

บทคัดย่อ

อัตราการตายเป็นหนึ่งในตัวกำหนดโครงสร้างประชากร และมักใช้เป็นดัชนีชี้วัดภาวะสุขภาพแบบภาพเฉลี่ย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในประเทศไทย ดังนั้นอัตราการตายตามกลุ่มอายุและเพศจึงได้รับการบรรจุไว้ในดัชนีชี้วัดสุขภาพระดับชาติ เช่น อัตราตายทารก อัตราตายของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี อัตราตายมารดา รวมทั้งอายุคาดเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดที่ได้มาจากการคำนวณจากอัตราการตายรายอายุในตารางชีพ

การพยากรณ์อัตราการตายรายอายุสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพยากรณ์ด้วยโมเดลพารามิเตอร์ (Parameterisation model) โมเดลสถิติลี-คาร์เตอร์ (Lee and Carter) และโมเดลอายุ-ช่วงเวลา-รุ่นอายุ (Age-Period-Cohort model) การศึกษาที่ใช้ข้อมูล 3 แหล่ง คือ จำนวนคนเสียชีวิตระหว่าง พ.ศ. 2501 – 2548 จากสถิติสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข จำนวนประชากรระหว่าง พ.ศ. 2480 - 2543 จากสำมะโนประชากร จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ และจำนวนประชากร พ.ศ. 2548 คาดประมาณโดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อเสนอการพยากรณ์อัตราการตายรายกลุ่มอายุของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2549 - 2593 ด้วยเทคนิค probabilistic population forecast รวมทั้งทิศทางและความเป็นไปได้ของอัตราการตายในเชิงเปรียบเทียบระหว่างเพศและกลุ่มอายุ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถพยากรณ์ช่วงของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้และความเป็นไปได้ของช่วงข้อมูลนั้น

ผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 80 และ 95 อัตราตายในกลุ่มเด็กอายุ 5 - 14 ปี มีแนวโน้มลดลง แต่กลุ่มเด็กชายมีช่วงของความเป็นไปได้ของอัตราการตายกว้างกว่ากลุ่มเด็กหญิง ประชากรในกลุ่มอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปมีอัตราการตายค่อนข้างคงที่ ยกเว้นบางกลุ่มอายุในเพศหญิง และมีช่วงของความเป็นไปได้ของอัตราการตายกว้างขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยเฉพาะประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปผลลัพธ์นี้สามารถนำไปใช้เพื่อสร้างตารางชีพคำนวณหาแนวโน้มของอายุคาดเฉลี่ยและประกอบการศึกษาภาพประชากรซึ่งจะเป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่งเพื่อสนับสนุนการวางแผนนโยบายจากการคาดประมาณประชากรด้วยเทคนิคอื่นๆ

คำสำคัญ: การพยากรณ์ประชากร การคาดประมาณประชากร อัตราตายรายอายุ

¹ อาจารย์ประจำ สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

PROBABILISTIC FORECAST OF AGE SPECIFIC DEATH RATE IN THAILAND

Jongjit Ritthirong¹

ABSTRACT

The mortality rate is one of the core demographic determinants influencing population structure, and is typically used as a health indicator, and is related to socio-economic status of population. In Thailand, therefore, the age-specific death rate is an important component of national health indicators and includes, for example, the infant mortality rate, the under-five mortality rate, the maternal mortality rate, and life expectancy at birth derived from life tables.

Estimates of the age-specific death rate can be calculated by many approaches such as parameterization model, the Lee and Carter model, and the Age-Period-Cohort model. The objective of this study is to conduct a probabilistic forecast of age-specific death rates in Thailand during 2006-2050, and their directions and probabilities by comparative analysis between sex and age groups. Three data sources are used: Number of deaths during 1958-2005 published by the Ministry of Public Health; the number of population during 1937-2000 published by National Statistical Office of Thailand, and the number of the population in 2005 projected by the Institute for Population and Social Research, Mahidol University. The advantages of this method are the ability to forecast a range of results and probabilities of the ranges.

This study found that (at the confidence levels of 80% and 95%) the death rates of children whose ages were 5-14 tend to decrease for both sexes. However, the ranges of death-rate probability among male children are slightly wider than that of female children. Among adults age 15 years or over, the death rates in older ages remained constant. The ranges of death-rate probability were wider when the population was older. The results of this study could be used to construct life tables and calculation of life expectancy. When associated with a population projection, the outcome of the probabilistic population forecast, as another source of data with a different technique, contributes to population-related policy making.

KEYWORDS: Probabilistic population forecast, Age specific death rate

¹ Academic Staff, Institute for Population and Social Research, Mahidol University

บทนำ

อัตราตายเป็นหนึ่งในตัวกำหนดโครงสร้างประชากรและมักใช้เป็นดัชนีชี้วัดภาวะสุขภาพแบบภาพเฉลี่ย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในประเทศไทย ประเทศที่มีสถานะทางเศรษฐกิจดีจะสามารถพัฒนาระบบสาธารณสุข และสวัสดิการเพื่อส่งเสริมให้ประชากรมีสุขภาพและความเป็นอยู่ดี ในทางกลับกัน เมื่อประชากรที่มีสุขภาพและความเป็นอยู่ดีจะเป็นกลไกและทรัพยากรที่จะสามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศได้ ดังนั้นอัตราตายตามกลุ่มอายุและเพศจึงได้รับการบรรจุไว้ในดัชนีชี้วัดสุขภาพระดับชาติ เช่น อัตราตายทารก อัตราตายของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี อัตราตายมารดา รวมทั้งอายุคาดเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดที่ได้มาจากการคำนวณจากอัตราตายรายอายุในตารางชีพ และนำไปสู่การฉายภาพประชากร (United Nations 2006; สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข 2558)

การฉายภาพประชากร หรือการพยากรณ์ประชากรเป็นการคาดประมาณจำนวนประชากรในประเทศหรือพื้นที่หนึ่งที่จะมีในอนาคต ขนาดและโครงสร้างประชากร ณ เวลาหนึ่ง มีเพศและอายุเป็นตัวกำหนดโครงสร้าง จำนวนประชากรและคุณลักษณะทางประชากร ได้แก่ เพศและอายุนั้นเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการวางแผนนโยบายของประเทศ ทั้งด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม และสุขภาพ เช่น การให้บริการสุขภาพและสาธารณสุข กองทุนสวัสดิการสังคม การจัดการที่พักอาศัย การศึกษา แรงงานและการจ้างงาน (ปราโมทย์ 2543) แม้ว่าการฉายภาพประชากรด้วยเทคนิคการฉายภาพประชากรตามองค์ประกอบรุ่นอายุ (cohort-component method) ซึ่งเป็นการคำนวณประชากรแต่ละอายุจากองค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงประชากรและวิธีการทางสถิติจะได้รับความนิยมและใช้ในการคาดประมาณประชากรของประเทศ แต่เทคนิคเหล่านี้ต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรทั้ง 3 องค์ประกอบ เพื่อตั้งเป็นข้อสมมุติ โดยทั่วไปการตั้งสมมุติฐานมี 3 ระดับ คือ ภาวะเจริญพันธุ์ระดับต่ำ ภาวะเจริญพันธุ์ระดับกลาง และภาวะเจริญพันธุ์ระดับสูง และตั้งข้อสมมุติเช่นเดียวกันกับภาวะการตายและการย้ายถิ่น (ปราโมทย์ 2543; สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2556) เทคนิคเหล่านี้จึงมีข้อจำกัดที่ไม่

¹ อาจารย์ประจำ สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

สามารถระบุความไม่แน่นอน (uncertainty) ของการคาดประมาณจำนวนประชากรในเชิงตัวเลขได้ และช่วงของจำนวนประชากรมีความผันแปรมาก เนื่องจากการคาดประมาณกำหนดเป็นระดับต่ำ กลาง และสูง ไคล์แมน นักเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยออสโล (University of Oslo) ประเทศนอร์เวย์ และคณะ (Keilman และคณะ 2001, 2002, 2008) ได้เสนอว่าการพยากรณ์ประชากรควรนำเสนอ 2 ประเด็น คือ ช่วงของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้และความเป็นไปได้ของช่วงข้อมูลประชากรนั้น ซึ่งเทคนิค probabilistic population forecast ที่นำเสนอในบทความนี้สามารถแสดงผลดังกล่าวได้ และไม่ต้องใช้ข้อมูลภาวะเจริญพันธุ์และการย้ายถิ่นเพื่อตั้งสมมติฐาน

ภายใต้ข้อสมมติฐานการย้ายถิ่นระหว่างประเทศที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงประชากรของประเทศไทยอย่างมีนัยสำคัญ หรือจำนวนคนย้ายถิ่นเข้าและออกมีจำนวนใกล้เคียงกันจนทำให้ อัตราการย้ายสุทธิเป็นศูนย์ (Population-Reference-Bureau 2015) จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงประชากรขึ้นอยู่กับอัตราเพิ่มธรรมชาติที่มีการเกิดและการตายเป็นองค์ประกอบหลัก ในปีนี้ศึกษาภาวะเจริญพันธุ์ต่ำกว่าระดับทดแทน (Institute for population and social research 2010; (Population-Reference-Bureau 2015) ดังนั้น ภาวะการตายจึงเป็นตัวกำหนดสำคัญที่ทำให้จำนวนประชากรในประเทศไทยเปลี่ยนแปลง การศึกษาจึงเสนอการพยากรณ์อัตราตายรายกลุ่มอายุและเพศ ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2549 - 2593 ด้วยเทคนิค probabilistic population forecast รวมทั้งทิศทางและความเป็นไปได้ของอัตราตายในเชิงเปรียบเทียบระหว่างเพศและกลุ่มอายุ ซึ่งผลลัพธ์สามารถนำไปใช้เพื่อสร้างตารางชีพ (ปราโมทย์ ประสาทกุล และปัทมา 2544) และประกอบการฉายภาพประชากร ซึ่งจะเป็ข้อมูลอีกชุดหนึ่งเพื่อสนับสนุนการวางนโยบาย เช่น นโยบายการสร้างสาธารณูปโภค โรงพยาบาล การผลิตบุคลากรด้านการแพทย์หรือบุคลากรเพื่อดูแลประชากรสูงอายุ จากการคาดประมาณประชากรด้วยเทคนิคที่นิยมใช้ คือ การฉายภาพประชากรด้วยเทคนิคการฉายภาพประชากรตามองค์ประกอบรุ่นอายุ วิธีการคาดประมาณด้วยแนวโน้ม (trend based methods) วิธีการอัตราส่วน (ratio method) เป็นต้น

แหล่งข้อมูล

การพยากรณ์อัตราตายรายอายุและเพศระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2593 โดยมีข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2501 - 2548 เป็นข้อมูลปีฐาน (base year) และ ปี พ.ศ. 2549 เป็นปีแรกที่พยากรณ์ (launch year) ในการคำนวณอัตราตายรายอายุใช้ข้อมูล 2 ส่วน คือ จำนวนคนเสียชีวิต และจำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ ซึ่งข้อมูลนี้ได้มาจาก 3 แหล่ง ดังนี้

- จำนวนคนเสียชีวิตระหว่าง พ.ศ. 2501 – 2548 จากสถิติสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข
- จำนวนประชากรระหว่าง พ.ศ. 2480 - 2543 จากสำมะโนประชากร จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ
- จำนวนประชากร พ.ศ.2548 คาดประมาณโดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล (Institute for population and social research, 2006)

การพยากรณ์จากข้อมูลฐานที่เก็บเป็นระยะเวลายาวจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้จัดการข้อมูลให้ครอบคลุมช่วงเวลายาวนานที่สุดจนถึงปีที่ทำการศึกษา พ.ศ. 2552) เนื่องจากข้อมูลจำนวนคนเสียชีวิต ณ วันที่ศึกษามีข้อมูลล่าสุดจาก พ.ศ. 2550 ย้อนหลังไปถึง พ.ศ.2501 แต่จำนวนประชากรได้จากสำมะโนประชากร ซึ่งปีหลังสุดได้จัดทำใน พ.ศ. 2543 และมีข้อมูลย้อนหลังไปถึง พ.ศ. 2480 ซึ่งข้อมูลสำมะโนแตกต่างจากข้อมูลสถิติการเสียชีวิต คือ ข้อมูลสถิติการเสียชีวิตจัดเก็บเป็นรายปีแต่ข้อมูลสำมะโนจัดเก็บเป็นช่วงเวลา โดยเริ่มเก็บทุกช่วงเวลา 10 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2503 เป็นต้นมา (สำนักงานสถิติแห่งชาติ 2547; สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข 2558) นอกจากนี้ยังได้นำข้อมูลจำนวนประชากร พ.ศ. 2548 จากการคาดประมาณประชากรเผยแพร่โดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล มาใช้เพื่อขยายเวลาข้อมูลฐานให้สามารถครอบคลุมช่วง พ.ศ. 2501 - 2548 เพื่อให้เริ่มช่วงพยากรณ์ได้ตั้งแต่ พ.ศ. 2549 ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวจะสอดคล้องกับการคาดประมาณประชากรที่เผยแพร่โดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล (Institute for population and social research, 2006)

จะเห็นได้ว่าข้อมูลเหล่านี้ถูกจัดเก็บและเผยแพร่โดยหน่วยงานวิธีการและระยะเวลาที่ต่างกันไป ดังนั้น ก่อนนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาจึงจำเป็นต้องปรับข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากที่สุด (Moultrie 2013) ขั้นตอนการปรับข้อมูลได้อธิบายในวิธีการดำเนินงานในหัวข้อถัดไป

วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับข้อมูล และการพยากรณ์อัตราตายรายอายุ

การปรับข้อมูล

อัตราตายรายอายุคำนวณได้จากการหารจำนวนคนเสียชีวิตด้วยจำนวนประชากรที่อยู่ในกลุ่มอายุเดียวกัน (ปราโมทย์ 2543) ดังนั้น การปรับข้อมูลจะดำเนินการกับข้อมูลทั้งส่วนที่เป็นตัวตั้ง คือ จำนวนคนเสียชีวิต และข้อมูลที่เป็นตัวหาร คือ ข้อมูลจำนวนประชากร ดังนี้

จำนวนคนเสียชีวิต

จำนวนคนเสียชีวิตระหว่าง พ.ศ. 2501 – 2548 ซึ่งได้มาจากหน่วยงานที่เก็บข้อมูลต่างกัน ในบางช่วงเวลาถูกจัดแบ่งตามกลุ่มอายุที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะกลุ่มอายุสุดท้ายที่เป็นกลุ่มอายุเปิด อีกทั้งไม่สามารถระบุอายุของคนเสียชีวิตบางส่วนได้ ดังนั้น เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มอายุของประชากรให้เหมือนกันและกระจายกลุ่มคนเสียชีวิตที่ไม่สามารถระบุอายุเมื่อเสียชีวิตได้ (Moultrie 2013) การศึกษานี้จึงจัดแบ่งประชากรตามเพศและกลุ่มอายุ 5 ปี ยกเว้นช่วงอายุต่ำกว่า 5 ปี ดังนี้ 5 - 9, 10 - 14, 15 - 19, ..., 80 - 84 และมีกลุ่มอายุ 85 ปีขึ้นไป เป็นกลุ่มอายุสุดท้าย และใช้เทคนิคการกระจายจำนวนคนเสียชีวิตตามสัดส่วน (proportional distribution) เพื่อกระจายจำนวนประชากรเสียชีวิตกลุ่มอายุสุดท้ายและกลุ่มที่ไม่สามารถระบุอายุได้กลับเข้าไปตามสัดส่วนที่พบในปีก่อนหน้า เนื่องจากอัตราตายในกลุ่มอายุต่ำกว่า 5 ปี มีความแปรผันมากซึ่งมีสาเหตุมาจากความไม่สมบูรณ์ของการรายงานการเสียชีวิตในเด็กและจะทำให้การพยากรณ์ผิดไปจากความเป็นจริง การศึกษานี้จึงไม่นำกลุ่มเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปีมาใช้ในการพยากรณ์ (Preston Heuveline & Guillot 2000)

จำนวนประชากร

การปรับจำนวนประชากรมีหลายขั้นตอนและต้องใช้เทคนิคทางประชากรแบบอ้อม (indirect demographic technique) (Moultrie 2013) เพราะความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล ในบทความนี้จะไม่อธิบายรายละเอียดของเทคนิคการคำนวณ แต่จะสามารถศึกษารายละเอียดการปรับข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์การตาย ได้จากหนังสือหรือบทความที่ระบุไว้ในบรรณานุกรม (United Nations 1970) การปรับข้อมูลจำนวนประชากรตามปัจจัยและความคลาดเคลื่อนโดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคุ้มครองและการรายงานอายุ

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคุ้มครอง (coverage) เกิดจากข้อมูลที่ตกจดทะเบียน หรือจดทะเบียนเกิน ใช้เทคนิค General Growth Balance (GGB) โดยเทคนิคนี้จะเปรียบเทียบข้อมูลสำมะโนทีละคู่ โดยจะยึดปีหลังสุดเป็นหลักและเปรียบเทียบกับปีใกล้เคียงแบบย้อนหลัง (Dorrington 2013a) เนื่องจากมีการศึกษา พบว่า การสำมะโนประชากรในประเทศไทยปีหลังจะ

ถูกต้องสมบูรณ์กว่าสามะโนปีก่อนหน้า (Luther และคณะ 1986) ผลจากเทคนิค GGB ทำให้ทราบร้อยละความสมบูรณ์ของข้อมูลจำนวนประชากร และจำนวนคนเสียชีวิตระหว่างช่วงเวลาสามะโน การปรับข้อมูลในขั้นตอนนี้ทำได้โดยนำส่วนกลับของความสมบูรณ์ของจำนวนประชากรไปคูณกับจำนวนประชากรในปีนั้น และนำส่วนกลับของความสมบูรณ์ของจำนวนคนเสียชีวิตไปคูณกับจำนวนคนเสียชีวิตระหว่างช่วงเวลาสามะโน เนื่องจากเทคนิคนี้มีความไวต่อความผิดพลาดที่เกิดจากการรายงานอายุ การศึกษานี้จึงได้นำเทคนิค Synthetic Extinct Generations(SEG) มาใช้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนดังกล่าว (Dorrington 2013b)

หลังจากจัดการข้อมูลด้วยเทคนิค GGB แล้ว จึงนำเทคนิค SEG มาใช้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการรายงานอายุ โดยนำส่วนกลับของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้นี้ไปคูณกับจำนวนคนเสียชีวิต เพื่อปรับข้อมูลจำนวนคนเสียชีวิตระหว่างช่วงสามะโน เทคนิคนี้ไวต่อความผิดพลาดที่เกิดจากการคุ่มรวมมากกว่าเทคนิค GGB ดังนั้น การนำเทคนิควิธีทั้งสองมาใช้จะสามารถลดทอนความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดจากใช้เพียงวิธีใดวิธีหนึ่ง (Hill และคณะ 2006)

อย่างไรก็ตาม สองวิธีนี้เหมาะกับข้อมูลของประเทศไทยที่มีอัตราการเพิ่มประชากรไม่เป็นศูนย์ หรือประชากรไม่คงรูป (non-stable population) (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม 2558) โดยอยู่ภายใต้ข้อสมมุติทางประชากรคือการย้ายถิ่นระหว่างประเทศไม่ส่งผลกระทบต่อารเปลี่ยนแปลงประชากร หรือเป็นประชากรปิด (close population) (Hill และคณะ 2006)

ข้อมูลจากช่วงสามะโนประชากร

ข้อมูลจำนวนประชากรไทยถูกจัดเก็บเป็นช่วงเวลา โดยเริ่มจัดเก็บทุก 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 จนถึงครั้งหลังสุดที่ทำการศึกษานี้ คือ พ.ศ. 2543 ข้อมูลประชากรที่เก็บตามช่วงเวลานั้นสามารถทำให้นามาคำนวณอัตราตายรายอายุและเพศในแต่ละปีได้ โดยวิธีการประมาณในช่วงแบบเส้นตรง (linear interpolation) (Timaeus 2013) เพื่อให้ได้จำนวนประชากรรายปีระหว่างปีสามะโน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 จนถึงปี พ.ศ. 2543 การวิเคราะห์ข้อมูลยังต้องการข้อมูลประชากรนอกช่วงสามะโน จึงใช้วิธีการประมาณนอกช่วงแบบเส้นตรง (linear extrapolation) ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนประชากรครอบคลุมระหว่างปี พ.ศ. 2501 – 2543 ครบทุกปี

การขยายขอบเขตข้อมูลจำนวนประชากรให้ครอบคลุมจนถึงปี พ.ศ. 2548

ได้นำจำนวนประชากรปี พ.ศ.2548 ที่คาดประมาณ โดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อให้ข้อมูลประชากรฐานจนครอบคลุมถึงปีสุดท้ายของปีฐาน ก่อนเริ่มการ

พยากรณ์ในปีแรก พ.ศ. 2549 โดยคำนวณจำนวนประชากรระหว่างปี พ.ศ.2543 – 2548 ด้วยวิธีการประมาณในช่วงแบบเส้นตรง ข้อมูลชุดนี้แบ่งตามกลุ่มอายุ 5 ปี ตามที่ได้แจกแจงไว้ในการปรับข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลทั้งสองส่วนครบทุกปีตลอดช่วงปีฐานแล้ว จึงคำนวณอัตราตายรายอายุ จำแนกตามเพศ แล้วจึงได้นำข้อมูลอัตราตายรายอายุ จำแนกตามเพศนี้มาพยากรณ์แนวโน้มในอนาคตต่อไป

การพยากรณ์

ข้อมูลคนเสียชีวิตและจำนวนประชากร เป็นข้อมูลตั้งต้นที่ใช้คำนวณอัตราตายรายอายุ และเพศในแต่ละปีที่เป็นข้อมูลต่อเนื่องจากปี พ.ศ. 2501 จนถึงปี พ.ศ. 2548 ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (time series) ในการพยากรณ์แบบ probabilistic population forecast นี้ใช้ ARIMA (Auto-Regressive Integrated Moving Average) ซึ่งนิยมใช้เป็นแบบจำลอง เพื่อการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา เพราะสามารถกำหนดความเหลื่อมของชุดข้อมูล (lags of the differenced series) และ/หรือความเหลื่อมของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (lags of the forecast errors) ในแบบจำลองได้ (Duke University, 2010) แบบจำลอง ARIMA นี้ได้รับความนิยมเพื่อใช้สร้างแบบจำลองเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่นักประชากรบางท่านยังได้นำแบบจำลองนี้มาใช้พยากรณ์จำนวนประชากรด้วยข้อมูลประวัติศาสตร์อีกด้วย (Pankratz 1991 and Wooldridge 2002) เนื่องจากสามารถจัดการความสัมพันธ์เชิงเวลาได้ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป จึงเหมาะแก่การนำมาใช้ในการพยากรณ์จากข้อมูลอนุกรมเวลาของอัตราตายรายอายุ และเพศ

การประมวลผลการพยากรณ์ใช้โปรแกรมทางประชากรที่พัฒนาขึ้นบนซอฟต์แวร์รหัสเปิด R (open source software) ที่มีหน่วยคำนวณ ARIMA ที่พัฒนาโดย Hyndman และคณะ (2008) ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่า อัตราตายรายอายุและเพศในแต่ละกลุ่มอายุนั้นเป็นอิสระจากกลุ่มอายุอื่น รวมทั้งไม่มีอิทธิพลจากเพศตรงข้ามภาวะเจริญพันธุ์ และการย้ายถิ่น ผลลัพธ์จากการพยากรณ์คือ อัตราตายรายอายุ ช่วงของอัตราตายรายอายุที่เป็นไปได้ และค่าความเป็นไปได้ของอัตราช่วงนั้นๆ

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเสนอในเชิงเปรียบเทียบอัตราตายจากการพยากรณ์ระหว่างกลุ่มอายุ และอัตราตายระหว่างเพศ โดยเสนออัตราตายที่ได้จากการพยากรณ์ รวมทั้งช่วงของอัตราที่เป็นไปได้ที่

ระดับความเชื่อมั่นสองระดับ คือ 80 และ 95 ตามลำดับ เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลที่ความเชื่อมั่นระดับน่าเชื่อถือได้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 – 2593 นอกจากนี้ยังเสนอแบบแผนการตายในแต่ละกลุ่มอายุ โดยเปรียบเทียบระหว่างปีที่พยากรณ์อีกด้วย

ตารางที่ 1 และ 2 แสดงอัตราตายรายอายุเพศชายและหญิง ตามลำดับ ที่ได้จากการพยากรณ์ โดยเสนอเป็นช่วงเวลา ช่วงละ 5 ปี ยกเว้นช่วงแรกที่เสนออัตราตายปีที่เริ่มพยากรณ์ คือ พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2553 ต่อเนื่องไปจนถึงปี พ.ศ. 2593 เนื่องจากอัตราตายบางกลุ่มอายุที่ได้จากการพยากรณ์ต่ำกว่าศูนย์ จึงแสดงเป็นช่องที่บัพและกลุ่มอายุต่ำกว่า 5 ปี ไม่ถูกแสดงด้วยเหตุผลที่ชี้แจงไว้ในหัวข้อการปรับข้อมูล

จากการศึกษา พบว่า การพยากรณ์อัตราตายเพศชายกลุ่มอายุ 25 - 29 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2593 มีค่าไม่สมเหตุสมผล กล่าวคืออัตราตายมีค่าเป็นลบ โดยมากอัตราตายที่พยากรณ์ได้จะมีค่าคงที่ แต่ช่วงของอัตราที่เป็นไปได้ของความเชื่อมั่นทั้งระดับ 80 และ 95 จะแตกต่างกัน เพศชายที่มีอัตราตายไม่คงที่อยู่ในกลุ่มอายุ 25 - 29 และ 30 - 34 ปี โดยอัตราตายมีแนวโน้มลดลงต่ำลง ส่วนอัตราตายเพศหญิงที่ไม่คงที่พบในกลุ่มอายุ 5 - 9, 20 - 24, 25 - 29, 30 - 34 และ 35 - 39 ปี โดยอัตราตายมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน โดยในกลุ่มอายุ 30 - 34 ปี จะลดลงจนคงที่ในปี พ.ศ. 2565

รูปที่ 1 และ 2 แสดงแบบแผนอัตราตายรายอายุเพศชายและหญิงตามลำดับ โดยเสนอเปรียบเทียบอัตราตายในเพศเดียวกันปี พ.ศ. 2548 ซึ่งเป็นสุดท้ายของข้อมูลฐาน และปี พ.ศ. 2553, 2563, 2573, 2583 และ 2593 ที่ได้จากการพยากรณ์ พบว่า อัตราตายทั้งสองเพศมีรูปแบบไม่แตกต่างไปจากปี พ.ศ. 2548 ยกเว้นในกลุ่มอายุ 25 - 29 ปี ในเพศชายที่ค่าพยากรณ์ต่ำกว่าศูนย์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา ซึ่งแบบแผนนี้แสดงให้เห็นว่า แบบแผนการตายได้ที่ได้จากการพยากรณ์ไม่แตกต่างไปจากแบบแผนการตายปีที่ศึกษามากนัก แม้กระนั้นการพยากรณ์ไม่สามารถให้ค่าอัตราตายที่สมเหตุสมผล เมื่อพยากรณ์ไปในอนาคตที่ไกลเกินกว่าปี พ.ศ. 2554 เพราะอัตราตายมีแนวโน้มสูง หรือต่ำกว่าอัตราที่น่าจะเป็นไปได้ สำหรับเพศชายในช่วงอายุดังกล่าว แต่ไม่พบปัญหานี้สำหรับเพศหญิงในกลุ่มอายุดังกล่าว

รูปที่ 3 แสดงแนวโน้มและช่วงของอัตราตายที่เป็นไปได้ของเพศชายและหญิงที่ระดับความเชื่อมั่น 80 และ 95 โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามแบบแผนการตายที่มีลักษณะเดียวกัน คือ กลุ่มเด็กอายุ 5 - 14 ปี กลุ่มวัยทำงานอายุ 15 - 59 ปี และกลุ่มผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป พื้นที่กราฟสีเข้มแสดงอัตราตายที่เป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ส่วนพื้นที่กราฟสีเข้มรวมกับสีอ่อนแสดงอัตราตายที่เป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 80

อัตราตายในกลุ่มเด็กอายุ 5 - 14 ปี มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเป็นไปได้อย่างมากที่อัตราตายในเด็กจะมีทิศทางเช่นนี้ไปตลอดช่วงพยากรณ์ เนื่องจากช่วงของอัตราที่เป็นไปได้ทั้งสองระดับแคบมาก อัตราตายกลุ่มวัยทำงานอายุ 15 - 59 ปี ในเพศชายสูงกว่าเพศหญิงในวัยเดียวกัน และแม้ว่าช่วงของความเป็นไปได้ของอัตราตายในเพศชายกว้างกว่าเพศหญิง แต่ก็อัตราตายทั้งสองเพศคงที่ และมีแนวโน้มจะเป็นเช่นนี้ไปตลอดช่วงพยากรณ์ ส่วนอัตราตายในกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงกว่าในกลุ่มอื่นๆ โดยอัตราตายในเพศชายสูงกว่าเพศหญิงและช่วงของอัตราตายที่เป็นไปได้ในเพศชายเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือช่วงอัตราตายในเพศชายกว้างกว่าเพศหญิง (ดูรูปที่ 3)

ตารางที่ 1 อัตราตายรายอายุเพศชายต่อประชากร 1000 คน พยากรณ์ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2593

ปี/อายุ	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44
2549	0.80	0.76	2.45	3.17	3.50	4.89	6.41	7.43
2553	0.80	0.76	2.45	3.17	1.12	3.57	6.41	7.43
2553*	0.50	0.60	1.70	1.90	2.20	3.00	3.90	4.90
2558	0.80	0.76	2.45	3.17		2.99	6.41	7.43
2563	0.80	0.76	2.45	3.17		2.78	6.41	7.43
2568	0.80	0.76	2.45	3.17		2.70	6.41	7.43
2573	0.80	0.76	2.45	3.17		2.67	6.41	7.43
2578	0.80	0.76	2.45	3.17		2.66	6.41	7.43
2583	0.80	0.76	2.45	3.17		2.65	6.41	7.43
2588	0.80	0.76	2.45	3.17		2.65	6.41	7.43
2593	0.80	0.76	2.45	3.17		2.65	6.41	7.43

ตารางที่ 1 อัตราตายรายอายุเพศชายต่อประชากร 1000 คน พยากรณ์ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2593 (ต่อ)

ปี/อายุ	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
2549	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2553	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2553*	8.60	12.0	17.10	25.10	63.00**	-	-	-
2558	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2563	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22

ปี/อายุ	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
2568	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2573	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2578	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2583	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2588	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22
2593	11.85	15.90	21.59	33.13	65.63	86.89	126.00	148.22

หมายเหตุ: อัตราตายรายอายุ 2553* และ 2558* เป็นอัตราตายที่เผยแพร่โดยสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข **อัตราตายอายุสุดท้าย คือ 70 ปีขึ้นไป

ตารางที่ 2 อัตราตายรายอายุเพศหญิงต่อประชากร 1000 คน พยากรณ์ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2593

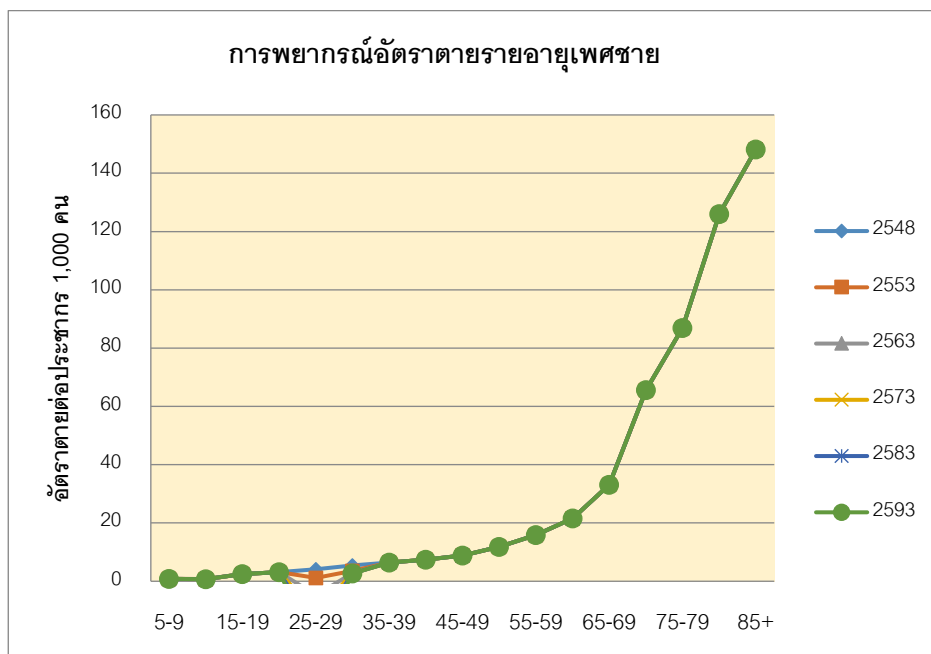
ปี/อายุ	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44
2549	0.52	0.48	0.67	0.78	1.40	1.85	2.31	2.89
2553	0.45	0.48	0.67	0.47	0.74	1.30	2.23	2.89
2553*	0.30	0.30	0.50	0.60	0.80	1.10	1.50	2.00
2558	0.38	0.48	0.67	0.25	0.33	1.04	2.15	2.89
2563	0.32	0.48	0.67	0.13	0.15	0.96	2.09	2.89
2568	0.27	0.48	0.67	0.07	0.07	0.93	2.04	2.89
2573	0.23	0.48	0.67	0.04	0.03	0.92	1.99	2.89
2578	0.20	0.48	0.67	0.02	0.01	0.92	1.96	2.89
2583	0.17	0.48	0.67	0.01	0.01	0.92	1.93	2.89
2588	0.14	0.48	0.67	0.01	0.00	0.92	1.91	2.89
2593	0.12	0.48	0.67	0.00	0.00	0.92	1.89	2.89

ตารางที่ 2 อัตราตายรายอายุเพศหญิงต่อประชากร 1000 คน พยากรณ์ระหว่างปี พ.ศ. 2549 – 2593 (ต่อ)

ปี/อายุ	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
2549	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2553	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20

ปี/อายุ	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85+
2553*	2.80	4.00	6.30	10.00	15.90	52.40**	-	-	-
2558	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2563	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2568	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2573	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2578	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2583	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2588	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20
2593	3.94	5.92	9.05	13.20	21.09	43.94	69.96	115.47	141.20

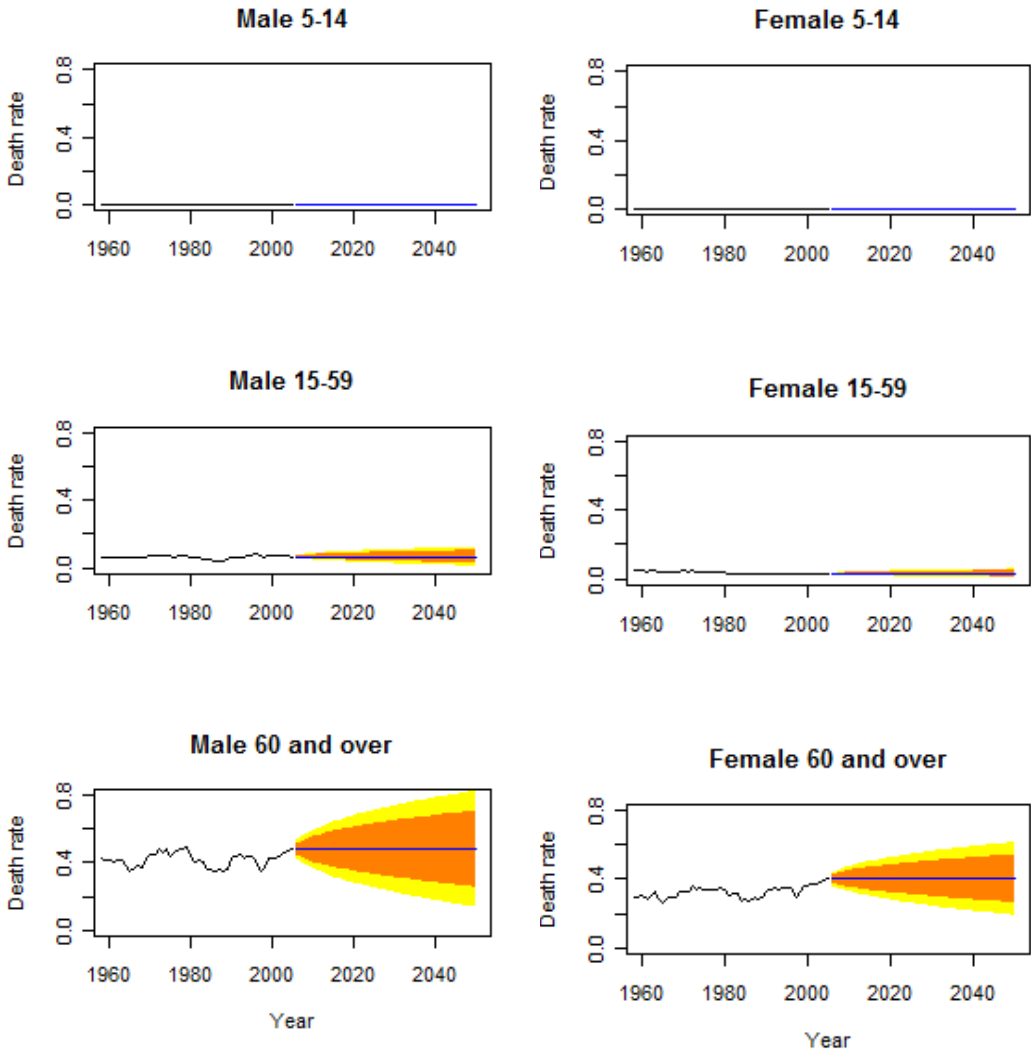
หมายเหตุ: อัตราตายวัยอายุ 2553* และ 2558* เป็นอัตราตายที่เผยแพร่โดยสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข **อัตราตายอายุสุดท้าย คือ 70 ปีขึ้นไป



รูปที่ 1 แบบแผนอัตราตายวัยอายุเพศชายเปรียบเทียบกับอัตราตายปี พ.ศ. 2548



รูปที่ 2 แบบแผนอัตราตายรายอายุเพศหญิงเปรียบเทียบกับอัตราตายปี พ.ศ. 2548



รูปที่ 3 แนวโน้มและช่วงของอัตราตายที่เป็นไปได้ของเพศชายและหญิง
ที่ระดับความเชื่อมั่น 80 และ 95

อภิปรายผลการศึกษา

ความถูกต้องในการพยากรณ์อัตราตายในอนาคต เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการพยากรณ์ และความแม่นยำของเทคนิคที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูล

จากสำมะโนประชากรจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ และจำนวนคนเสียชีวิตจากสถิติสาธารณสุข แม้ว่าหน่วยงานที่รับผิดชอบได้พยายามที่จะให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างของการคุ้มครองและการรายงานอายุเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก จากการศึกษาของฮิลล์ (Hill และคณะ 2006) พบความผิดปกติของอัตราตายของกลุ่มประชากรไทยทั้งชายและหญิง อายุ 15-59 ปี ($_{15}q_{45}$) โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2540 และ 2541 ที่มีอัตราตายต่ำกว่าปีใกล้เคียง ความผิดปกติดังกล่าวเกิดจากการตกจดทะเบียนการตายหรือการจดทะเบียนเกินซึ่งเป็นผลมาจากการการระบาดของโรคเอดส์ในช่วงเวลาดังกล่าว การพยากรณ์นี้จึงได้ใช้เทคนิควิธี General Growth Balance (GGB) และ Synthetic Extinct Generations (SEG) เพื่อปรับข้อมูลให้มีความสอดคล้องระหว่างปีสำมะโน ซึ่งเป็นเทคนิคเดียวกันกับที่ฮิลล์ใช้ (Hill และคณะ 2006) การคำนวณตั้งอยู่บนข้อสมมุติที่ว่า การย้ายถิ่นระหว่างประเทศไม่มีผลกระทบต่อจำนวนประชากรและจำนวนการเสียชีวิตในประเทศ เทคนิคทั้งสองมีความไวต่อความคลาดเคลื่อนของข้อมูลต่างกันวิธี GGB ไวต่อความคลาดเคลื่อนในการรายงานอายุมากกว่า SEG ในขณะที่ SEG ไวต่อความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคุ้มครองมากกว่า GGB ดังนั้น การนำทั้งสองวิธีมาใช้จะลดทอนข้อจำกัดของวิธีดังกล่าวได้และส่งผลให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

นอกจากนี้ การวิธี GGB และ SEG เป็นการคำนวณหาความสมบูรณ์ของข้อมูล โดยการเปรียบเทียบชุดข้อมูลที่ละคู่ เช่น เปรียบเทียบข้อมูลสำมะโนปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2533 ก่อนแล้วจึงนำข้อมูลปี พ.ศ. 2533 ที่ปรับตามส่วนกลับค่าความสมบูรณ์แล้วไปเปรียบเทียบกับ พ.ศ. 2523 และเปรียบเทียบย้อนหลังเช่นนี้ไปจนครบทุกชุดข้อมูล การเปรียบเทียบที่ละคู่แบบนี้้อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบสะสมได้ (Dorrington 2013a, 2013b)

Probabilistic population forecast เป็นวิธีพยากรณ์อัตราตายรายอายุที่ใช้ในการศึกษานี้ จากผลการศึกษา อัตราตายที่ได้มีแบบแผนการตายไม่แตกต่างไปจากแบบแผนการตายในปีสุดท้ายของข้อมูลปีฐาน แต่อัตราตายที่ได้ในบางกลุ่มอายุที่ข้อมูลเปลี่ยนแปลงขึ้นลงมาก เช่น กลุ่มเพศชายอายุ 25 - 29 ปี ส่งผลให้ค่าอัตราตายที่พยากรณ์ได้เป็นลบซึ่งไม่สมเหตุผลสมผล ดังนั้น ข้อจำกัดของการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้จึงขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลเป็นหลัก (Moultre 2013) การเปรียบเทียบอัตราตายรายอายุปี 2553 ระหว่างผลจากโมเดลพยากรณ์และข้อมูลอัตราตายจริงที่เผยแพร่โดยสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า อัตราตายที่เกิดขึ้นจริงต่ำกว่าระดับการตายที่ได้จากโมเดลทุกกลุ่มอายุ ซึ่งแบบแผนการตายเป็นรูปแบบเดียวกันกับข้อมูลปีฐาน ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าหลังจากปีฐาน ประเทศไทยมีนโยบายหรือการพัฒนาาระบบสุขภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อลดอัตราการตายในทุกกลุ่มอายุ

สรุปผลการศึกษา

ผลจากการพยากรณ์ด้วยวิธี probabilistic population forecast พบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 80 และ 95 อัตราตายในกลุ่มเด็กอายุ 5 – 14 ปี มีแนวโน้มลดลง แต่กลุ่มเด็กชายมีช่วงของความเป็นไปได้ของอัตราตายกว้างกว่ากลุ่มเด็กหญิง ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลอัตราตายของเด็กชายมีค่าไม่คงที่ หรือเปลี่ยนแปลงมากกว่าอัตราตายในกลุ่มเด็กหญิง ในกลุ่มอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ส่วนมากมีอัตราตายคงที่ ยกเว้นกลุ่มอายุระหว่าง 15 - 39 ปีในเพศหญิง และกลุ่มอายุระหว่าง 20 - 39 ปีในเพศชาย อัตราตายทั้งในเพศชายและหญิงในกลุ่มอายุดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง ส่วนกลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไปมีช่วงของความเป็นไปได้ของอัตราตายกว้างขึ้น เมื่ออายุมากขึ้น การสร้างตารางชีพจากอัตราตายที่พยากรณ์ได้จะเป็นขั้นตอนถัดไปที่จะทำให้สามารถคำนวณแนวโน้มของอายุคาดเฉลี่ย และใช้ประกอบการฉายภาพประชากร

การพยากรณ์อัตราตายรายอายุด้วยวิธี probabilistic population forecast นี้ ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหากล้างข้อดีข้อเสียของวิธีการคาดประมาณประชากรอื่นๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แต่เพื่อเสนอวิธีที่จะสามารถสร้างข้อมูลประกอบการวางแผนหรือช่วยในการตัดสินใจของนักนโยบาย แม้ว่าการนำผลการศึกษาของวิธีการนี้ไปใช้ดูจะซับซ้อนกว่าวิธีอื่น เนื่องจากผลลัพธ์เป็นช่วงของข้อมูล หรือไม่ได้เป็นตัวเลขจำนวนเดียว แต่วิธีการนี้จะสามารถทำให้มองเห็นทิศทางแนวโน้ม และความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงประชากรที่ไม่ควรละเลย เพราะไม่เพียงแต่อัตราที่พยากรณ์เท่านั้น แต่ยังแสดงช่วงของความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อีกด้วย แม้กระนั้นความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านประชากรยังคงเป็นส่วนสำคัญในการจัดทำแผนงานการพยากรณ์ หรือการคาดประมาณประชากร (Lutz and colleagues 1998)

เอกสารอ้างอิง

- ปราโมทย์ ประสาทกุล. 2543. ประชากรศาสตร์ สาระตติศึกษาเรื่องประชากรมนุษย์. กรุงเทพฯ: โครงการเผยแพร่ข่าวสารและการศึกษาด้านประชากร สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ปราโมทย์ ประสาทกุล และปัทมา ว่าพัฒน์วงศ์. 2544. “ตารางชีพ เครื่องมือสำคัญทางประชากรศาสตร์”. กรุงเทพฯ, บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2556. การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553 - 2583. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2547. สำมะโนประชากรและเคหะ. Retrieved from <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/census/pophouse53.html>. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2558.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข. 2558. สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2557. นนทบุรี: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข.
- Dorrington, R. 2013a. The Generalized Growth Balance Method. In Tom Moultrie, Rob Dorrington, Allan Hill, Kenneth Hill, Ian Timaeus, & B. Zaba (Eds.), Tools for Demographic Estimation. Paris: International Union for the Scientific Study of Population
- Dorrington, R. 2013b. The Synthetic Extinct Generations Method. In Tom Moultrie, Rob Dorrington, Allan Hill, Kenneth Hill, Ian Timaeus, & B. Zaba (Eds.), Tools for Demographic Estimation. Paris: International Union for the Scientific Study of Population
- Duke University. 2010. “Introduction to ARIMA: nonseasonal models.” [Online] available at <http://www.duke.edu/~rnau/411arim.htm>
- Hill K., Vapattanawong P., Prasartkul P., Porapakham Y., Lim S. S., and Lopez A. 2007. “Epidemiologic transition interrupted: a reassessment of mortality trends in Thailand, 1980-2000.” International Journal of Epidemiology (36): pp.374 - 384.
- Hyndman R. J. and Booth H. 2008. “Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility, and migration.” International Journal of Forecasting (24): pp. 323 - 342.

- Hyndman R.J., Keohler, A.B., Ord, J.K., and Snyder, R.D. 2008. "Forecasting with exponential smoothing: the state space approach," Springer-Verlag.
- Institute for population and social research, Mahidol University. 2006. "Mahidol University Population Projections for Thailand, 2005 - 2025."
- Institute for population and social research, Mahidol University. 2010. "Mahidol Population Gazette." [Online] available at <http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsr/PublicationGazette.aspx>. Retrieved November 2, 2010.
- Keilman N. 2001. "Uncertain population forecasts." Macmillan Magazines. *Nature* (412): pp.490 - 491.
- Keilman N., Pham D.Q., and Hetland A. 2002. "Why population forecasts should be probabilistic-illustrated by the case of Norway." *Demographic Research*, 6: pp. 409 - 454.
- Keilman, N. 2008. "Using deterministic and probabilistic population forecasts." In Ostreng, Willy (ed.). *Complexity*. Oslo: Center for Advanced Study. *Interdisciplinary Communications 2006/2007*. [Online] available at <http://www.cas.uio.no/Publications/Seminar/Complexity.pdf>. Retrieved November 2, 2010.
- Lutz W., Sanderson W.C., and Scherbov S. 1998. "Expert-Based Probabilistic Population Projections." *Population and development review* (24): pp. 139 - 155.
- Matysiak A. and Nowok B. 2007. "Stochastic forecast of the population of Poland, 2005-2050.": *Demographic Research* (17): pp. 301 - 338.
- Moultrie, T. A. 2013. General assessment of age and sex data. In T. Moultrie, R. Dorrington, A. Hill, K. Hill, I. Timæus, & B. Zaba (Eds.), *Tools for Demographic Estimation* (pp. 3 - 21). Paris: International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP).
- Pankratz, A. 1991. "Forecasting With Dynamic Regression Models." Wiley-interscience.
- Population-Reference-Bureau. 2015. 2015 World Population Data Sheet. http://www.prb.org/pdf15/2015-world-population-data-sheet_eng.pdf. Retrieved November 2, 2010.

- Preston, S., Heuveline, P., & Guillot, M. 2000. Demography: Measuring and Modeling Population Processes. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Timaeus, I. 2013. Indirect Estimation from Orphanhood in Multiple Inquiries. In Tom Moultrie, Rob Dorrington, Allan Hill, Kenneth Hill, Ian Timaeus, & B. Zaba (Eds.), Tools for Demographic Estimation. Paris: International Union for the Scientific Study of Population
- Wooldridge, J. 2002. "Introductory Econometrics: A Modern Approach." South-Western College Publisng.
- United Nations. 1970. Indirect Measures of Net Internal Migration. Manual VI Methods of Measuring Internal Migration. New York, United Nations Publications: 24 - 36.
- United Nations. 2006. Millennium project: Goals, targets and indicators.
<http://www.unmillenniumproject.org/goals/gti.htm>. Retrieved November 2, 2010.