835	0.944846	1.319753	0.454588	1.055524	0.314076	0.353511	
	17	1.246489	1.040810	1.450895	0.454588	1.158432	0.314076	0.353511	



ตารางที่ ข.4 ค่าพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-SVD (ต่อ)

Gender	Year	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Male	1	-0.775128	-0.364486	-0.524331	-0.408144	-0.208691	-0.503194	-0.462102	
	2	-0.635463	-0.364851	-0.524855	-0.408553	-0.208900	-0.401615	-0.462565	
	3	-0.430654	-0.372198	-0.484786	-0.359585	-0.387209	-0.208887	-0.364166	
	4	-0.053903	-0.239372	-0.113485	-0.313049	-0.231370	-0.209364	-0.045644	
	5	-0.212899	-0.476043	-0.198153	-0.493171	-0.270436	-0.194661	-0.353838	
	6	0.146798	-0.223332	-0.093806	-0.077630	-0.143835	-0.033160	-0.141514	
	7	0.339871	0.012920	-0.041076	0.089747	0.241248	0.119090	0.049427	
	8	0.561288	0.140434	0.271309	0.415806	0.091832	0.263340	0.225227	
	9	0.507864	0.559112	0.387970	0.335615	0.275675	0.525429	0.462093	
	10	0.553142	0.603558	0.539415	0.564364	0.380473	0.643629	0.496153	
	11	0.629769	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	0.518046	0.134826	
	12	0.770351	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	0.620230	0.134826	
	13	0.910932	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	0.722415	0.134826	
	14	1.051513	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	0.824599	0.134826	
	15	1.192095	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	0.926784	0.134826	
	16	1.332676	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	1.028968	0.134826	
	17	1.473258	0.359773	0.257466	0.246457	0.252521	1.131153	0.134826	

ภาคผนวก ค

ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ LC-MLE



1594921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / rcv: 02082562 03:28:15 / seq: 21



ตารางที่ ค.1 ค่าพารามิเตอร์ α_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Female	1	-7.463824	-7.667837	-7.487753	-7.707467	-7.735318	-7.449350	-7.454807	
	2	-8.261750	-8.091112	-8.10310	-8.198558	-8.079896	-7.987580	-8.087112	
	3	-8.227607	-7.990289	-7.793077	-8.002622	-7.953636	-7.826860	-8.047900	
	4	-7.581539	-7.448128	-7.243723	-7.579362	-7.687141	-7.540686	-7.456007	
	5	-7.231348	-7.426691	-7.020509	-7.519108	-7.777411	-7.405993	-7.382997	
	6	-6.942432	-7.158490	-6.784477	-7.333785	-7.488617	-7.106685	-7.053943	
	7	-6.742896	-6.845005	-6.542767	-6.886456	-7.091986	-6.755401	-6.705902	
	8	-6.516687	-6.492748	-6.283920	-6.495064	-6.725381	-6.510641	-6.469938	
	9	-6.218929	-6.141242	-6.009034	-6.200740	-6.367116	-6.290163	-6.190512	
	10	-5.902464	-5.790752	-5.700239	-5.887632	-5.946247	-5.988775	-5.894645	
	11	-5.546795	-5.439173	-5.392012	-5.516871	-5.508207	-5.660946	-5.553938	
	12	-5.160073	-5.084531	-5.031393	-5.086924	-5.044145	-5.317368	-5.193164	
	13	-4.753190	-4.629626	-4.631334	-4.560645	-4.540656	-4.916077	-4.751856	
	14	-4.314769	-4.207267	-4.239346	-4.049186	-4.085474	-4.480747	-4.339345	
	15	-3.807760	-3.721588	-3.783174	-3.546125	-3.615440	-3.985518	-3.822924	
	16	-3.269542	-3.209238	-3.294539	-3.050363	-3.126004	-3.448402	-3.304969	
	17	-2.747267	-2.671044	-2.766587	-2.577091	-2.621372	-2.918189	-2.769986	
	18	-2.198445	-2.154767	-2.276122	-2.103511	-2.140491	-2.412895	-2.245462	
	19	-1.748765	-1.753569	-1.835097	-1.746220	-1.740471	-1.993171	-1.839924	
	20	-1.606954	-1.559420	-1.657053	-1.616153	-1.594857	-1.897878	-1.659328	

ตารางที่ ค.1 ค่าพารามิเตอร์ α_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE (ต่อ)

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Male	1	-7.25902	-7.30809	-7.105286	-7.514453	-7.427249	-7.123392	-7.178763	
	2	-8.034272	-7.748694	-7.636864	-7.885389	-7.634052	-7.601940	-7.758099	
	3	-7.719858	-7.426808	-7.283494	-7.666393	-7.516282	-7.324390	-7.451082	
	4	-6.362835	-6.378225	-6.127858	-6.461523	-6.577210	-6.371514	-6.466308	
	5	-6.062291	-6.331789	-5.895786	-6.300737	-6.521014	-6.274544	-6.432442	
	6	-5.833750	-6.169127	-5.679352	-6.158485	-6.389825	-6.083341	-6.231986	
	7	-5.672923	-5.841474	-5.509822	-5.760069	-6.072910	-5.820477	-5.942492	
	8	-5.437460	-5.513207	-5.294604	-5.402474	-5.738586	-5.596369	-5.596986	
	9	-5.223355	-5.230095	-5.076550	-5.147038	-5.459907	-5.383275	-5.342836	
	10	-4.988494	-4.946097	-4.840013	-4.924454	-5.167035	-5.129642	-5.089394	
	11	-4.729016	-4.697711	-4.580145	-4.682411	-4.810898	-4.845854	-4.801639	
	12	-4.432548	-4.400895	-4.308813	-4.406837	-4.464108	-4.527007	-4.487203	
	13	-4.108127	-4.073580	-4.017546	-4.051051	-4.072826	-4.201785	-4.169039	
	14	-3.762284	-3.728587	-3.708069	-3.660933	-3.683304	-3.834138	-3.805765	
	15	-3.354496	-3.306681	-3.309149	-3.240714	-3.292629	-3.430889	-3.400628	
	16	-2.898171	-2.874780	-2.924260	-2.825862	-2.866131	-3.003227	-2.964906	
	17	-2.486567	-2.440603	-2.506144	-2.392553	-2.434411	-2.587144	-2.520566	
	18	-2.123132	-2.025869	-2.125598	-2.011773	-2.032874	-2.199465	-2.124076	
	19	-1.955208	-1.791821	-1.883542	-1.726320	-1.765755	-1.965855	-1.890037	
	20	-2.251527	-1.877491	-2.049356	-1.847620	-1.803146	-2.046179	-2.049722	

ตารางที่ ค.2 ค่าพารามิเตอร์ b_x ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE

Gender	Age Group	Region							
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West	
Female	1	0.068888	0.048101	0.119996	0.051115	0.063836	0.052782	0.048469	
	2	0.117808	0.132894	0.114130	0.062674	0.076550	0.073347	0.048893	
	3	0.041711	0.016137	0.056003	0.054261	0.016319	0.089652	0.067754	
	4	0.013920	0.023131	0.012542	0.046104	-0.023983	0.065839	-0.006305	
	5	0.080605	0.034922	0.030723	0.025460	0.005330	0.072275	0.058252	
	6	0.081129	0.058918	0.106985	0.093397	0.081183	0.107496	0.098789	
	7	0.062436	0.095101	0.086566	0.143983	0.120864	0.086913	0.101244	
	8	0.030923	0.043219	0.043725	0.067940	0.074416	0.050549	-0.000633	
	9	0.023055	0.024463	0.029354	0.033904	0.039709	0.014158	0.039042	
	10	0.015325	0.017414	0.011956	0.043551	0.034778	0.014543	0.006291	
	11	0.021160	0.011200	0.014315	0.041220	0.058529	0.004306	0.013669	
	12	0.031659	0.034612	0.014305	0.057467	0.080251	0.018729	0.047528	
	13	0.038944	0.043217	0.027172	0.059492	0.070834	0.019754	0.056771	
	14	0.054997	0.047172	0.036897	0.046982	0.050482	0.037774	0.042956	
	15	0.057399	0.042366	0.026064	0.026991	0.043463	0.042974	0.037406	
	16	0.052529	0.048689	0.036021	0.027504	0.049962	0.033825	0.048115	
	17	0.057321	0.059648	0.038518	0.030609	0.043379	0.055587	0.054765	
	18	0.068914	0.061989	0.057720	0.031224	0.050975	0.046930	0.068066	
	19	0.058858	0.072945	0.076682	0.028849	0.031394	0.035143	0.055286	
	20	0.022418	0.083861	0.060329	0.027272	0.031728	0.077424	0.113643	

ตารางที่ ค.3 ตัวแบบพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE

Gender	Region	Model	Coefficient		s.e.	sigma^2
			drift			
F	BKK	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.5171	0.1532	0.2375
M	BKK	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.4935	0.1316	0.1753
F	CEN	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.4951
M	CEN	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.4022
F	E	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.4398	0.1632	0.2696
M	E	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.3135	0.1228	0.1527
F	N	ARIMA(0,1,0) with drift		-0.5338	0.2380	0.5734
M	N	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.4696
F	NE	ARIMA(0,1,0) with drift		-0.4012	0.1294	0.1694
M	NE	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.1246
F	S	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.3665	0.1095	0.1215
M	S	ARIMA(0,1,0) with drift	drift	-0.4431	0.1107	0.1240
F	W	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.4002
M	W	ARIMA(0,1,0)	-	-	-	0.1704

ตารางที่ ค.4 ค่าพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE

Gender	Year	Region						
		BKK	Central	East	North	Northeast	South	West
Female	1	2.721928	1.571326	2.010870	2.876288	1.918187	1.790199	1.701270
	2	2.208033	1.572899	1.573496	2.345881	1.519276	1.425892	1.702973
	3	1.372592	1.578385	1.645142	1.934679	1.383370	1.031717	1.828592
	4	0.605319	1.147294	0.336363	0.576795	0.288243	0.998772	0.716230
	5	0.731985	1.713500	0.283089	1.006346	0.383765	0.575512	0.892823
	6	-0.485370	0.571143	0.376834	0.199372	-0.019583	-0.046998	0.584050
	7	-0.741453	-0.142576	-0.371536	-1.028078	-1.036025	-0.471429	0.003537
	8	-1.735466	-0.829219	-1.415608	-2.049826	-1.066741	-1.482110	-0.793828
	9	-2.050682	-1.796606	-2.057794	-2.504414	-1.480119	-1.721086	-1.865269
	10	-2.630130	-2.264130	-2.383309	-3.360457	-1.892694	-2.102627	-1.653035
	11	-2.446203	-1.550688	-2.384948	-2.458504	-2.091812	-1.872304	-1.416072
	12	-2.963340	-1.550688	-2.824776	-2.992325	-2.493044	-2.238770	-1.416072
	13	-3.480478	-1.550688	-3.264603	-3.526145	-2.894276	-2.605236	-1.416072
	14	-3.997615	-1.550688	-3.704430	-4.059966	-3.295508	-2.971703	-1.416072
	15	-4.514752	-1.550688	-4.144257	-4.593787	-3.696740	-3.338169	-1.416072
	16	-5.031890	-1.550688	-4.584084	-5.127607	-4.097972	-3.704635	-1.416072
	17	-5.549027	-1.550688	-5.023911	-5.661428	-4.499204	-4.071101	-1.416072

ตารางที่ ค.4 ค่าพยากรณ์ k_t ที่ได้จากตัวแบบ LC-MLE (ต่อ)

Gender	Year	Region						
		BKK	Central	East	North	NorthEast	South	West
Male	1	2.571992	1.209140	1.365471	1.439030	0.440399	2.179589	0.996752
	2	2.081601	1.210350	1.053674	1.440470	0.440840	1.739088	0.997750
	3	1.542409	1.459480	1.183160	1.294226	0.825782	0.819848	1.001170
	4	0.514287	1.028783	0.233386	0.889631	0.481564	0.653422	0.620882
	5	0.650308	1.533479	0.178923	1.659087	0.575918	0.431701	0.580377
	6	-0.229773	0.657088	0.201888	0.350220	0.389709	-0.020296	0.554383
	7	-1.031591	0.098033	-0.082740	-0.356369	-0.194766	-0.374914	0.243394
	8	-1.772180	-0.593229	-0.830833	-1.227236	-0.019791	-1.100246	-0.332779
	9	-1.921756	-1.788629	-1.481251	-1.497503	-0.526941	-1.874022	-1.243947
	10	-2.408366	-1.960849	-1.823359	-1.591302	-0.945030	-2.456796	-1.376363
	11	-2.359531	-1.644506	-1.767627	-0.961225	-1.027284	-2.249048	-1.044867
	12	-2.852991	-1.644506	-2.081105	-0.961225	-1.027284	-2.692175	-1.044867
	13	-3.346450	-1.644506	-2.394583	-0.961225	-1.027284	-3.135301	-1.044867
	14	-3.839909	-1.644506	-2.708061	-0.961225	-1.027284	-3.578427	-1.044867
	15	-4.333368	-1.644506	-3.021539	-0.961225	-1.027284	-4.021554	-1.044867
	16	-4.828827	-1.644506	-3.335017	-0.961225	-1.027284	-4.464680	-1.044867
	17	-5.320287	-1.644506	-3.648495	-0.961225	-1.027284	-4.907806	-1.044867

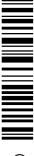
ภาคผนวก ง

คำพยากรณ์อัตราณณะปี พ.ศ. 2560-2566



1594921123

CU ThesIs 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21



ตารางที่ ง.1 ค่าพยากรณ์อัตราเงินจากตัวแบบ LC-SVD

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
BKK	1-4	0.000469	0.000511	0.000454	0.000486	0.000439	0.000463	0.000424	0.000440	0.000410	0.000419
	5-9	0.000181	0.000192	0.000170	0.000177	0.000161	0.000163	0.000151	0.000151	0.000143	0.000139
	10-14	0.000234	0.000410	0.000229	0.000405	0.000224	0.000400	0.000219	0.000395	0.000214	0.000391
	15-19	0.000482	0.001545	0.000478	0.001519	0.000473	0.001494	0.000469	0.001469	0.000465	0.001445
	20-24	0.000561	0.001872	0.000537	0.001810	0.000515	0.001751	0.000493	0.001693	0.000473	0.001638
	25-29	0.000758	0.002278	0.000728	0.002191	0.000699	0.002108	0.000671	0.002029	0.000645	0.001952
	30-34	0.000978	0.002537	0.000948	0.002421	0.000918	0.002310	0.000890	0.002205	0.000862	0.002104
	35-39	0.001345	0.003907	0.001324	0.003843	0.001303	0.003780	0.001282	0.003718	0.001262	0.003658
	40-44	0.001855	0.005197	0.001833	0.005168	0.001812	0.005140	0.001791	0.005111	0.001770	0.005083
	45-49	0.002613	0.006647	0.002593	0.006622	0.002574	0.006596	0.002555	0.006571	0.002535	0.006546
	50-54	0.003645	0.008634	0.003604	0.008603	0.003563	0.008573	0.003523	0.008543	0.003483	0.008512
	55-59	0.005222	0.011715	0.005139	0.011689	0.005058	0.011664	0.004977	0.011640	0.004898	0.011615
	60-64	0.007653	0.015358	0.007500	0.015199	0.007350	0.015042	0.007203	0.014886	0.007059	0.014732
	65-69	0.011346	0.020153	0.011037	0.019716	0.010736	0.019289	0.010444	0.018871	0.010160	0.018462
70-74	0.018787	0.030551	0.018265	0.029927	0.017758	0.029315	0.017265	0.028715	0.016786	0.028128	
75-79	0.032637	0.045677	0.031806	0.044370	0.030996	0.043102	0.030206	0.041869	0.029437	0.040672	
80-84	0.054479	0.067167	0.053004	0.064977	0.051569	0.062858	0.050173	0.060809	0.048815	0.058826	
85-89	0.091261	0.099898	0.088291	0.097139	0.085417	0.094456	0.082637	0.091847	0.079948	0.089311	
90-94	0.148661	0.119332	0.144729	0.116215	0.140900	0.113179	0.137173	0.110222	0.133544	0.107343	
95-99	0.190709	0.086819	0.189118	0.084250	0.187540	0.081757	0.185975	0.079337	0.184424	0.076990	

ตารางที่ ๓.1 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Central	1-4	0.000415	0.000577	0.000408	0.000577	0.000402	0.000577	0.000395	0.000577	0.000389	0.000577
	5-9	0.000213	0.000360	0.000202	0.000360	0.000192	0.000360	0.000182	0.000360	0.000173	0.000360
	10-14	0.000323	0.000572	0.000321	0.000572	0.000319	0.000572	0.000317	0.000572	0.000315	0.000572
	15-19	0.000556	0.001613	0.000553	0.001613	0.000549	0.001613	0.000546	0.001613	0.000542	0.001613
	20-24	0.000544	0.001644	0.000537	0.001644	0.000530	0.001644	0.000523	0.001644	0.000517	0.001644
	25-29	0.000676	0.001952	0.000662	0.001952	0.000649	0.001952	0.000636	0.001952	0.000624	0.001952
	30-34	0.000835	0.002676	0.000806	0.002676	0.000778	0.002676	0.000751	0.002676	0.000726	0.002676
	35-39	0.001356	0.003926	0.001334	0.003926	0.001313	0.003926	0.001292	0.003926	0.001271	0.003926
	40-44	0.002019	0.005350	0.002000	0.005350	0.001982	0.005350	0.001963	0.005350	0.001945	0.005350
	45-49	0.002918	0.007018	0.002899	0.007018	0.002879	0.007018	0.002860	0.007018	0.002841	0.007018
	50-54	0.004220	0.009176	0.004203	0.009176	0.004186	0.009176	0.004168	0.009176	0.004151	0.009176
	55-59	0.005661	0.012191	0.005586	0.012191	0.005513	0.012191	0.005441	0.012191	0.005369	0.012191
	60-64	0.008759	0.016440	0.008622	0.016440	0.008487	0.016440	0.008354	0.016440	0.008223	0.016440
	65-69	0.013198	0.023087	0.012969	0.023087	0.012743	0.023087	0.012522	0.023087	0.012305	0.023087
70-74	0.021731	0.034705	0.021392	0.034705	0.021059	0.034705	0.020730	0.034705	0.020407	0.034705	
75-79	0.035698	0.053298	0.035059	0.053298	0.034432	0.053298	0.033816	0.053298	0.033211	0.053298	
80-84	0.059504	0.081035	0.058210	0.081035	0.056944	0.081035	0.055705	0.081035	0.054494	0.081035	
85-89	0.099389	0.121290	0.097185	0.121290	0.095030	0.121290	0.092923	0.121290	0.090863	0.121290	
90-94	0.144205	0.150593	0.140400	0.150593	0.136695	0.150593	0.133087	0.150593	0.129575	0.150593	
95-99	0.171097	0.131717	0.166065	0.131717	0.161180	0.131717	0.156439	0.131717	0.151838	0.131717	

ตารางที่ ง.1 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
East	1-4	0.000359	0.000770	0.000338	0.000770	0.000317	0.000770	0.000298	0.000770	0.000280	0.000770
	5-9	0.000216	0.000414	0.000204	0.000414	0.000192	0.000414	0.000181	0.000414	0.000170	0.000414
	10-14	0.000330	0.000651	0.000321	0.000651	0.000311	0.000651	0.000302	0.000651	0.000293	0.000651
	15-19	0.000682	0.002111	0.000678	0.002111	0.000674	0.002111	0.000670	0.002111	0.000665	0.002111
	20-24	0.000798	0.002648	0.000786	0.002648	0.000773	0.002648	0.000761	0.002648	0.000749	0.002648
	25-29	0.000792	0.003211	0.000753	0.003211	0.000716	0.003211	0.000681	0.003211	0.000648	0.003211
	30-34	0.001086	0.003837	0.001043	0.003837	0.001002	0.003837	0.000963	0.003837	0.000925	0.003837
	35-39	0.001602	0.004920	0.001568	0.004920	0.001535	0.004920	0.001502	0.004920	0.001470	0.004920
	40-44	0.002205	0.006260	0.002172	0.006260	0.002140	0.006260	0.002108	0.006260	0.002076	0.006260
	45-49	0.003173	0.007876	0.003150	0.007876	0.003127	0.007876	0.003104	0.007876	0.003081	0.007876
	50-54	0.004345	0.010378	0.004317	0.010378	0.004289	0.010378	0.004261	0.010378	0.004233	0.010378
	55-59	0.006136	0.013640	0.006083	0.013640	0.006029	0.013640	0.005976	0.013640	0.005924	0.013640
	60-64	0.008986	0.017987	0.008884	0.017987	0.008783	0.017987	0.008683	0.017987	0.008584	0.017987
	65-69	0.012664	0.024070	0.012435	0.024070	0.012209	0.024070	0.011988	0.024070	0.011770	0.024070
	70-74	0.020719	0.035905	0.020447	0.035905	0.020178	0.035905	0.019913	0.035905	0.019652	0.035905
	75-79	0.032834	0.051300	0.032275	0.051300	0.031725	0.051300	0.031184	0.051300	0.030652	0.051300
80-84	0.055114	0.077625	0.054094	0.077625	0.053094	0.077625	0.052112	0.077625	0.051148	0.077625	
85-89	0.086082	0.111953	0.083966	0.111953	0.081903	0.111953	0.079891	0.111953	0.077928	0.111953	
90-94	0.126204	0.143558	0.122083	0.143558	0.118097	0.143558	0.114241	0.143558	0.110511	0.143558	
95-99	0.160288	0.112699	0.156392	0.112699	0.152590	0.112699	0.148881	0.112699	0.145262	0.112699	

ตารางที่ 3.1 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
North	1-4	0.000402	0.000499	0.000402	0.000499	0.000402	0.000499	0.000402	0.000499	0.000402	0.000499
	5-9	0.000226	0.000318	0.000226	0.000318	0.000226	0.000318	0.000226	0.000318	0.000226	0.000318
	10-14	0.000299	0.000422	0.000299	0.000422	0.000299	0.000422	0.000299	0.000422	0.000299	0.000422
	15-19	0.000466	0.001478	0.000466	0.001478	0.000466	0.001478	0.000466	0.001478	0.000466	0.001478
	20-24	0.000520	0.001765	0.000520	0.001765	0.000520	0.001765	0.000520	0.001765	0.000520	0.001765
	25-29	0.000551	0.001986	0.000551	0.001986	0.000551	0.001986	0.000551	0.001986	0.000551	0.001986
	30-34	0.000805	0.002998	0.000805	0.002998	0.000805	0.002998	0.000805	0.002998	0.000805	0.002998
	35-39	0.001345	0.004398	0.001345	0.004398	0.001345	0.004398	0.001345	0.004398	0.001345	0.004398
	40-44	0.001910	0.005750	0.001910	0.005750	0.001910	0.005750	0.001910	0.005750	0.001910	0.005750
	45-49	0.002584	0.007227	0.002584	0.007227	0.002584	0.007227	0.002584	0.007227	0.002584	0.007227
	50-54	0.003741	0.009242	0.003741	0.009242	0.003741	0.009242	0.003741	0.009242	0.003741	0.009242
	55-59	0.005616	0.011998	0.005616	0.011998	0.005616	0.011998	0.005616	0.011998	0.005616	0.011998
	60-64	0.009463	0.016953	0.009463	0.016953	0.009463	0.016953	0.009463	0.016953	0.009463	0.016953
	65-69	0.016162	0.024720	0.016162	0.024720	0.016162	0.024720	0.016162	0.024720	0.016162	0.024720
70-74	0.027594	0.037989	0.027594	0.037989	0.027594	0.037989	0.027594	0.037989	0.027594	0.037989	
75-79	0.045193	0.057816	0.045193	0.057816	0.045193	0.057816	0.045193	0.057816	0.045193	0.057816	
80-84	0.072260	0.088572	0.072260	0.088572	0.072260	0.088572	0.072260	0.088572	0.072260	0.088572	
85-89	0.116372	0.129880	0.116372	0.129880	0.116372	0.129880	0.116372	0.129880	0.116372	0.129880	
90-94	0.166983	0.174192	0.166983	0.174192	0.166983	0.174192	0.166983	0.174192	0.166983	0.174192	
95-99	0.191956	0.151323	0.191956	0.151323	0.191956	0.151323	0.191956	0.151323	0.191956	0.151323	

ตารางที่ ง.1 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Northeast	1-4	0.000361	0.000559	0.000351	0.000559	0.000342	0.000559	0.000333	0.000559	0.000325	0.000559
	5-9	0.000247	0.000416	0.000239	0.000416	0.000232	0.000416	0.000225	0.000416	0.000218	0.000416
	10-14	0.000335	0.000543	0.000332	0.000543	0.000330	0.000543	0.000328	0.000543	0.000326	0.000543
	15-19	0.000493	0.001329	0.000498	0.001329	0.000503	0.001329	0.000508	0.001329	0.000513	0.001329
	20-24	0.000408	0.001466	0.000407	0.001466	0.000405	0.001466	0.000404	0.001466	0.000402	0.001466
	25-29	0.000444	0.001681	0.000430	0.001681	0.000416	0.001681	0.000403	0.001681	0.000391	0.001681
	30-34	0.000590	0.002279	0.000562	0.002279	0.000537	0.002279	0.000512	0.002279	0.000488	0.002279
	35-39	0.000970	0.003339	0.000942	0.003339	0.000914	0.003339	0.000888	0.003339	0.000862	0.003339
	40-44	0.001535	0.004500	0.001511	0.004500	0.001488	0.004500	0.001465	0.004500	0.001443	0.004500
	45-49	0.002362	0.005777	0.002330	0.005777	0.002297	0.005777	0.002265	0.005777	0.002234	0.005777
	50-54	0.003417	0.008179	0.003338	0.008179	0.003260	0.008179	0.003184	0.008179	0.003110	0.008179
	55-59	0.005108	0.011424	0.004946	0.011424	0.004790	0.011424	0.004639	0.011424	0.004493	0.011424
	60-64	0.008702	0.016543	0.008461	0.016543	0.008226	0.016543	0.007999	0.016543	0.007777	0.016543
	65-69	0.014630	0.024110	0.014351	0.024110	0.014077	0.024110	0.013809	0.024110	0.013545	0.024110
	70-74	0.023744	0.035855	0.023340	0.035855	0.022942	0.035855	0.022551	0.035855	0.022167	0.035855
	75-79	0.038338	0.053919	0.037632	0.053919	0.036939	0.053919	0.036258	0.053919	0.035590	0.053919
80-84	0.064339	0.083596	0.063267	0.083596	0.062213	0.083596	0.061176	0.083596	0.060157	0.083596	
85-89	0.102717	0.122586	0.100821	0.122586	0.098961	0.122586	0.097135	0.122586	0.095342	0.122586	
90-94	0.162016	0.158257	0.160262	0.158257	0.158526	0.158257	0.156809	0.158257	0.155111	0.158257	
95-99	0.188387	0.147632	0.186436	0.147632	0.184507	0.147632	0.182597	0.147632	0.180707	0.147632	

ตารางที่ ๓.1 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
South	1-4	0.000545	0.000683	0.000545	0.000667	0.000545	0.000652	0.000545	0.000637	0.000545	0.000622
	5-9	0.000307	0.000385	0.000307	0.000372	0.000307	0.000359	0.000307	0.000346	0.000307	0.000334
	10-14	0.000354	0.000593	0.000354	0.000584	0.000354	0.000575	0.000354	0.000567	0.000354	0.000558
	15-19	0.000487	0.001451	0.000487	0.001418	0.000487	0.001385	0.000487	0.001354	0.000487	0.001323
	20-24	0.000549	0.001514	0.000549	0.001468	0.000549	0.001423	0.000549	0.001380	0.000549	0.001338
	25-29	0.000719	0.001745	0.000719	0.001680	0.000719	0.001618	0.000719	0.001558	0.000719	0.001501
	30-34	0.001050	0.002156	0.001050	0.002061	0.001050	0.001971	0.001050	0.001884	0.001050	0.001801
	35-39	0.001396	0.003066	0.001396	0.002985	0.001396	0.002905	0.001396	0.002828	0.001396	0.002753
	40-44	0.001821	0.004010	0.001821	0.003934	0.001821	0.003860	0.001821	0.003787	0.001821	0.003715
	45-49	0.002454	0.005524	0.002454	0.005471	0.002454	0.005418	0.002454	0.005365	0.002454	0.005314
	50-54	0.003445	0.007792	0.003445	0.007783	0.003445	0.007774	0.003445	0.007765	0.003445	0.007756
	55-59	0.004771	0.010598	0.004771	0.010568	0.004771	0.010539	0.004771	0.010509	0.004771	0.010479
	60-64	0.007155	0.014400	0.007155	0.014321	0.007155	0.014243	0.007155	0.014166	0.007155	0.014088
	65-69	0.010801	0.019981	0.010801	0.019761	0.010801	0.019543	0.010801	0.019328	0.010801	0.019115
70-74	0.017673	0.029418	0.017673	0.029025	0.017673	0.028638	0.017673	0.028255	0.017673	0.027878	
75-79	0.030604	0.045053	0.030604	0.044442	0.030604	0.043840	0.030604	0.043246	0.030604	0.042660	
80-84	0.050688	0.067497	0.050688	0.066474	0.050688	0.065465	0.050688	0.064472	0.050688	0.063494	
85-89	0.085325	0.099629	0.085325	0.098133	0.085325	0.096659	0.085325	0.095207	0.085325	0.093777	
90-94	0.131794	0.124260	0.131794	0.122174	0.131794	0.120124	0.131794	0.118107	0.131794	0.116125	
95-99	0.137236	0.103833	0.137236	0.100638	0.137236	0.097542	0.137236	0.094541	0.137236	0.091632	

ตารางที่ ๓.1 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-SVD (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
West	1-4	0.000541	0.000735	0.000541	0.000735	0.000541	0.000735	0.000541	0.000735	0.000541	0.000735
	5-9	0.000283	0.000414	0.000283	0.000414	0.000283	0.000414	0.000283	0.000414	0.000283	0.000414
	10-14	0.000287	0.000575	0.000287	0.000575	0.000287	0.000575	0.000287	0.000575	0.000287	0.000575
	15-19	0.000580	0.001591	0.000580	0.001591	0.000580	0.001591	0.000580	0.001591	0.000580	0.001591
	20-24	0.000560	0.001579	0.000560	0.001579	0.000560	0.001579	0.000560	0.001579	0.000560	0.001579
	25-29	0.000741	0.001900	0.000741	0.001900	0.000741	0.001900	0.000741	0.001900	0.000741	0.001900
	30-34	0.001052	0.002541	0.001052	0.002541	0.001052	0.002541	0.001052	0.002541	0.001052	0.002541
	35-39	0.001501	0.003612	0.001501	0.003612	0.001501	0.003612	0.001501	0.003612	0.001501	0.003612
	40-44	0.001940	0.004773	0.001940	0.004773	0.001940	0.004773	0.001940	0.004773	0.001940	0.004773
	45-49	0.002737	0.006147	0.002737	0.006147	0.002737	0.006147	0.002737	0.006147	0.002737	0.006147
	50-54	0.003810	0.008293	0.003810	0.008293	0.003810	0.008293	0.003810	0.008293	0.003810	0.008293
	55-59	0.005195	0.011228	0.005195	0.011228	0.005195	0.011228	0.005195	0.011228	0.005195	0.011228
60-64	0.008051	0.015331	0.008051	0.015331	0.008051	0.015331	0.008051	0.015331	0.008051	0.015331	
65-69	0.012469	0.021905	0.012469	0.021905	0.012469	0.021905	0.012469	0.021905	0.012469	0.021905	
70-74	0.020898	0.032798	0.020898	0.032798	0.020898	0.032798	0.020898	0.032798	0.020898	0.032798	
75-79	0.034577	0.050483	0.034577	0.050483	0.034577	0.050483	0.034577	0.050483	0.034577	0.050483	
80-84	0.058582	0.077612	0.058582	0.077612	0.058582	0.077612	0.058582	0.077612	0.058582	0.077612	
85-89	0.098215	0.114567	0.098215	0.114567	0.098215	0.114567	0.098215	0.114567	0.098215	0.114567	
90-94	0.148891	0.145099	0.148891	0.145099	0.148891	0.145099	0.148891	0.145099	0.148891	0.145099	
95-99	0.165762	0.119031	0.165762	0.119031	0.165762	0.119031	0.165762	0.119031	0.165762	0.119031	

ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-MLE

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
BKK	1-4	0.000451	0.000509	0.000435	0.000485	0.000420	0.000462	0.000405	0.000441	0.000391	0.000420
	5-9	0.000171	0.000203	0.000161	0.000190	0.000152	0.000177	0.000143	0.000165	0.000134	0.000154
	10-14	0.000231	0.000406	0.000226	0.000401	0.000221	0.000395	0.000217	0.000390	0.000212	0.000385
	15-19	0.000486	0.001538	0.000482	0.001512	0.000479	0.001486	0.000475	0.001462	0.000472	0.001437
	20-24	0.000547	0.001855	0.000524	0.001794	0.000503	0.001735	0.000482	0.001677	0.000463	0.001622
	25-29	0.000728	0.002247	0.000698	0.002161	0.000670	0.002079	0.000642	0.001999	0.000616	0.001923
	30-34	0.000949	0.002531	0.000919	0.002419	0.000890	0.002312	0.000861	0.002210	0.000834	0.002113
	35-39	0.001328	0.003916	0.001307	0.003855	0.001286	0.003796	0.001265	0.003737	0.001245	0.003680
	40-44	0.001838	0.005183	0.001816	0.005154	0.001795	0.005124	0.001773	0.005095	0.001752	0.005066
	45-49	0.002591	0.006663	0.002570	0.006641	0.002550	0.006619	0.002530	0.006597	0.002510	0.006575
	50-54	0.003623	0.008649	0.003584	0.008622	0.003545	0.008595	0.003506	0.008569	0.003468	0.008542
	55-59	0.005142	0.011747	0.005059	0.011727	0.004977	0.011707	0.004896	0.011687	0.004816	0.011668
	60-64	0.007531	0.015379	0.007381	0.015228	0.007234	0.015079	0.007089	0.014932	0.006948	0.014786
	65-69	0.011041	0.020074	0.010731	0.019646	0.010430	0.019228	0.010138	0.018818	0.009853	0.018417
70-74	0.018178	0.030497	0.017646	0.029893	0.017130	0.029301	0.016629	0.028721	0.016143	0.028153	
75-79	0.031671	0.045402	0.030822	0.044122	0.029996	0.042877	0.029192	0.041668	0.028410	0.040492	
80-84	0.052509	0.066171	0.050975	0.063974	0.049486	0.061851	0.048041	0.059797	0.046638	0.057812	
85-89	0.087309	0.098682	0.084253	0.095917	0.081303	0.093230	0.078457	0.090618	0.075710	0.088079	
90-94	0.141760	0.118738	0.137510	0.115703	0.133388	0.112745	0.129389	0.109862	0.125510	0.107054	
95-99	0.185448	0.085325	0.183311	0.082727	0.181198	0.080207	0.179109	0.077764	0.177045	0.075396	



ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Central	1-4	0.000434	0.000555	0.000434	0.000555	0.000434	0.000555	0.000434	0.000555	0.000434	0.000555
	5-9	0.000249	0.000345	0.000249	0.000345	0.000249	0.000345	0.000249	0.000345	0.000249	0.000345
	10-14	0.000330	0.000568	0.000330	0.000568	0.000330	0.000568	0.000330	0.000568	0.000330	0.000568
	15-19	0.000562	0.001587	0.000562	0.001587	0.000562	0.001587	0.000562	0.001587	0.000562	0.001587
	20-24	0.000564	0.001613	0.000564	0.001613	0.000564	0.001613	0.000564	0.001613	0.000564	0.001613
	25-29	0.000710	0.001916	0.000710	0.001916	0.000710	0.001916	0.000710	0.001916	0.000710	0.001916
	30-34	0.000919	0.002616	0.000919	0.002616	0.000919	0.002616	0.000919	0.002616	0.000919	0.002616
	35-39	0.001416	0.003896	0.001416	0.003896	0.001416	0.003896	0.001416	0.003896	0.001416	0.003896
	40-44	0.002072	0.005353	0.002072	0.005353	0.002072	0.005353	0.002072	0.005353	0.002072	0.005353
	45-49	0.002974	0.007013	0.002974	0.007013	0.002974	0.007013	0.002974	0.007013	0.002974	0.007013
	50-54	0.004268	0.009198	0.004268	0.009198	0.004268	0.009198	0.004268	0.009198	0.004268	0.009198
	55-59	0.005868	0.012193	0.005868	0.012193	0.005868	0.012193	0.005868	0.012193	0.005868	0.012193
60-64	0.009126	0.016272	0.009126	0.016272	0.009126	0.016272	0.009126	0.016272	0.009126	0.016272	
65-69	0.013837	0.022827	0.013837	0.022827	0.013837	0.022827	0.013837	0.022827	0.013837	0.022827	
70-74	0.022657	0.034100	0.022657	0.034100	0.022657	0.034100	0.022657	0.034100	0.022657	0.034100	
75-79	0.037450	0.052408	0.037450	0.052408	0.037450	0.052408	0.037450	0.052408	0.037450	0.052408	
80-84	0.063068	0.079105	0.063068	0.079105	0.063068	0.079105	0.063068	0.079105	0.063068	0.079105	
85-89	0.105305	0.117902	0.105305	0.117902	0.105305	0.117902	0.105305	0.117902	0.105305	0.117902	
90-94	0.154636	0.145912	0.154636	0.145912	0.154636	0.145912	0.154636	0.145912	0.154636	0.145912	
95-99	0.184619	0.125387	0.184619	0.125387	0.184619	0.125387	0.184619	0.125387	0.184619	0.125387	

ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะตายแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
East	1-4	0.000378	0.000687	0.000359	0.000672	0.000341	0.000656	0.000323	0.000641	0.000306	0.000626
	5-9	0.000229	0.000315	0.000218	0.000298	0.000207	0.000282	0.000197	0.000267	0.000187	0.000253
	10-14	0.000344	0.000621	0.000335	0.000613	0.000327	0.000605	0.000319	0.000597	0.000311	0.000589
	15-19	0.000686	0.001997	0.000682	0.001975	0.000678	0.001952	0.000675	0.001930	0.000671	0.001907
	20-24	0.000808	0.002439	0.000797	0.002400	0.000787	0.002363	0.000776	0.002326	0.000766	0.002289
	25-29	0.000798	0.002816	0.000761	0.002746	0.000726	0.002678	0.000693	0.002611	0.000661	0.002546
	30-34	0.001086	0.003428	0.001045	0.003355	0.001006	0.003283	0.000969	0.003212	0.000932	0.003143
	35-39	0.001618	0.004728	0.001587	0.004691	0.001557	0.004654	0.001527	0.004618	0.001498	0.004582
	40-44	0.002232	0.006313	0.002203	0.006323	0.002175	0.006332	0.002147	0.006342	0.002120	0.006351
	45-49	0.003217	0.007824	0.003200	0.007813	0.003183	0.007802	0.003167	0.007791	0.003150	0.007781
	50-54	0.004345	0.010677	0.004318	0.010734	0.004291	0.010791	0.004264	0.010849	0.004237	0.010906
	55-59	0.006232	0.014071	0.006193	0.014154	0.006154	0.014238	0.006115	0.014323	0.006077	0.014408
	60-64	0.008915	0.018096	0.008809	0.018109	0.008704	0.018122	0.008601	0.018135	0.008499	0.018148
	65-69	0.012781	0.023289	0.012575	0.023132	0.012373	0.022976	0.012174	0.022821	0.011978	0.022667
70-74	0.020895	0.034874	0.020656	0.034661	0.020421	0.034449	0.020188	0.034238	0.019958	0.034029	
75-79	0.032971	0.046676	0.032453	0.045827	0.031942	0.044993	0.031440	0.044175	0.030946	0.043371	
80-84	0.055447	0.070521	0.054515	0.069188	0.053600	0.067881	0.052699	0.066599	0.051814	0.065340	
85-89	0.085047	0.096841	0.082915	0.094226	0.080836	0.091682	0.078810	0.089206	0.076834	0.086797	
90-94	0.124253	0.126892	0.120132	0.123922	0.116148	0.121023	0.112296	0.118191	0.108572	0.115425	
95-99	0.156609	0.087914	0.152508	0.083625	0.148515	0.079546	0.144626	0.075665	0.140839	0.071974	



ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะตายแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
North	1-4	0.000375	0.000511	0.000365	0.000511	0.000355	0.000511	0.000346	0.000511	0.000337	0.000511
	5-9	0.000221	0.000315	0.000213	0.000315	0.000206	0.000315	0.000199	0.000315	0.000193	0.000315
	10-14	0.000276	0.000420	0.000268	0.000420	0.000261	0.000420	0.000253	0.000420	0.000246	0.000420
	15-19	0.000434	0.001457	0.000424	0.001457	0.000413	0.001457	0.000403	0.001457	0.000394	0.001457
	20-24	0.000496	0.001749	0.000489	0.001749	0.000483	0.001749	0.000476	0.001749	0.000470	0.001749
	25-29	0.000470	0.001966	0.000447	0.001966	0.000425	0.001966	0.000405	0.001966	0.000385	0.001966
	30-34	0.000615	0.002973	0.000569	0.002973	0.000527	0.002973	0.000488	0.002973	0.000452	0.002973
	35-39	0.001189	0.004381	0.001147	0.004381	0.001106	0.004381	0.001066	0.004381	0.001028	0.004381
	40-44	0.001799	0.005724	0.001767	0.005724	0.001735	0.005724	0.001704	0.005724	0.001674	0.005724
	45-49	0.002379	0.007197	0.002324	0.007197	0.002271	0.007197	0.002218	0.007197	0.002167	0.007197
	50-54	0.003475	0.009239	0.003399	0.009239	0.003325	0.009239	0.003253	0.009239	0.003182	0.009239
	55-59	0.005044	0.011960	0.004892	0.011960	0.004744	0.011960	0.004600	0.011960	0.004462	0.011960
	60-64	0.008477	0.016868	0.008212	0.016868	0.007955	0.016868	0.007706	0.016868	0.007466	0.016868
	65-69	0.014775	0.024534	0.014409	0.024534	0.014052	0.024534	0.013704	0.024534	0.013364	0.024534
70-74	0.026218	0.037777	0.025843	0.037777	0.025474	0.037777	0.025109	0.037777	0.024750	0.037777	
75-79	0.042966	0.057592	0.042340	0.057592	0.041723	0.057592	0.041115	0.057592	0.040515	0.057592	
80-84	0.068220	0.087935	0.067114	0.087935	0.066026	0.087935	0.064956	0.087935	0.063903	0.087935	
85-89	0.109305	0.128952	0.107499	0.128952	0.105722	0.128952	0.103974	0.128952	0.102255	0.128952	
90-94	0.157560	0.173448	0.155153	0.173448	0.152781	0.173448	0.150447	0.173448	0.148147	0.173448	
95-99	0.180447	0.150637	0.177839	0.150637	0.175268	0.150637	0.172735	0.150637	0.170239	0.150637	

ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Northeast	1-4	0.000363	0.000537	0.000354	0.000537	0.000345	0.000537	0.000336	0.000537	0.000328	0.000537
	5-9	0.000248	0.000377	0.000241	0.000377	0.000233	0.000377	0.000226	0.000377	0.000219	0.000377
	10-14	0.000335	0.000546	0.000333	0.000546	0.000331	0.000546	0.000329	0.000546	0.000327	0.000546
	15-19	0.000492	0.001291	0.000496	0.001291	0.000501	0.001291	0.000506	0.001291	0.000511	0.001291
	20-24	0.000413	0.001471	0.000412	0.001471	0.000411	0.001471	0.000410	0.001471	0.000409	0.001471
	25-29	0.000442	0.001687	0.000428	0.001687	0.000414	0.001687	0.000401	0.001687	0.000388	0.001687
	30-34	0.000586	0.002260	0.000558	0.002260	0.000532	0.002260	0.000507	0.002260	0.000483	0.002260
	35-39	0.000968	0.003422	0.000939	0.003422	0.000911	0.003422	0.000885	0.003422	0.000859	0.003422
	40-44	0.001531	0.004679	0.001506	0.004679	0.001483	0.004679	0.001459	0.004679	0.001436	0.004679
	45-49	0.002365	0.005837	0.002332	0.005837	0.002300	0.005837	0.002268	0.005837	0.002237	0.005837
	50-54	0.003422	0.008188	0.003342	0.008188	0.003265	0.008188	0.003189	0.008188	0.003115	0.008188
	55-59	0.005111	0.011392	0.004949	0.011392	0.004792	0.011392	0.004640	0.011392	0.004493	0.011392
	60-64	0.008689	0.016211	0.008446	0.016211	0.008209	0.016211	0.007979	0.016211	0.007756	0.016211
	65-69	0.014529	0.023400	0.014238	0.023400	0.013953	0.023400	0.013673	0.023400	0.013399	0.023400
	70-74	0.023725	0.034991	0.023315	0.034991	0.022912	0.034991	0.022515	0.034991	0.022126	0.034991
	75-79	0.037983	0.051951	0.037229	0.051951	0.036491	0.051951	0.035766	0.051951	0.035057	0.051951
80-84	0.064125	0.081145	0.063018	0.081145	0.061931	0.081145	0.060863	0.081145	0.059812	0.081145	
85-89	0.101467	0.117317	0.099412	0.117317	0.097400	0.117317	0.095428	0.117317	0.093496	0.117317	
90-94	0.160200	0.150718	0.158194	0.150718	0.156214	0.150718	0.154259	0.150718	0.152328	0.150718	
95-99	0.185132	0.138088	0.182790	0.138088	0.180478	0.138088	0.178195	0.138088	0.175941	0.138088	

ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
South	1-4	0.000507	0.000677	0.000497	0.000660	0.000488	0.000644	0.000478	0.000629	0.000469	0.000613
	5-9	0.000281	0.000385	0.000273	0.000372	0.000266	0.000358	0.000259	0.000345	0.000252	0.000333
	10-14	0.000316	0.000581	0.000306	0.000571	0.000296	0.000560	0.000286	0.000551	0.000277	0.000541
	15-19	0.000447	0.001396	0.000437	0.001357	0.000426	0.001319	0.000416	0.001281	0.000406	0.001245
	20-24	0.000503	0.001471	0.000490	0.001421	0.000477	0.001372	0.000465	0.001325	0.000453	0.001280
	25-29	0.000619	0.001675	0.000595	0.001603	0.000572	0.001535	0.000550	0.001469	0.000529	0.001407
	30-34	0.000929	0.002043	0.000899	0.001938	0.000871	0.001839	0.000844	0.001744	0.000818	0.001655
	35-39	0.001304	0.003000	0.001280	0.002911	0.001257	0.002824	0.001233	0.002741	0.001211	0.002660
	40-44	0.001787	0.003938	0.001778	0.003853	0.001769	0.003770	0.001760	0.003689	0.001751	0.003610
	45-49	0.002414	0.005452	0.002401	0.005389	0.002388	0.005327	0.002375	0.005266	0.002363	0.005205
	50-54	0.003440	0.007749	0.003435	0.007733	0.003430	0.007718	0.003424	0.007702	0.003419	0.007687
	55-59	0.004672	0.010591	0.004640	0.010560	0.004608	0.010529	0.004577	0.010499	0.004546	0.010468
	60-64	0.006960	0.014368	0.006910	0.014285	0.006860	0.014203	0.006811	0.014121	0.006762	0.014040
	65-69	0.010264	0.019849	0.010122	0.019611	0.009983	0.019375	0.009846	0.019143	0.009711	0.018913
70-74	0.016615	0.029137	0.016355	0.028709	0.016099	0.028286	0.015848	0.027870	0.015600	0.027460	
75-79	0.029114	0.044678	0.028756	0.044019	0.028401	0.043370	0.028052	0.042731	0.027706	0.042102	
80-84	0.046747	0.066544	0.045804	0.065400	0.044881	0.064275	0.043976	0.063169	0.043089	0.062083	
85-89	0.079249	0.097623	0.077898	0.095883	0.076570	0.094175	0.075264	0.092498	0.073981	0.090850	
90-94	0.124341	0.122094	0.122750	0.119750	0.121179	0.117452	0.119628	0.115198	0.118098	0.112987	
95-99	0.122507	0.101991	0.119080	0.098636	0.115749	0.095391	0.112511	0.092253	0.109363	0.089218	



ตารางที่ ๓.2 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ LC-MLE (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
West	1-4	0.000540	0.000695	0.000540	0.000695	0.000540	0.000695	0.000540	0.000695	0.000540	0.000695
	5-9	0.000287	0.000399	0.000287	0.000399	0.000287	0.000399	0.000287	0.000399	0.000287	0.000399
	10-14	0.000291	0.000573	0.000291	0.000573	0.000291	0.000573	0.000291	0.000573	0.000291	0.000573
	15-19	0.000583	0.001660	0.000583	0.001660	0.000583	0.001660	0.000583	0.001660	0.000583	0.001660
	20-24	0.000573	0.001541	0.000573	0.001541	0.000573	0.001541	0.000573	0.001541	0.000573	0.001541
	25-29	0.000751	0.001804	0.000751	0.001804	0.000751	0.001804	0.000751	0.001804	0.000751	0.001804
	30-34	0.001060	0.002418	0.001060	0.002418	0.001060	0.002418	0.001060	0.002418	0.001060	0.002418
	35-39	0.001551	0.003474	0.001551	0.003474	0.001551	0.003474	0.001551	0.003474	0.001551	0.003474
	40-44	0.001939	0.004750	0.001939	0.004750	0.001939	0.004750	0.001939	0.004750	0.001939	0.004750
	45-49	0.002730	0.006144	0.002730	0.006144	0.002730	0.006144	0.002730	0.006144	0.002730	0.006144
	50-54	0.003798	0.008419	0.003798	0.008419	0.003798	0.008419	0.003798	0.008419	0.003798	0.008419
	55-59	0.005193	0.011229	0.005193	0.011229	0.005193	0.011229	0.005193	0.011229	0.005193	0.011229
	60-64	0.007969	0.015155	0.007969	0.015155	0.007969	0.015155	0.007969	0.015155	0.007969	0.015155
	65-69	0.012275	0.021444	0.012275	0.021444	0.012275	0.021444	0.012275	0.021444	0.012275	0.021444
70-74	0.020736	0.031974	0.020736	0.031974	0.020736	0.031974	0.020736	0.031974	0.020736	0.031974	
75-79	0.034283	0.048801	0.034283	0.048801	0.034283	0.048801	0.034283	0.048801	0.034283	0.048801	
80-84	0.057987	0.073470	0.057987	0.073470	0.057987	0.073470	0.057987	0.073470	0.057987	0.073470	
85-89	0.096150	0.107112	0.096150	0.107112	0.096150	0.107112	0.096150	0.107112	0.096150	0.107112	
90-94	0.146869	0.135334	0.146869	0.135334	0.146869	0.135334	0.146869	0.135334	0.146869	0.135334	
95-99	0.161985	0.104731	0.161985	0.104731	0.161985	0.104731	0.161985	0.104731	0.161985	0.104731	

ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ NLMR

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
BKK	1-4	0.000334	0.000412	0.000319	0.000393	0.000304	0.000375	0.000290	0.000358	0.000277	0.000342
	5-9	0.000197	0.000303	0.000189	0.000291	0.000182	0.000280	0.000175	0.000269	0.000168	0.000259
	10-14	0.000207	0.000407	0.000201	0.000395	0.000194	0.000383	0.000189	0.000371	0.000183	0.000360
	15-19	0.000425	0.001070	0.000415	0.001046	0.000406	0.001023	0.000397	0.001000	0.000388	0.000978
	20-24	0.000625	0.002185	0.000629	0.002225	0.000636	0.002280	0.000648	0.002350	0.000665	0.002438
	25-29	0.000768	0.002558	0.000773	0.002605	0.000783	0.002669	0.000798	0.002752	0.000818	0.002855
	30-34	0.000981	0.003109	0.000987	0.003166	0.001000	0.003244	0.001018	0.003345	0.001044	0.003470
	35-39	0.001300	0.003922	0.001308	0.003994	0.001325	0.004093	0.001349	0.004219	0.001383	0.004377
	40-44	0.001918	0.005774	0.001943	0.005931	0.001975	0.006112	0.002014	0.006321	0.002061	0.006558
	45-49	0.002652	0.007372	0.002687	0.007571	0.002731	0.007803	0.002785	0.008069	0.002850	0.008372
	50-54	0.003764	0.009660	0.003813	0.009922	0.003875	0.010225	0.003952	0.010574	0.004044	0.010972
	55-59	0.005483	0.012994	0.005554	0.013346	0.005645	0.013754	0.005757	0.014223	0.005892	0.014758
	60-64	0.007134	0.014212	0.006948	0.013952	0.006767	0.013697	0.006591	0.013446	0.006420	0.013201
	65-69	0.010978	0.020154	0.010675	0.019752	0.010379	0.019359	0.010092	0.018973	0.009813	0.018595
70-74	0.017572	0.029728	0.017057	0.029086	0.016558	0.028458	0.016073	0.027844	0.015602	0.027243	
75-79	0.029255	0.045607	0.028350	0.044548	0.027473	0.043513	0.026623	0.042502	0.025800	0.041514	
80-84	0.047531	0.056170	0.043862	0.051834	0.040212	0.047521	0.036625	0.043282	0.033141	0.039164	
85-89	0.081845	0.079191	0.075337	0.072893	0.068893	0.066658	0.062589	0.060559	0.056490	0.054658	
90-94	0.111759	0.088536	0.102611	0.081289	0.093597	0.074148	0.084817	0.067192	0.076358	0.060491	
95-99	0.121016	0.078494	0.110829	0.071886	0.100837	0.065405	0.091146	0.059119	0.081848	0.053089	

ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะพิการแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Central	1-4	0.000344	0.000424	0.000328	0.000405	0.000313	0.000386	0.000299	0.000369	0.000285	0.000352
	5-9	0.000214	0.000330	0.000206	0.000317	0.000198	0.000305	0.000191	0.000294	0.000183	0.000282
	10-14	0.000240	0.000472	0.000233	0.000458	0.000225	0.000444	0.000219	0.000431	0.000212	0.000418
	15-19	0.000524	0.001320	0.000513	0.001291	0.000501	0.001263	0.000490	0.001235	0.000479	0.001207
	20-24	0.000531	0.001733	0.000540	0.001785	0.000553	0.001849	0.000569	0.001927	0.000590	0.002021
	25-29	0.000702	0.002183	0.000715	0.002247	0.000731	0.002328	0.000753	0.002427	0.000781	0.002545
	30-34	0.000964	0.002853	0.000981	0.002938	0.001004	0.003043	0.001035	0.003172	0.001072	0.003327
	35-39	0.001375	0.003871	0.001399	0.003986	0.001432	0.004129	0.001475	0.004304	0.001528	0.004514
	40-44	0.002116	0.005881	0.002144	0.006041	0.002179	0.006225	0.002222	0.006438	0.002274	0.006680
	45-49	0.002926	0.007508	0.002964	0.007712	0.003013	0.007948	0.003072	0.008218	0.003144	0.008527
	50-54	0.004153	0.009839	0.004207	0.010105	0.004275	0.010415	0.004360	0.010770	0.004462	0.011175
	55-59	0.006049	0.013234	0.006128	0.013593	0.006228	0.014009	0.006352	0.014486	0.006500	0.015031
	60-64	0.008194	0.015431	0.008032	0.015247	0.007874	0.015066	0.007719	0.014886	0.007567	0.014709
	65-69	0.012609	0.021884	0.012340	0.021587	0.012077	0.021293	0.011819	0.021004	0.011566	0.020719
70-74	0.020183	0.032279	0.019719	0.031787	0.019265	0.031302	0.018822	0.030825	0.018389	0.030355	
75-79	0.033601	0.049522	0.032773	0.048684	0.031965	0.047861	0.031177	0.047052	0.030408	0.046256	
80-84	0.046182	0.062019	0.042617	0.057232	0.039071	0.052470	0.035586	0.047790	0.032200	0.043243	
85-89	0.083412	0.091716	0.076779	0.084422	0.070212	0.077201	0.063787	0.070137	0.057572	0.063303	
90-94	0.119470	0.107555	0.109691	0.098751	0.100055	0.090076	0.090669	0.081626	0.081627	0.073486	
95-99	0.135695	0.100020	0.124272	0.091600	0.113067	0.083342	0.102201	0.075332	0.091776	0.067648	

ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะตายแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
East	1-4	0.000397	0.000490	0.000379	0.000468	0.000362	0.000447	0.000346	0.000426	0.000330	0.000407
	5-9	0.000250	0.000385	0.000241	0.000370	0.000231	0.000356	0.000223	0.000343	0.000214	0.000329
	10-14	0.000283	0.000557	0.000274	0.000540	0.000266	0.000524	0.000258	0.000508	0.000250	0.000492
	15-19	0.000624	0.001573	0.000611	0.001538	0.000597	0.001504	0.000584	0.001471	0.000571	0.001438
	20-24	0.000807	0.002824	0.000821	0.002905	0.000840	0.003007	0.000864	0.003133	0.000895	0.003283
	25-29	0.000993	0.003306	0.001010	0.003402	0.001033	0.003521	0.001063	0.003668	0.001101	0.003844
	30-34	0.001268	0.004018	0.001289	0.004134	0.001319	0.004280	0.001357	0.004458	0.001406	0.004672
	35-39	0.001680	0.005069	0.001708	0.005215	0.001747	0.005399	0.001799	0.005623	0.001863	0.005894
	40-44	0.002432	0.007010	0.002473	0.007227	0.002523	0.007476	0.002583	0.007760	0.002653	0.008082
	45-49	0.003302	0.008788	0.003358	0.009060	0.003426	0.009373	0.003507	0.009729	0.003602	0.010132
	50-54	0.004602	0.011309	0.004680	0.011660	0.004774	0.012062	0.004887	0.012520	0.005020	0.013039
	55-59	0.006584	0.014939	0.006694	0.015402	0.006830	0.015933	0.006991	0.016538	0.007181	0.017224
	60-64	0.008643	0.017219	0.008524	0.017117	0.008407	0.017016	0.008292	0.016915	0.008178	0.016816
	65-69	0.012837	0.023566	0.012639	0.023388	0.012445	0.023210	0.012253	0.023035	0.012064	0.022860
70-74	0.019830	0.033548	0.019492	0.033237	0.019160	0.032930	0.018833	0.032625	0.018511	0.032323	
75-79	0.031862	0.049672	0.031266	0.049129	0.030681	0.048593	0.030106	0.048062	0.029543	0.047537	
80-84	0.042619	0.056783	0.039329	0.052400	0.036056	0.048040	0.032840	0.043755	0.029716	0.039592	
85-89	0.075909	0.082807	0.069872	0.076222	0.063896	0.069702	0.058049	0.063324	0.052393	0.057154	
90-94	0.107215	0.095761	0.098439	0.087922	0.089791	0.080198	0.081368	0.072675	0.073253	0.065427	
95-99	0.120085	0.087817	0.109976	0.080424	0.100061	0.073173	0.090444	0.066141	0.081219	0.059394	

ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
North	1-4	0.000312	0.000356	0.000298	0.000340	0.000285	0.000324	0.000272	0.000310	0.000259	0.000295
	5-9	0.000194	0.000276	0.000187	0.000266	0.000180	0.000255	0.000173	0.000246	0.000166	0.000236
	10-14	0.000216	0.000394	0.000210	0.000382	0.000203	0.000370	0.000197	0.000359	0.000191	0.000348
	15-19	0.000471	0.001097	0.000461	0.001072	0.000451	0.001049	0.000441	0.001025	0.000431	0.001003
	20-24	0.000429	0.001606	0.000432	0.001635	0.000437	0.001676	0.000445	0.001727	0.000457	0.001792
	25-29	0.000588	0.002094	0.000592	0.002133	0.000599	0.002185	0.000610	0.002253	0.000626	0.002337
	30-34	0.000836	0.002835	0.000841	0.002887	0.000852	0.002958	0.000868	0.003049	0.000890	0.003163
	35-39	0.001234	0.003983	0.001242	0.004056	0.001257	0.004156	0.001281	0.004284	0.001313	0.004444
	40-44	0.001873	0.005639	0.001881	0.005742	0.001896	0.005866	0.001917	0.006014	0.001944	0.006186
	45-49	0.002590	0.007198	0.002601	0.007330	0.002621	0.007489	0.002650	0.007678	0.002688	0.007897
	50-54	0.003676	0.009433	0.003691	0.009605	0.003719	0.009814	0.003760	0.010061	0.003815	0.010349
	55-59	0.005355	0.012689	0.005377	0.012920	0.005418	0.013201	0.005478	0.013533	0.005557	0.013920
	60-64	0.009121	0.015749	0.008926	0.015533	0.008734	0.015321	0.008547	0.015111	0.008363	0.014904
	65-69	0.014217	0.022621	0.013888	0.022273	0.013567	0.021931	0.013254	0.021594	0.012948	0.021263
70-74	0.023048	0.033793	0.022477	0.033218	0.021921	0.032653	0.021378	0.032097	0.020849	0.031551	
75-79	0.038862	0.052509	0.037836	0.051528	0.036837	0.050566	0.035864	0.049622	0.034918	0.048695	
80-84	0.055673	0.075504	0.052197	0.070789	0.048617	0.065935	0.044988	0.061012	0.041357	0.056089	
85-89	0.097904	0.108712	0.091557	0.101665	0.085063	0.094453	0.078513	0.087180	0.071994	0.079942	
90-94	0.136528	0.124124	0.127354	0.115783	0.118021	0.107298	0.108657	0.098785	0.099383	0.090354	
95-99	0.150978	0.112384	0.140476	0.104567	0.129852	0.096658	0.119247	0.088764	0.108793	0.080982	

ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Northeast	1-4	0.000395	0.000487	0.000382	0.000472	0.000370	0.000457	0.000359	0.000443	0.000348	0.000429
	5-9	0.000233	0.000358	0.000227	0.000350	0.000222	0.000341	0.000216	0.000333	0.000211	0.000325
	10-14	0.000245	0.000481	0.000241	0.000474	0.000237	0.000467	0.000233	0.000459	0.000230	0.000452
	15-19	0.000502	0.001265	0.000498	0.001256	0.000495	0.001246	0.000491	0.001237	0.000488	0.001228
	20-24	0.000427	0.001493	0.000440	0.001556	0.000455	0.001632	0.000475	0.001721	0.000498	0.001828
	25-29	0.000573	0.001909	0.000590	0.001989	0.000612	0.002086	0.000638	0.002201	0.000669	0.002337
	30-34	0.000799	0.002533	0.000823	0.002640	0.000853	0.002769	0.000889	0.002921	0.000933	0.003101
	35-39	0.001157	0.003490	0.001191	0.003637	0.001234	0.003814	0.001287	0.004024	0.001350	0.004272
	40-44	0.001695	0.004473	0.001717	0.004595	0.001745	0.004735	0.001779	0.004897	0.001821	0.005081
	45-49	0.002533	0.006173	0.002565	0.006340	0.002608	0.006534	0.002659	0.006757	0.002721	0.007011
	50-54	0.003885	0.008744	0.003936	0.008981	0.004000	0.009256	0.004079	0.009572	0.004174	0.009932
	55-59	0.006118	0.012714	0.006197	0.013059	0.006299	0.013459	0.006424	0.013918	0.006573	0.014441
	60-64	0.009067	0.015728	0.008887	0.015538	0.008710	0.015351	0.008537	0.015165	0.008368	0.014982
	65-69	0.013953	0.022305	0.013653	0.021999	0.013359	0.021696	0.013072	0.021398	0.012791	0.021104
70-74	0.022333	0.032900	0.021816	0.032394	0.021311	0.031895	0.020818	0.031403	0.020335	0.030920	
75-79	0.037181	0.050475	0.036259	0.049614	0.035360	0.048767	0.034483	0.047935	0.033627	0.047117	
80-84	0.052002	0.070526	0.048640	0.065966	0.045198	0.061299	0.041726	0.056589	0.038268	0.051900	
85-89	0.093674	0.104017	0.087396	0.097046	0.081006	0.089950	0.074593	0.082829	0.068239	0.075774	
90-94	0.133810	0.121655	0.124526	0.113214	0.115129	0.104671	0.105746	0.096140	0.096493	0.087728	
95-99	0.151576	0.112831	0.140702	0.104736	0.129754	0.096587	0.118877	0.088490	0.108201	0.080543	



ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะตายแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
South	1-4	0.000416	0.000514	0.000398	0.000490	0.000379	0.000468	0.000362	0.000447	0.000346	0.000427
	5-9	0.000246	0.000378	0.000236	0.000364	0.000227	0.000350	0.000218	0.000336	0.000210	0.000323
	10-14	0.000258	0.000508	0.000250	0.000493	0.000243	0.000478	0.000235	0.000464	0.000228	0.000450
	15-19	0.000530	0.001335	0.000518	0.001306	0.000507	0.001277	0.000496	0.001248	0.000485	0.001221
	20-24	0.000529	0.001698	0.000532	0.001730	0.000539	0.001772	0.000549	0.001827	0.000563	0.001895
	25-29	0.000681	0.002084	0.000686	0.002122	0.000694	0.002174	0.000707	0.002242	0.000725	0.002325
	30-34	0.000912	0.002654	0.000917	0.002703	0.000929	0.002769	0.000946	0.002855	0.000970	0.002961
	35-39	0.001266	0.003508	0.001274	0.003572	0.001290	0.003660	0.001314	0.003774	0.001347	0.003914
	40-44	0.001737	0.005057	0.001760	0.005194	0.001789	0.005353	0.001824	0.005536	0.001867	0.005744
	45-49	0.002402	0.006456	0.002433	0.006631	0.002473	0.006834	0.002522	0.007067	0.002581	0.007332
	50-54	0.003409	0.008460	0.003453	0.008689	0.003510	0.008955	0.003579	0.009261	0.003663	0.009609
	55-59	0.004966	0.011380	0.005030	0.011688	0.005113	0.012046	0.005214	0.012457	0.005335	0.012925
	60-64	0.006519	0.014197	0.006424	0.014099	0.006329	0.014002	0.006236	0.013906	0.006144	0.013810
	65-69	0.010033	0.020133	0.009869	0.019961	0.009707	0.019790	0.009548	0.019621	0.009392	0.019453
70-74	0.016059	0.029697	0.015769	0.029393	0.015485	0.029092	0.015206	0.028795	0.014932	0.028500	
75-79	0.026735	0.045560	0.026209	0.045018	0.025693	0.044482	0.025188	0.043953	0.024692	0.043430	
80-84	0.038564	0.057606	0.035925	0.053665	0.033249	0.049667	0.030571	0.045667	0.027925	0.041715	
85-89	0.068615	0.083920	0.063759	0.077981	0.058860	0.071989	0.053982	0.066023	0.049185	0.060156	
90-94	0.096813	0.096947	0.089733	0.089857	0.082628	0.082743	0.075589	0.075694	0.068698	0.068793	
95-99	0.108322	0.088812	0.100147	0.082109	0.091983	0.075416	0.083934	0.068817	0.076089	0.062385	



ตารางที่ 3.3 ค่าพยากรณ์อัตราภาวะตายแบบ NLMR (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
West	1-4	0.000456	0.000563	0.000446	0.000550	0.000436	0.000538	0.000426	0.000526	0.000417	0.000514
	5-9	0.000269	0.000414	0.000265	0.000408	0.000261	0.000402	0.000257	0.000396	0.000253	0.000390
	10-14	0.000283	0.000557	0.000281	0.000553	0.000279	0.000549	0.000277	0.000546	0.000275	0.000542
	15-19	0.000581	0.001463	0.000582	0.001465	0.000583	0.001467	0.000583	0.001470	0.000584	0.001472
	20-24	0.000577	0.001602	0.000588	0.001652	0.000603	0.001713	0.000622	0.001789	0.000646	0.001879
	25-29	0.000765	0.002021	0.000780	0.002084	0.000799	0.002162	0.000824	0.002257	0.000856	0.002370
	30-34	0.001052	0.002646	0.001072	0.002729	0.001099	0.002831	0.001134	0.002955	0.001177	0.003104
	35-39	0.001503	0.003597	0.001531	0.003709	0.001570	0.003848	0.001619	0.004016	0.001681	0.004218
	40-44	0.001923	0.005263	0.001948	0.005405	0.001980	0.005571	0.002019	0.005761	0.002066	0.005977
	45-49	0.002658	0.006719	0.002693	0.006901	0.002737	0.007112	0.002791	0.007354	0.002856	0.007631
	50-54	0.003773	0.008804	0.003822	0.009043	0.003884	0.009320	0.003961	0.009637	0.004054	0.010000
	55-59	0.005496	0.011843	0.005567	0.012164	0.005658	0.012536	0.005771	0.012963	0.005905	0.013451
	60-64	0.007561	0.014586	0.007445	0.014475	0.007330	0.014365	0.007217	0.014256	0.007106	0.014148
	65-69	0.011636	0.020684	0.011438	0.020493	0.011242	0.020303	0.011051	0.020115	0.010862	0.019929
70-74	0.018625	0.030510	0.018277	0.030176	0.017934	0.029846	0.017599	0.029520	0.017269	0.029197	
75-79	0.031008	0.046807	0.030376	0.046218	0.029757	0.045635	0.029151	0.045060	0.028557	0.044492	
80-84	0.042847	0.056550	0.039540	0.052185	0.036250	0.047843	0.033016	0.043575	0.029875	0.039429	
85-89	0.076368	0.082524	0.070295	0.075962	0.064283	0.069464	0.058400	0.063108	0.052710	0.056959	
90-94	0.107938	0.095499	0.099103	0.087682	0.090397	0.079979	0.081917	0.072477	0.073748	0.065249	
95-99	0.120979	0.087638	0.110795	0.080260	0.100805	0.073024	0.091118	0.066006	0.081823	0.059273	

ตารางที่ 4.4 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
BKK	1-4	0.000445	0.000507	0.000430	0.000482	0.000415	0.000458	0.000401	0.000436	0.000387	0.000415
	5-9	0.000167	0.000204	0.000158	0.000191	0.000148	0.000178	0.000140	0.000166	0.000132	0.000155
	10-14	0.000228	0.000403	0.000224	0.000398	0.000219	0.000393	0.000214	0.000387	0.000209	0.000382
	15-19	0.000490	0.001467	0.000487	0.001433	0.000485	0.001400	0.000483	0.001368	0.000480	0.001336
	20-24	0.000562	0.001820	0.000544	0.001755	0.000524	0.001692	0.000507	0.001632	0.000489	0.001573
	25-29	0.000766	0.002251	0.000742	0.002166	0.000717	0.002084	0.000694	0.002005	0.000671	0.001930
	30-34	0.000990	0.002510	0.000965	0.002397	0.000942	0.002288	0.000919	0.002185	0.000897	0.002086
	35-39	0.001383	0.003872	0.001369	0.003807	0.001357	0.003743	0.001343	0.003680	0.001331	0.003618
	40-44	0.001895	0.005109	0.001882	0.005068	0.001868	0.005028	0.001856	0.004987	0.001842	0.004947
	45-49	0.002653	0.006565	0.002641	0.006530	0.002631	0.006496	0.002619	0.006461	0.002609	0.006427
	50-54	0.003699	0.008590	0.003673	0.008557	0.003646	0.008523	0.003620	0.008490	0.003593	0.008456
	55-59	0.005304	0.011561	0.005247	0.011521	0.005190	0.011482	0.005134	0.011442	0.005078	0.011403
	60-64	0.007690	0.015148	0.007573	0.014978	0.007455	0.014811	0.007341	0.014646	0.007227	0.014482
	65-69	0.011043	0.020082	0.010779	0.019675	0.010491	0.019276	0.010232	0.018885	0.009965	0.018502
70-74	0.018174	0.030455	0.017720	0.029872	0.017218	0.029300	0.016771	0.028740	0.016308	0.028190	
75-79	0.031169	0.045368	0.030392	0.044134	0.029553	0.042934	0.028794	0.041767	0.028015	0.040631	
80-84	0.051904	0.067312	0.050529	0.065354	0.049061	0.063453	0.047725	0.061607	0.046363	0.059815	
85-89	0.085327	0.100353	0.082588	0.097960	0.079617	0.095623	0.076976	0.093343	0.074267	0.091116	
90-94	0.138234	0.121775	0.134274	0.119307	0.130013	0.116889	0.126179	0.114520	0.122253	0.112199	
95-99	0.183887	0.088627	0.181285	0.086595	0.179221	0.084609	0.176834	0.082669	0.174719	0.080773	

ตารางที่ ๓.๔ ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Central	1-4	0.000378	0.000561	0.000369	0.000547	0.000359	0.000533	0.000350	0.000520	0.000341	0.000506
	5-9	0.000226	0.000321	0.000217	0.000309	0.000209	0.000296	0.000201	0.000284	0.000193	0.000273
	10-14	0.000305	0.000546	0.000300	0.000539	0.000295	0.000533	0.000290	0.000527	0.000285	0.000520
	15-19	0.000549	0.001544	0.000543	0.001524	0.000538	0.001504	0.000533	0.001484	0.000528	0.001465
	20-24	0.000515	0.001573	0.000506	0.001547	0.000496	0.001521	0.000487	0.001496	0.000478	0.001470
	25-29	0.000617	0.001742	0.000597	0.001699	0.000575	0.001658	0.000556	0.001617	0.000536	0.001578
	30-34	0.000814	0.002373	0.000785	0.002309	0.000755	0.002246	0.000728	0.002185	0.000701	0.002126
	35-39	0.001330	0.003753	0.001308	0.003716	0.001285	0.003680	0.001263	0.003644	0.001241	0.003609
	40-44	0.002019	0.005274	0.002004	0.005264	0.001987	0.005253	0.001972	0.005243	0.001956	0.005232
	45-49	0.002869	0.006912	0.002847	0.006885	0.002821	0.006858	0.002798	0.006831	0.002773	0.006805
	50-54	0.004047	0.008913	0.004011	0.008884	0.003970	0.008855	0.003934	0.008827	0.003895	0.008798
	55-59	0.005475	0.011554	0.005389	0.011458	0.005294	0.011361	0.005207	0.011266	0.005118	0.011172
	60-64	0.008482	0.015507	0.008337	0.015309	0.008186	0.015113	0.008043	0.014920	0.007898	0.014729
	65-69	0.012966	0.021488	0.012745	0.021162	0.012522	0.020840	0.012306	0.020523	0.012092	0.020212
70-74	0.021288	0.033007	0.020929	0.032538	0.020562	0.032075	0.020212	0.031619	0.019860	0.031170	
75-79	0.035502	0.049922	0.034916	0.049091	0.034340	0.048274	0.033774	0.047471	0.033217	0.046681	
80-84	0.059269	0.075893	0.058136	0.074486	0.057016	0.073104	0.055924	0.071748	0.054849	0.070418	
85-89	0.099077	0.112965	0.097189	0.110638	0.095376	0.108359	0.093571	0.106127	0.091817	0.103941	
90-94	0.148161	0.143116	0.145612	0.140277	0.143205	0.137494	0.140772	0.134767	0.138424	0.132093	
95-99	0.177194	0.126540	0.174065	0.123502	0.171272	0.120536	0.168334	0.117642	0.165574	0.114817	

ตารางที่ 4.4 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
East	1-4	0.000409	0.000670	0.000398	0.000653	0.000388	0.000637	0.000378	0.000621	0.000368	0.000605
	5-9	0.000232	0.000357	0.000223	0.000343	0.000214	0.000329	0.000206	0.000316	0.000198	0.000303
	10-14	0.000384	0.000621	0.000377	0.000614	0.000371	0.000606	0.000365	0.000599	0.000359	0.000592
	15-19	0.000687	0.001913	0.000680	0.001888	0.000674	0.001863	0.000667	0.001839	0.000661	0.001815
	20-24	0.000814	0.002400	0.000799	0.002360	0.000784	0.002320	0.000769	0.002281	0.000755	0.002243
	25-29	0.000876	0.002813	0.000846	0.002744	0.000816	0.002677	0.000789	0.002612	0.000761	0.002548
	30-34	0.001120	0.003332	0.001080	0.003241	0.001039	0.003154	0.001001	0.003069	0.000964	0.002986
	35-39	0.001697	0.004649	0.001669	0.004604	0.001639	0.004559	0.001612	0.004514	0.001584	0.004470
	40-44	0.002249	0.006123	0.002233	0.006111	0.002214	0.006099	0.002197	0.006086	0.002179	0.006074
	45-49	0.003239	0.007675	0.003213	0.007645	0.003184	0.007616	0.003158	0.007586	0.003130	0.007557
	50-54	0.004325	0.010435	0.004287	0.010401	0.004243	0.010367	0.004204	0.010333	0.004162	0.010300
	55-59	0.006139	0.013308	0.006042	0.013197	0.005936	0.013086	0.005839	0.012976	0.005738	0.012868
	60-64	0.008849	0.017446	0.008697	0.017222	0.008539	0.017002	0.008390	0.016785	0.008239	0.016570
	65-69	0.012918	0.022683	0.012698	0.022338	0.012475	0.021999	0.012260	0.021664	0.012047	0.021335
	70-74	0.020722	0.034530	0.020372	0.034039	0.020015	0.033555	0.019674	0.033078	0.019332	0.032607
	75-79	0.033131	0.047894	0.032583	0.047097	0.032047	0.046313	0.031518	0.045543	0.030998	0.044785
80-84	0.056214	0.071537	0.055139	0.070210	0.054078	0.068908	0.053042	0.067630	0.052022	0.066375	
85-89	0.085511	0.101926	0.083882	0.099826	0.082317	0.097770	0.080759	0.095756	0.079245	0.093783	
90-94	0.128591	0.132730	0.126379	0.130097	0.124290	0.127516	0.122178	0.124987	0.120140	0.122507	
95-99	0.160986	0.097897	0.158143	0.095546	0.155605	0.093252	0.152936	0.091012	0.150428	0.088827	

ตารางที่ 4.4 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
North	1-4	0.000375	0.000453	0.000365	0.000442	0.000356	0.000431	0.000347	0.000420	0.000338	0.000409
	5-9	0.000210	0.000262	0.000202	0.000251	0.000194	0.000241	0.000187	0.000231	0.000179	0.000222
	10-14	0.000286	0.000350	0.000281	0.000346	0.000277	0.000342	0.000272	0.000338	0.000268	0.000334
	15-19	0.000447	0.001343	0.000443	0.001326	0.000439	0.001308	0.000434	0.001291	0.000430	0.001275
	20-24	0.000481	0.001621	0.000472	0.001594	0.000463	0.001567	0.000454	0.001541	0.000445	0.001515
	25-29	0.000486	0.001639	0.000470	0.001599	0.000453	0.001560	0.000438	0.001522	0.000423	0.001485
	30-34	0.000697	0.002606	0.000672	0.002535	0.000647	0.002467	0.000623	0.002400	0.000600	0.002335
	35-39	0.001253	0.004211	0.001233	0.004170	0.001211	0.004129	0.001191	0.004089	0.001170	0.004049
	40-44	0.001856	0.005646	0.001842	0.005635	0.001827	0.005623	0.001813	0.005612	0.001798	0.005601
	45-49	0.002474	0.007220	0.002454	0.007192	0.002432	0.007164	0.002412	0.007136	0.002391	0.007108
	50-54	0.003570	0.009213	0.003539	0.009183	0.003503	0.009153	0.003470	0.009123	0.003436	0.009094
	55-59	0.005146	0.011425	0.005065	0.011329	0.004976	0.011234	0.004895	0.011140	0.004811	0.011047
	60-64	0.008581	0.015668	0.008434	0.015468	0.008281	0.015270	0.008136	0.015075	0.007990	0.014882
	65-69	0.014829	0.022828	0.014576	0.022481	0.014320	0.022140	0.014074	0.021803	0.013829	0.021472
70-74	0.025786	0.035915	0.025351	0.035404	0.024907	0.034901	0.024482	0.034404	0.024056	0.033915	
75-79	0.042108	0.055479	0.041412	0.054555	0.040730	0.053647	0.040058	0.052754	0.039397	0.051876	
80-84	0.066816	0.085127	0.065539	0.083548	0.064277	0.081998	0.063046	0.080478	0.061834	0.078985	
85-89	0.107155	0.126365	0.105114	0.123762	0.103153	0.121212	0.101200	0.118715	0.099303	0.116270	
90-94	0.155112	0.175792	0.152444	0.172304	0.149923	0.168886	0.147376	0.165536	0.144918	0.162252	
95-99	0.176570	0.150294	0.173452	0.146685	0.170668	0.143163	0.167741	0.139725	0.164990	0.136370	

ตารางที่ ๓.4 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Northeast	1-4	0.000366	0.000503	0.000357	0.000490	0.000348	0.000478	0.000340	0.000466	0.000332	0.000454
	5-9	0.000252	0.000361	0.000246	0.000347	0.000239	0.000333	0.000232	0.000319	0.000226	0.000306
	10-14	0.000337	0.000516	0.000335	0.000510	0.000333	0.000504	0.000332	0.000498	0.000330	0.000493
	15-19	0.000479	0.001228	0.000481	0.001212	0.000484	0.001197	0.000487	0.001181	0.000490	0.001166
	20-24	0.000416	0.001361	0.000415	0.001338	0.000415	0.001316	0.000414	0.001293	0.000413	0.001272
	25-29	0.000469	0.001498	0.000458	0.001461	0.000447	0.001425	0.000436	0.001390	0.000425	0.001356
	30-34	0.000636	0.002036	0.000613	0.001981	0.000589	0.001928	0.000567	0.001876	0.000546	0.001825
	35-39	0.001023	0.003222	0.001001	0.003191	0.000978	0.003160	0.000956	0.003129	0.000934	0.003099
	40-44	0.001573	0.004472	0.001556	0.004463	0.001536	0.004455	0.001518	0.004446	0.001500	0.004437
	45-49	0.002410	0.005676	0.002385	0.005654	0.002358	0.005632	0.002332	0.005610	0.002306	0.005588
	50-54	0.003510	0.008073	0.003446	0.008047	0.003378	0.008021	0.003315	0.007994	0.003252	0.007968
	55-59	0.005340	0.010965	0.005212	0.010873	0.005077	0.010782	0.004952	0.010692	0.004826	0.010602
	60-64	0.008997	0.015609	0.008798	0.015409	0.008595	0.015212	0.008402	0.015017	0.008210	0.014825
	65-69	0.014740	0.022907	0.014481	0.022559	0.014220	0.022216	0.013968	0.021879	0.013718	0.021546
	70-74	0.024423	0.033965	0.024106	0.033482	0.023777	0.033006	0.023463	0.032537	0.023147	0.032074
	75-79	0.038799	0.050951	0.038150	0.050103	0.037514	0.049269	0.036887	0.048449	0.036272	0.047643
80-84	0.065421	0.079061	0.064464	0.077595	0.063511	0.076156	0.062579	0.074743	0.061656	0.073357	
85-89	0.103565	0.116841	0.101732	0.114434	0.099971	0.112077	0.098215	0.109768	0.096507	0.107507	
90-94	0.162238	0.152651	0.160325	0.149623	0.158541	0.146655	0.156705	0.143745	0.154939	0.140894	
95-99	0.184640	0.143235	0.181938	0.139796	0.179570	0.136439	0.177035	0.133163	0.174669	0.129965	

ตารางที่ ๓.4 ค่าพยากรณ์อัตราประจําตัวแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
South	1-4	0.000488	0.000701	0.000476	0.000688	0.000464	0.000674	0.000452	0.000662	0.000440	0.000649
	5-9	0.000256	0.000418	0.000246	0.000408	0.000237	0.000398	0.000227	0.000388	0.000219	0.000379
	10-14	0.000349	0.000568	0.000344	0.000557	0.000338	0.000546	0.000333	0.000535	0.000327	0.000524
	15-19	0.000486	0.001350	0.000481	0.001307	0.000477	0.001266	0.000472	0.001226	0.000467	0.001187
	20-24	0.000523	0.001408	0.000514	0.001353	0.000504	0.001300	0.000494	0.001250	0.000485	0.001201
	25-29	0.000636	0.001577	0.000615	0.001499	0.000593	0.001425	0.000573	0.001355	0.000553	0.001288
	30-34	0.000902	0.001946	0.000870	0.001837	0.000837	0.001734	0.000807	0.001636	0.000777	0.001544
	35-39	0.001316	0.002883	0.001295	0.002786	0.001271	0.002692	0.001250	0.002601	0.001228	0.002513
	40-44	0.001767	0.003712	0.001754	0.003608	0.001739	0.003506	0.001726	0.003408	0.001712	0.003312
	45-49	0.002364	0.005320	0.002345	0.005245	0.002324	0.005172	0.002305	0.005099	0.002285	0.005027
	50-54	0.003282	0.007676	0.003253	0.007650	0.003220	0.007625	0.003190	0.007599	0.003159	0.007574
	55-59	0.004401	0.010324	0.004332	0.010256	0.004256	0.010189	0.004186	0.010122	0.004114	0.010055
	60-64	0.006533	0.014373	0.006421	0.014285	0.006304	0.014197	0.006194	0.014110	0.006083	0.014023
	65-69	0.010020	0.020320	0.009849	0.020144	0.009676	0.019969	0.009510	0.019795	0.009344	0.019623
70-74	0.016427	0.029387	0.016150	0.029002	0.015867	0.028622	0.015596	0.028246	0.015325	0.027876	
75-79	0.028370	0.046056	0.027902	0.045577	0.027442	0.045102	0.026989	0.044633	0.026544	0.044168	
80-84	0.046886	0.068300	0.045990	0.067381	0.045105	0.066475	0.044241	0.065581	0.043390	0.064700	
85-89	0.078464	0.102815	0.076969	0.101690	0.075533	0.100577	0.074104	0.099477	0.072715	0.098388	
90-94	0.121616	0.130093	0.119524	0.128728	0.117548	0.127379	0.115551	0.126043	0.113624	0.124721	
95-99	0.129705	0.111378	0.127415	0.109156	0.125370	0.106979	0.123219	0.104845	0.121199	0.102754	



ตารางที่ 4.4 ค่าพยากรณ์อัตราการตายแบบ 2-TACF (ต่อ)

Region	Age Group	2562		2563		2564		2565		2566	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
West	1-4	0.000477	0.000693	0.000465	0.000676	0.000453	0.000659	0.000441	0.000642	0.000430	0.000626
	5-9	0.000228	0.000375	0.000219	0.000360	0.000211	0.000345	0.000202	0.000331	0.000194	0.000318
	10-14	0.000285	0.000509	0.000281	0.000503	0.000276	0.000497	0.000271	0.000491	0.000267	0.000486
	15-19	0.000537	0.001478	0.000531	0.001459	0.000526	0.001440	0.000521	0.001421	0.000516	0.001403
	20-24	0.000542	0.001514	0.000532	0.001489	0.000522	0.001464	0.000512	0.001439	0.000503	0.001415
	25-29	0.000674	0.001667	0.000651	0.001626	0.000628	0.001586	0.000607	0.001548	0.000586	0.001510
	30-34	0.000936	0.002156	0.000903	0.002098	0.000868	0.002041	0.000837	0.001986	0.000806	0.001932
	35-39	0.001365	0.003192	0.001343	0.003161	0.001319	0.003130	0.001297	0.003100	0.001275	0.003070
	40-44	0.001939	0.004727	0.001925	0.004717	0.001908	0.004708	0.001894	0.004698	0.001878	0.004689
	45-49	0.002589	0.006045	0.002569	0.006021	0.002546	0.005998	0.002525	0.005974	0.002503	0.005951
	50-54	0.003611	0.008426	0.003580	0.008399	0.003543	0.008371	0.003510	0.008344	0.003476	0.008317
	55-59	0.004908	0.010889	0.004830	0.010798	0.004745	0.010708	0.004668	0.010618	0.004587	0.010529
	60-64	0.007564	0.015171	0.007435	0.014977	0.007300	0.014785	0.007172	0.014596	0.007043	0.014409
	65-69	0.011487	0.021628	0.011291	0.021299	0.011093	0.020976	0.010902	0.020657	0.010712	0.020343
70-74	0.019265	0.031492	0.018940	0.031044	0.018608	0.030602	0.018291	0.030167	0.017973	0.029738	
75-79	0.032496	0.047118	0.031960	0.046333	0.031433	0.045562	0.030914	0.044804	0.030405	0.044058	
80-84	0.054376	0.069322	0.053337	0.068037	0.052310	0.066775	0.051308	0.065536	0.050321	0.064321	
85-89	0.091938	0.105272	0.090186	0.103103	0.088503	0.100979	0.086828	0.098899	0.085201	0.096862	
90-94	0.140252	0.132402	0.137840	0.129775	0.135561	0.127201	0.133257	0.124677	0.131035	0.122204	
95-99	0.166304	0.094310	0.163368	0.092045	0.160746	0.089835	0.157989	0.087678	0.155398	0.085572	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เธียรธร จุฬานุตรกุล
วัน เดือน ปี เกิด	29 ตุลาคม 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนสตรีวิทยา ระดับปริญญาตรี : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	174 ซอยโชติวัฒน์ 3 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800



1584921123

CD :Thesis 5970203821 thesis / recv: 02082562 03:28:15 / seq: 21