การทำนายจำนวนการเสียชีวิตของทารกแรกเกิดในประเทศไทยด้วยทฤษฎีระบบสีเทา

Predicting the number of neonatal deaths in Thailand using grey system theory

จินตภรณ์ รัตนหน[1] วัฒนา ชยธวัช[2*]

Jintaphon Rattanahon[1] Vadhana Jayathavaj[2*]

(Received: April 13, 2024; Revised: May 13, 2024; Accepted: May 27, 2024)

***Corresponding author: vadhana.j@ptu.ac.th**

บทคัดย่อ

อัตราการตายของทารกเป็นตัวชี้วัดระดับการพัฒนาประเทศ การทำนายล่วงหน้าเป็นแนวทางในการบริหารทรัพยากรสาธารณสุขที่เหมาะสม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายจำนวนการเสียชีวิตของทารกในประเทศไทยรายเขตสุขภาพปีงบประมาณ 2567 ด้วยทฤษฎีระบบสีเทา การรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบจำลองได้จากรายงานสถิติจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วันปีงบประมาณ 2557 ถึง 2567 ของกระทรวงสาธารณสุข (วันที่ประมวลผล 9 มีนาคม 2567) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง GM(1,1) มีค่าสัมประสิทธิ์การพัฒนา (a) ของเขตสุขภาพ 9 แห่งมีค่าระหว่าง $0.3 < -a \leq 0.5$ สามารถใช้พยากรณ์ระยะสั้นได้ และ เมื่อปรับปรุงเป็นแบบจำลอง GM(1,1) expanded with periodic correction model มีค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำกว่า GM(1,1) ทุกเขตสุขภาพ ค่า MAPE ของเขตสุขภาพมีค่าน้อยกว่า 10 อยู่ในเกณฑ์มีความแม่นยำสูง ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 1, 8 และ 13 มีค่าระหว่าง 10-20 ใช้ทำนายได้ดี การทำนายจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วันปีงบประมาณ 2567 ทุกเขตสุขภาพมีจำนวนลดลงจากปีงบประมาณ 2566 ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 8, 10 และ 11 เพิ่มขึ้น 3.89, 6.97 และ 6.80 ตามลำดับ สัดส่วนจำนวนการเสียชีวิตของทารกแรกเกิดปีงบประมาณ 2567 (ประมวลผลถึงวันที่ 9 มีนาคม 2567) คิดเป็นร้อยละของค่าทำนายในทุกเขตสุขภาพน้อยกว่าร้อยละ 43.99 ซึ่งเป็นสัดส่วนของจำนวนวันในปีงบประมาณ 2567 ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 1, 3, 6 และ 12 คิดเป็นร้อยละ 57.65, 46.54, 46.03 และ 49.20 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การทำนาย จำนวนการตายของทารกแรกเกิด เขตสุขภาพ ทฤษฎีระบบสีเทา

[1]คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

[1]Faculty of Nursing, Pathumthani University

[2]คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

[2]Faculty of Allied Health Sciences, Pathumthani University

Abstract

The infant mortality rate is an indicator of a country's level of development. Forecasting can be used as a guideline for health resource administration. This research aimed to predict the number of neonatal deaths in Thailand by health region in fiscal year 2024 using Grey System Theory. Data was collected to develop the model from the statistics report on the number of neonates who died less than or equal to 28 days after birth from the fiscal year 2014 to 2024 from the Ministry of Public Health (processing date: March 9, 2024). The results showed that the GM (1,1) models had a development coefficient (a) of nine health regions between $0.3 < -a \leq 0.5$, the models were suitable for short-term forecasts. The improved GM (1,1) expanded with a periodic correction model had a lower mean absolute percentage error (MAPE) than the GM (1,1) model in every health region. The MAPE in all health region was less than 10 in the criteria for high accuracy, except for 1, 8, and 13, which were between 10 and 20 in the good prediction criteria. Predicting the number of neonatal deaths in the fiscal year 2024, every health region decreased from the fiscal year 2023, except health region 8, 10, and 11, which increased by 3.89, 6.97, and 6.80, respectively. The proportion of the number of neonatal deaths for fiscal year 2024 (processed only up to March 9, 2024) as a percentage of the predicted value in every health region was less than 43.99 percent, of which the proportion by the number of days in fiscal year 2024, except health region 1, 3, 6, and 12, accounted for 57.65, 46.54, 46.03, and 49.20 percent, respectively.

Keywords: Prediction, The number of neonatal deaths, Health region, Grey system theory

1. บทนำ

อัตราตายของทารก (Infant Mortality Rate, IMR) คือ จำนวนการเสียชีวิตของทารกต่อการเกิดมีชีพ 1,000 ครั้ง เป็นตัวชี้วัดเกี่ยวกับประชากรที่น่าสะเทือนใจ ประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตของทารกสูง มักมีสาเหตุมาจากปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัย คือความยากจน มาลาเรีย ภาวะทุพโภชนาการ โครงสร้างพื้นฐานที่ยังไม่พัฒนา และ/หรือการดูแลสุขภาพที่ไม่เพียงพอ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นข้อกังวลทั่วไปในประเทศด้อยพัฒนา พัฒนาน้อยที่สุด และกำลังพัฒนา หลายประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตของทารกสูงก็มีอัตราการเกิดและอัตราการเจริญพันธุ์สูงเช่นกัน สาเหตุอันดับต้น ๆ ของการเสียชีวิตของทารก ได้แก่ โรคสมองจากโรคทารกแรกเกิด (ปัญหาการทำงานของสมองเนื่องจากขาดออกซิเจนในระหว่างการคลอดบุตร) การติดเชื้อ ภาวะแทรกซ้อนของการคลอดก่อนกำหนด การติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่าง และโรคท้องร่วง อัตราการตายของทารกทั่วโลกโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา IMR ลดลงจากประมาณ 140 ในช่วงปี พ.ศ. 2493 ถึง ปี พ.ศ. 2498 เป็น 52.8 ในปี พ.ศ. 2543 และลดลงเหลือ 27.4 ในปี พ.ศ. 2563[1] สำหรับประเทศไทยจากปี พ.ศ. 2560 ถึง 2564 IMR ลดลงจาก 8.26 เป็น 7.19 และในปี พ.ศ. 2565 IMR เท่ากับ 6.96[2]

สัมประสิทธิ์การพัฒนา มีส่วนสำคัญในการวางแผนงานสาธารณสุข ดังเช่นการดำเนินงานของประเทศฟิลิปินส์ มาเลเซีย และจีน ดังนี้ การทำนายจำนวนผู้เสียชีวิตจากสาเหตุการเสียชีวิต 10 อันดับแรก จำนวนผู้ป่วยตามสาเหตุการเจ็บป่วย และจำนวนทารกเสียชีวิตตามสาเหตุการเสียชีวิตของทารกในประเทศฟิลิปปินส์ได้ใช้ข้อมูลปี 2012 ถึง 2016 ทำนายปี 2017 ถึง 2030 โดยได้แบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูล คือ ARIMA(1,0,1)[3] ซึ่งใช้ข้อมูลน้อยและมีช่วงการทำนายไปในอนาคตที่ยาวไกล สำหรับประเทศมาเลเซียได้การคาดการณ์ IMR ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการรับประกันความมั่นคงด้านสุขภาพในประเทศ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของ IMR ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2493 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 จาก United Nations - World Population Prospects เพื่อคาดการณ์แนวโน้ม IMR ของถึงปี พ.ศ. 2566 ในการศึกษานี้ มีการนำแบบจำลองการคาดการณ์ที่แตกต่างกัน 5 แบบมาใช้ ได้แก่ แบบจำลองค่าเฉลี่ย แบบจำลอง Naïve แบบจำลองรวมการถดถอยในตัวกับการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ARIMA) แบบจำลองเลขชี้กำลัง (Exponential) และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) วิเคราะห์ผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรม RStudio การประเมินความแม่นยำของแบบจำลองในกลุ่มข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลอง (In-sample) โดยใช้การวัดข้อผิดพลาดต่ำที่สุดเป็นเกณฑ์ เพื่อการทำนายอัตราการตายนอกตัวอย่าง (Out-of-sample) แบบจำลองที่แม่นยำที่สุด คือแบบจำลอง ARIMA(0,2,0) แบบจำลองนี้ให้การประมาณค่า IMR ที่สอดคล้องกับรูปแบบข้อมูลจริง จึงเป็นการประมาณการ IMR ที่เชื่อถือได้ ค่าคาดการณ์ล่วงหน้าแสดงให้เห็นว่า IMR มีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่องในอนาคต การศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์และการวางแผนจัดสรรบริการสุขภาพได้ การคาดการณ์ IMR สามารถช่วยในการดำเนินมาตรการเพื่อลดภาระการตายของทารกภายในช่วงเวลาเป้าหมาย[4] วิธีบอกซ์และเจนกินส์ ตลอดจนวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เป็นการสร้างแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก[5] ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่มีความพร้อมที่จะมีข้อมูลจำนวนมาก ข้อมูลในอดีตที่ไกลเกินไปก็อาจไม่สะท้อนความจริงในปัจจุบันและในอนาคต วิธีการทำนายอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับข้อมูลจำนวนน้อย คือ ทฤษฎีระบบสีเทา (Grey System Theory) ได้แนะนำครั้งแรกในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โดย Julong Deng (1982)[6] และมีผู้พัฒนาแบบจำลองตามทฤษฎีระบบสีเทาโดยการปรับความคลาดเคลื่อนด้วยอนุกรมฟูริเยร์ (Fourier Series) ทำให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำมากขึ้น[7-8] จนเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย แม้แต่นายกรัฐมนตรีเยอรมนี อังเกลา แมร์เคิล ยกย่องทฤษฎีระบบสีเทาดั้งเดิมของจีนในการปราศรัยที่มหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวจงในปี พ.ศ. 2562 โดยเชื่อว่าทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง “ส่งผลกระทบต่อโลกอย่างลึกซึ้ง”[9-10] ได้มีนำมาใช้กับข้อมูลการตายของทารกที่เกิดในเชี่ยงไฮ้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง 2561 เพื่อสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีระบบสีเทา คือ แบบจำลอง GM(1,1) ด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft Excel 2010 เพื่อ

คาดการณ์อัตราการตายของทารกและการเสียชีวิตของทารกแรกเกิดในเขี่ยงไฮ้ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562 ถึง 2568 พบว่า อัตราการตายของทารกในเขี่ยงไฮ้มีแนวโน้มลดลงทุกปี ซึ่งบ่งชี้ว่าระดับการรักษาพยาบาลการรักษาความปลอดภัยในเขี่ยงไฮ้ดีขึ้นตามลำดับ[11] สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุข[12] ได้จัดเก็บสถิติจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน จากแฟ้ม SERVICE, ADMISSION และ PERSON ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2557 ถึง 2567 ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นข้อมูลรายโรงพยาบาลทั้งในและนอกสังกัดกระทรวงสาธารณสุข สามารถเลือกสรุปรายเขตสุขภาพ จำแนกเป็นรายจังหวัด ไปจนถึงรายหน่วยบริการ เนื่องจากข้อมูลของประเทศไทยเป็นข้อมูลรายปีเพียง 11 ปี จัดเป็นข้อมูลจำนวนน้อยและการรวบรวมข้อมูลอาจยังไม่สมบูรณ์ วิธีการทำนายที่เหมาะสมกับจำนวนและคุณภาพข้อมูล คือ วิธีการทำนายตามทฤษฎีระบบสีเทา

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายจำนวนการเสียชีวิตของทารกในประเทศไทยรายเขตสุขภาพ ปีงบประมาณ 2567 ด้วยทฤษฎีระบบสีเทา ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการทำนายจำนวนการเสียชีวิตจากแบบจำลองซึ่งเกิดจากขนาดและรูปแบบของข้อมูลในอดีตตามหลักของการพยากรณ์อนุเวลา เมื่อนำไปร่วมกับข้อมูลการดำเนินงานตามมาตรการต่าง ๆ จะสามารถสนองภาระกิจในการวางแผนกำหนดมาตรการส่งเสริม ป้องกันตลอดจนเตรียมการรองรับในการบำบัดรักษาผู้บริหารงานสาธารณสุขในพื้นที่อย่างเหมาะสมต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาด้วยแบบจำลองอนุกรมเวลาพยากรณ์จำนวนผู้เสียชีวิตในอนาคตจากข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตในอดีต

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ จำนวนการตายของทารกในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างคือจำนวนการตายตามรายงานของกระทรวงสาธารณสุข[12] ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2557 ถึง 2567 (วันที่ประมวลผล 9 มีนาคม 2567) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นข้อมูลรายโรงพยาบาลทั้งในและนอกสังกัดกระทรวงสาธารณสุข สามารถเลือกสรุปรายเขตสุขภาพ จำแนกเป็นรายจังหวัด ไปจนถึงรายหน่วยบริการ

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีระบบสีเทา แบบจำลองมาตรฐานการทำนาย คือ GM(1,1) เป็นสมการเชิงอนุพันธ์ลำดับที่ 1 ที่มีตัวแปร 1 ตัว โดยที่ G แทนสีเทา (Grey) และ M แทนแบบจำลอง 1 ตัวแรกในวงเล็บแสดงถึงสมการเชิงอนุพันธ์ลำดับที่ 1 และ 1 ตัวที่สองแทนสมการที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว แบบจำลอง GM(1,1) ใช้กับอนุกรมเวลา (time series) ช่วงเวลาเท่ากัน (isochronous) ข้อมูลมีจำนวนน้อย (less series data) ข้อมูลไม่น้อยกว่า 4 รายการก็สามารถสร้างแบบจำลองการทำนายตามทฤษฎีระบบสีเทาได้[13] หลักการสร้างแบบจำลอง GM(1,1) คือ การสร้างอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างเดียว แล้วสร้างสมการถดถอย จากนั้นคำนวณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ทำการทำนายค่าสะสมแล้วทำการหักลบทอนค่ากลับเป็นค่าปกติ[14]

จากข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตนำมาสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีระบบสีเทา สมการในสร้างแบบจำลอง GM(1,1) วิธีการเริ่มจากการสร้างค่าสะสมของข้อมูล (The Accumulation Generating Operation: AGO) สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงจากค่าสะสม คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพัฒนา (The development coefficient, a) และ ปริมาณกระทำสีเทา (Grey action quantity, b) แล้วทำการทำนายค่าสะสม จากนั้นคำนวณค่าคืนกลับ (The Inverse Accumulated Generating Operation, IAGO) เพื่อหาค่าทำนายของข้อมูลตามปกติ[7,14] แบบจำลอง GM(1,1) expanded with periodic correction model (EPC) เป็นแบบจำลอง GM(1,1) ที่ทำการปรับค่าคลาดเคลื่อนด้วยอนุกรมฟูริเย่ (the Fourier series) รายละเอียดของสมการแบบจำลอง GM(1,1) แสดงใน Liu, Lin[14] และ GM(1,1)EPC แสดงใน Kayacan, Ulutas, Kaynak[5] และ Guo, Song, Ye[6] ซึ่งแบบจำลอง GM(1,1) แสดงในสมการที่ 1 ถึง 11 และ GM(1,1)EPC แสดงในสมการที่ 12 ถึง 17 ใน 2.4 การสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีระบบเกรย์

2.4 การสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีระบบเกรย์

แบบจำลองทฤษฎีระบบสีเทาที่ใช้ในการศึกษา คือ ตัวแบบ GM(1,1) เป็นตัวแบบเริ่มต้น

สัญญลักษณ์ที่แสดงอยู่ในรูปของเวคเตอร์ (vector) และ เมตริกซ์ (matrix) ดังนี้

ค่าข้อมูลจริงจำนวน n ค่า จาก 1,2,3,...,n

$$X^{(0)} = \left(x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), ..., x^{(0)}(n)\right) \quad (1)$$

ค่าข้อมูลสะสมจำนวน n ค่า จาก 1,2,3,...,n

$$X^{(1)} = \left(x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), ..., x^{(1)}(n)\right) \quad (2)$$

ค่าข้อมูลสะสมรายการที่ k

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^{k} x^{(0)}(i), k = 1, 2, ..., n \quad (3)$$

ค่าข้อมูลสะสมเฉลี่ยกับรายการก่อนหน้า

$$Z^{(1)} = \left(z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), ..., z^{(1)}(n)\right) \quad (4)$$

ค่าข้อมูลสะสมเฉลี่ยกับรายการก่อนหน้ารายการที่ k

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2}\left(x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)\right), \quad k = 2, 3, ..., n \quad (5)$$

M^T คือ เมตริกซ์ M ที่ทำการสลับตำแหน่งข้อมูลจากแถวเป็นสดมภ์และสดมภ์เป็นแถว (Transpose)

M^{-1} คือ เมตริกซ์ผกผัน (Inverse Matrix) ของเมตริกซ์ M

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (6)$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & 1 \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\hat{a} = \left(B^T B\right)^{-1} B^T Y = \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix}^T \quad (8)$$

สมการอนุพันธ์ของตัวแบบ GM(1,1)

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (9)$$

ค่าพยากรณ์สะสมรายการที่ k+1

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{ak} + \frac{b}{a} \quad (10)$$

ค่าพยากรณ์รายการที่ k+1

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \left(1 - e^{a}\right)\left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak}, \quad (11)$$

$k = 1, 2, ..., n$

ค่าความคลาดเคลื่อนรายการที่ k

$$\varepsilon^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k) \quad (12)$$

$$\varepsilon^{(0)}(k) \cong \frac{1}{2}a_0 + \sum_{i=1}^{Z}\left[a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T}\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T}\right)\right], k = 2, 3, ..., n \quad (13)$$

$$T = n-1, Z = \frac{(n-1)}{2} - 1$$

การปรับค่าด้วยอนุกรมฟูริเยร์

$$P = \begin{bmatrix} 1/2 & \cos\left(2\frac{2\pi 1}{T}1\right) & \sin\left(2\frac{2\pi 1}{T}1\right) & \cos\left(2\frac{2\pi}{T}2\right) & \sin\left(2\frac{2\pi}{T}2\right) & \cdots & \cos\left(2\frac{2\pi}{T}Z\right) & \sin\left(2\frac{2\pi}{T}Z\right) \\ 1/2 & \cos\left(3\frac{2\pi}{T}1\right) & \sin\left(3\frac{2\pi}{T}1\right) & \cos\left(3\frac{2\pi}{T}2\right) & \sin\left(3\frac{2\pi}{T}2\right) & \cdots & \cos\left(3\frac{2\pi}{T}Z\right) & \sin\left(3\frac{2\pi}{T}Z\right) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1/2 & \cos\left(n\frac{2\pi}{T}1\right) & \sin\left(n\frac{2\pi}{T}1\right) & \cos\left(n\frac{2\pi}{T}2\right) & \sin\left(n\frac{2\pi}{T}2\right) & \cdots & \cos\left(n\frac{2\pi}{T}Z\right) & \sin\left(n\frac{2\pi}{T}Z\right) \end{bmatrix} \quad (14)$$

สมาชิกของเวคเตอร์ C

$$C = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & b_1 & a_2 & b_2 & \cdots & a_n & b_n \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$C \cong \left(P^T P\right)^{-1} P^T \varepsilon^{(0)} \quad (16)$$

ค่าพยากรณ์รายการที่ k

$$\hat{x}^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \varepsilon^{(0)}(k) \quad (17)$$

2.4 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

ความแม่นยำของแบบจำลอง พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การพัฒนา ใช้สัญลักษณ์ “a” สำหรับ a ≥ –0.3 สามารถใช้เพื่อการทำนายระยะสั้นและระยะกลางและมีความแม่นยำสูง ถ้า $0.3 < -a \leq 0.5$ สามาถใช้พยากรณ์ระยะสั้นได้ ถ้า $0.5 < -a \leq 1.0$ ควรปรับปรุงก่อนใช้พยากรณ์ และ ถ้า $1.0 \leq -a$ ไม่เหมาะสมที่ใช้พยากรณ์ [15] และค่าเฉลี่ยร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) เป็นสิ่งที่ใช้วัดความแม่นยำของแบบจำลอง โดยการคำนวณร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ของค่าทำนายเทียบกับค่าจริงแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่า MAPE มีหน่วยเป็นร้อยละ ค่า MAPE ต่ำ หมายถึง ค่าทำนายใกล้เคียงกับค่าจริงมาก จึงมีความแม่นยำสูง กล่าวได้ว่า MAPE เป็นตัวชี้วัดความแม่นยำของแบบจำลองที่เข้าใจได้ง่ายกว่าค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง เพราะเป็นการคำนวณขนาดของความแตกต่างระหว่างค่า

พยากรณ์กับค่าจริงอย่างตรงไปตรงมา เกณฑ์การกำหนดความแม่นยำของแบบจำลอง คือ ถ้า MAPE น้อยกว่า 10 หมายถึง แบบจำลองมีความแม่นยำสูง ระหว่าง 10-20 หมายถึง แบบจำลองใช้ทำนายได้ดี ระหว่าง 20-50 หมายถึง แบบจำลองมีเหตุผลพอที่จะใช้ทำนาย และมากกว่า 50 แบบจำลองไม่มีความแม่นยำ[16-17] MAPE มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|\hat{y}_i - y_i\right|}{y_i}\times 100$$

เมื่อ n จำนวนค่าที่ทำนาย, y_i คือ ค่าจริงรายการที่ i, $\hat{y}_i$ คือ ค่าทำนายรายการที่ i, เมื่อ $i = 1,2,...,n$ (รายการข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลอง In-sample dataset) และ $i = n+1, n+2,...$ (รายการค่าทำนายที่อยู่นอกข้อมูล Out-of-sample dataset)

2.5 การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์รวบรวมจากสถิติผู้เสียชีวิตของกระทรวงสาธารณสุขที่เผยแพร่ต่อสาธารณะซึ่งไม่ได้มาจากการปฏิสัมพันธ์หรือการทำกิจกรรมใดๆ ร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับผู้เข้าร่วมการวิจัย ไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลที่สามารถสืบย้อนกลับไปหาบุคคลนั้นๆ ได้ ข้อมูลที่ได้ไม่ได้มีที่มาจากการให้สิ่งแทรกแซง จากการใช้ยา ใช้เซล์ล หรือใช้ชีววัตถุ (ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้วหรือยังไม่เคยได้รับการรับรอง) ในคนคนเดียว หรือหลายคน ซึ่งการใช้วัตถุดังกล่าวเป็นสิ่งที่นอกเหนือไปจากที่มีใช้ในการรักษาตามมาตรฐานทางการแพทย์ ไม่มีการใช้เครื่องมือ (ทั้งที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้วหรือยังไม่เคยได้รับการรับรอง) ในคนคนเดียวหรือหลายคนเพื่อประเมินผลด้านความปลอดภัย หรือประสิทธิภาพของเครื่องมือ จึง “ไม่ใช่โครงการวิจัยในคน (non-human research)”[18]

3. ผลการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูล

กระทรวงสาธารณสุข[12] ได้จัดทำรายงานสถิติจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน จากแฟ้ม SERVICE, ADMISSION และ PERSON ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2557 ถึง 2567 (วันที่ประมวลผล 9 มีนาคม 2567) ประกอบไปด้วย จำนวนทารกเกิดมีชีพในโรงพยาบาลในสังกัด จำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน และอัตราการตายของทารกแรกเกิด (Neonatal Mortality Rate, NMR) คือ จำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วันต่อจำนวนทารกเกิดมีชีพ 1,000 ครั้ง ในโรงพยาบาลในสังกัด เป็นรายงานสรุปรายเขตสุขภาพ รายจังหวัด สามารถจำแนกรายละเอียดถึงระดับโรงพยาบาลในแต่ละจังหวัด ในการวิจัยนี้ได้นำเสนอสถิติจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน จำแนกปีงบประมาณตั้งแต่ 2557 ถึง 2567 (ประมวลผลเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2567) ซึ่งข้อมูลปีงบประมาณ 2567 เป็นข้อมูลเพียงระยะเวลา 5 เดือน 9 วัน เมื่อนับจาก 1 ตุลาคม 2566) ดังแสดงในตารางที่ 1

3.2 รูปแบบข้อมูล

รูปแบบสถิติจำนวนทารกเสียชีวิตรายปีในแต่ละเขตสุขภาพมีลักษณะเพิ่มขึ้นลดลงไม่แน่นอน เมื่อพิจารณาจากร้อยละ (เพิ่ม/-ลดลง) ของการเปลี่ยนแปลงจากปีก่อนหน้าจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ปีงบประมาณ 2566 กลับมีร้อยละการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 7 และ 11 ที่ลดลง

ในการสร้างแบบจำลองรายเขตสุขภาพได้ใช้ข้อมูลจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน เป็นข้อมูลรายปีงบประมาณ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2557 ถึง 2567 ปีงบประมาณ 2557 เป็นปีแรกของการจัดทำรายงานสถิติอาจมีการส่งข้อมูลไม่ครบถ้วน จึงได้ตัดข้อมูลปีงบประมาณ 2557 ที่มีจำนวนทารกแรกเกิดเสียชีวิตต่ำกว่าปีงบประมาณ 2558 มากออกไป คือ เขตสุขภาพที่ 4 5 7 9 10 11 และ 12 ซึ่งใช้เพียงข้อมูลปีงบประมาณ 2558 ถึง 2566 ในการพัฒนาแบบจำลอง ส่วนเขตสุขภาพ 1 2 3 6 และ 8 มีข้อมูลครบถ้วนจึงใช้ข้อมูลปีงบประมาณ 2557 ถึง 2566 ในการสร้างแบบจำลอง ส่วนเขตสุขภาพที่ 13 ไม่มีข้อมูลปีงบประมาณ 2557 ถึง 2559 และปีงบประมาณ 2560 กับ 2561 ก็มีจำนวนต่ำมาก จึงใช้ข้อมูลปีงบประมาณ 2562 ถึง 2566 ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการทำนาย

ตารางที่ 1 จำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน (หน่วย=คน)

เขต	ปีงบประมาณ										
สุขภาพ	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567*
1	32	63	158	147	120	128	125	138	96	108	46
2	109	98	91	127	94	116	91	64	84	96	28
3	51	46	65	82	64	74	65	51	46	58	18
4	15	120	150	176	176	136	123	161	96	110	35
5	56	167	200	204	224	193	188	204	169	186	57
6	109	204	212	404	256	250	282	252	238	260	86
7	22	148	127	157	118	107	74	121	99	89	36
8	87	162	142	130	172	138	127	103	206	466	29
9	12	112	165	180	154	157	148	119	121	139	45
10	64	159	147	120	127	132	129	139	97	110	33
11	48	168	229	199	208	204	191	212	208	195	65
12	50	101	245	206	268	215	204	183	174	211	87
13				3	9	237	840	627	300	536	98
รวม	655	1,548	1,931	2,135	1,990	2,087	2,587	2,374	1,934	2,564	663

หมายเหตุ: * ปีงบประมาณ 2567 ประมวลผลวันที่ 9 มีนาคม 2567

ตารางที่ 2 ร้อยละ (เพิ่ม/-ลดลง) ของการเปลี่ยนแปลงจากปีก่อนหน้าจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน

เขต									
สุขภาพ	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566
1	96.88	150.79	-6.96	-18.37	6.67	-2.34	10.40	-30.43	12.50
2	-10.09	-7.14	39.56	-25.98	23.40	-21.55	-29.67	31.25	14.29
3	-9.80	41.30	26.15	-21.95	15.63	-12.16	-21.54	-9.80	26.09
4	**700.00**	25.00	17.33	0.00	-22.73	-9.56	30.89	-40.37	14.58
5	**198.21**	19.76	2.00	9.80	-13.84	-2.59	8.51	-17.16	10.06
6	87.16	3.92	90.57	-36.63	-2.34	12.80	-10.64	-5.56	9.24
7	**572.73**	-14.19	23.62	-24.84	-9.32	-30.84	63.51	-18.18	**-10.10**
8	86.21	-12.35	-8.45	32.31	-19.77	-7.97	-18.90	100.00	126.21
9	**833.33**	47.32	9.09	-14.44	1.95	-5.73	-19.59	1.68	14.88
10	**148.44**	-7.55	-18.37	5.83	3.94	-2.27	7.75	-30.22	13.40
11	**250.00**	36.31	-13.10	4.52	-1.92	-6.37	10.99	-1.89	**-6.25**
12	**102.00**	142.57	-15.92	30.10	-19.78	-5.12	-10.29	-4.92	21.26
13						254.43	-25.36	-52.15	78.67
รวม	136.34	24.74	10.56	-6.79	4.87	23.96	-8.23	-18.53	32.57

ตารางที่ 3 การทำนายจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัด น้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน

เขตสุขภาพ	ปีที่เริ่มใช้ข้อมูล	ค่าทำนายปีงบประมาณ 2567					ปีงบประมาณ 2566 (คน)	ร้อยละเพิ่มขึ้น/(ลดลง) จากปี 2566	ข้อมูล 2567 ณ 9 มี.ค. 2567 (คน)	ร้อยละของ GM(1,1) EPC
		a ≥ – 0.3	GM(1,1) (คน)	MAPE (ร้อยละ)	GM(1,1)EPC (คน)	MAPE (ร้อยละ)				
					[1]		[2]	[3]	[4]	[5]
1	2557	**-0.4965**	119	21.38	80	12.60	108	(26.12)	46	**57.65**
2	2557	**-0.4219**	83	13.76	69	5.94	96	(28.41)	28	40.74
3	2557	**-0.4693**	56	15.27	39	5.29	58	(33.32)	18	**46.54**
4	2558	-0.5181	107	12.63	93	6.45	110	(15.25)	35	37.55
5	2558	**-0.4648**	179	5.06	171	1.39	186	(7.90)	57	33.28
6	2557	**-0.4645**	264	12.91	187	7.05	260	(28.14)	86	**46.03**
7	2558	**-0.4516**	83	12.82	82	9.60	89	(7.52)	36	43.74
8	2557	**-0.1454**	341	37.54	484	10.08	466	**3.89**	29	5.99
9	2558	**-0.4919**	118	7.04	114	2.98	139	(18.11)	45	39.53
10	2558	**-0.4410**	108	8.02	118	1.69	110	**6.97**	33	28.04
11	2558	**-0.4411**	195	3.98	208	1.01	195	**6.80**	65	31.21
12	2558	-0.5051	179	8.25	177	2.58	211	(16.19)	87	**49.20**
13	2562	-1.0796	295	24.26	400	13.71	536	(25.37)	98	24.50

หมายเหตุ: [3]=100x([1]-[2])/[2], [5]=100*[4]/[1]

[4]=จำนวนทารกแรกเกิดเสียชีวิตข้อมูล 1 ตุลาคม 2566 ถึง 9 มีนาคม 2567

3.3 ความแม่นยำของแบบจำลอง

แบบจำลอง GM(1,1) มีค่าค่าสัมประสิทธิ์การพัฒนาใช้สัญลักษณ์ “a” สำหรับเขตสุขภาพที่ 8 a =-0.1454 อยู่ในเกณฑ์ a ≥ – 0.3 สามารถใช้เพื่อการทำนายระยะสั้นและระยะกลางและมีความแม่นยำสูง ส่วนเขตสุขภาพที่ 4 และ 12 -a มีค่าระหว่าง $0.5 < -a \leq 1.0$ ควรปรับปรุงแบบจำลองก่อนใช้พยากรณ์ ซึ่ง GM(1,1)EPC ถือเป็นการปรับปรุง GM(1,1) สำหรับเขตสุขภาพที่ 13 $1.0 \leq -a$ ไม่เหมาะสมที่ใช้พยากรณ์ ส่วนเขตสุขภาพอื่น ๆ -a มีค่าระหว่าง $0.3 < -a \leq 0.5$ สามารถใช้พยากรณ์ระยะสั้นได้

เมื่อปรับปรุงเป็นแบบจำลอง GM(1,1)EPC แล้ว ค่า MAPE ของเขตสุขภาพมีค่าน้อยกว่า 10 มีความแม่นยำสูง ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 1, 8 และ 13 มีค่าระหว่าง 10-20 ใช้ทำนายได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 3 จึงเลือกใช้แบบจำลอง GM(1,1)EPC ในการพยากรณ์จำนวนทารกเสียชีวิตแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วันปีงบประมาณ 2567 ดังแสดงในตารางที่ 3

4. อภิปรายผล

ค่าพยากรณ์จำนวนทารกเสียชีวิตแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน ปีงบประมาณ 2567 ตามแบบจำลอง GM(1,1)EPC รายเขตสุขภาพดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้ง 13 เขตสุขภาพมีจำนวนทารกเสียชีวิตลดลงจากปีงบประมาณ 2566 ตั้งแต่ 33.32 ที่เขตสุขภาพที่ 3 ไปจนถึง 7.52 ที่เขตสุขภาพที่ 7 ยกเว้นเขตสุขภาพที่ 8, 10 และ 11 เพิ่มขึ้น 3.89, 6.97 และ 6.80 ตามลำดับ

จากตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์จำนวนทารกเสียชีวิตแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน

ปีงบประมาณ 2567 ตามแบบจำลอง GM(1,1)EPC มีค่า MAPE ต่ำกว่าแบบจำลอง GM(1,1) ทุกเขตสุขภาพ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kayacan, Ulutas, Kaynak[7] ค่า MAPE ทั้ง 13 เขตสุขภาพอยู่ระหว่างค่าต่ำสุด เขตสุขภาพที่ 11 MAPE 1.01 และค่าสูงสุด เขตสุขภาพที่ 13 MAPE 13.71 โดยภาพเกือบทุกเขตสุขภาพมีค่า MAPE น้อยกว่า 10 ซึ่งแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ใช้พยากรณ์มีความแม่นยำสูง ยกเว้น เขตสุขภาพที่ 8, 1, และ 13 มีค่า MAPE เท่ากับ 10.08, 12.60, และ 13.71 ตามลำดับ แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ใช้พยากรณ์ได้ดี[17] ค่าพยากรณ์จำนวนทารกเสียชีวิตแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน ปีงบประมาณ 2567 ของทุกเขตสุขภาพมีจำนวนลดลงจากปีงบประมาณ 2566 ซึ่งสอดคล้องกับการคาดการณ์ขององค์การกองทุนเด็กระหว่างประเทศ (ของสหประชาชาติ) ที่คาดการณ์ว่าประเทศไทยจะมีอัตราการเสียชีวิตร้อยละ 5 ต่อปี[19] ถ้าจำนวนทารกแรกเกิดเสียชีวิตต่อวันสม่ำเสมอตลอดปีแล้วจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตถึงวันที่ประมวลผล 9 มีนาคม 2567 ก็ควรมีสัดส่วนไม่แตกต่างไปจากสัดส่วนจำนวนวันถึงวันที่ประมวลผลกับจำนวนวันในปีงบประมาณ เมื่อนำข้อมูลปีงบประมาณ 2567 ที่ประมวลผลถึงวันที่ 9 มีนาคม 2567 พบว่าสัดส่วนจำนวนทารกแรกเกิดเสียชีวิตเมื่อเทียบกับค่าทำนายทั้งปี เขตสุขภาพที่ 1, 3, 6 และ 12 คิดเป็นร้อยละ 57.65, 46.03 และ 49.20 ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนเกินกว่าร้อยละ 43.99 (จำนวนวันตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2566 ถึง 9 มีนาคม 2567 มี 161 วัน คิดเป็นร้อยละ 43.99 ของจำนวน 366 วันในปีงบประมาณ 2567) จัดเป็นเขตสุขภาพที่มีสัดส่วนทารกเสียชีวิตต่อค่าพยากรณ์ทั้งปีมากกว่าสัดส่วนของจำนวนวันที่ผ่านไปกับจำนวนวันทั้งหมด

การตรวจสอบค่าพยากรณ์จากแบบจำลองกับค่าจริงจากรายงานของกระทรวงสาธารณสุข[12] เพื่อประเมินแบบจำลองร่วมกับข้อมูลมาตรการต่าง ๆ ที่ได้ดำเนินการเพื่อการปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งการศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์ในต่างประเทศของ Leung et al.[20] พบว่าแบบจำลองการพยากรณ์มีรายงานการตรวจสอบภายนอกเพียงร้อยละ 5.2 เท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้ทารกเสียชีวิตแรกเกิดที่เสียชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน การจัดการที่สาเหตุที่สามารถช่วยลดจำนวนการเสียชีวิตลงเป็นเครื่องบ่งชี้ระดับการบริการสาธารณสุขตลอดจนการรักษาพยาบาลที่ดีขึ้น

5. สรุปผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ค่าสัมประสิทธิ์การพัฒนาและ MAPE แล้ว แบบจำลอง GM(1,1)EPC สามารถใช้ทำนายจำนวนทารกแรกเกิดที่เสียชีวิตในโรงพยาบาลในสังกัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วันได้ ซึ่งเมื่อมีการสอบเทียบกับข้อมูลจริงที่ปรากฏในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ก็จะสามารถปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

1. World Population Review. Infant Mortality Rate by Country 2024 [Internet]. [cited 2024 March 18]. Available from: https://worldpopulationreview.com/country-rankings/infant-mortality-rate-by-country
2. United Nations International Children's Emergency Fund. UNICEF Data Warehouse Cross-sector indicators Indicator: Infant mortality rate Unit of measure: Deaths per 1,000 live births [Internet]. [cited 2024 Mar 20]. Available from: https://data.unicef.org/resources/data_explorer/unicef_f/?ag=UNICEF&df=GLOBAL_DATAFLOW&ver=1.0&dq=THA&startPeriod=2017&endPeriod=2022
3. Talirongan FJB, Talirongan H, Orong MY. Modeling National Trends on Health in the Philippines Using ARIMA. Journal of Health & Medical Informatics 2020;1:1-6.
4. Hasan NI, Abdul Aziz A, Ganggayah MD, Jamal NF, Ghafar NMA. Projection of infant mortality rate in Malaysia using R. Jurnal Sains Kesihatan Malaysia 2022;20:23-36.

5. Jo TC. The effect of virtual term generation on the neural based approaches to time series prediction. Proceedings of the 4th International Conference on Control and Automation; 2023 Jun 12; Montreal, Canada. Montreal; IEEE; 2023. 516–20.
6. Deng J. Introduction to Grey System Theory. The journal of Grey System 1989,1(1),1-24.
7. Kayacan E, Ulutas B, Kaynak O. Grey system theory-based models in time series prediction. Expert Systems with Applications 2010;37(2): 1784-89.
8. Guo Z, Song X, Ye J. A Verhulst model on time series error corrected for port throughput forecasting. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 2005;6:881-91
9. Tu CJ, Pan Q, Jiang CM, Tu YX, Zhang SH. Trends and predictions in the physical shape of Chinese preschool children from 2000 to 2020. Front Public Health 2023;11:1148415.
10. Liu SF. Editorial: memorabilia of the establishment and development of grey system theory (1982-2021). Grey Syst. 2002; 12: 701–2. doi: 10.1108/GS-10-2022-188.
11. Zhang H. Prediction of Infant Mortality Rate in Shanghai Based on GM(1,1) Model. Advances in Applied Mathematics 2021;10(11):3679-86.
12. กระทรวงสาธารณสุข. กลุ่มรายงานมาตรฐาน สาเหตุการป่วย/ตาย อัตราตายทารกแรกเกิด อายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 28 วัน [อินเตอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2567]. แหล่งข้อมูล: https://hdcservice .moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id =49167267981860034 5dc1833920051b2&id=0 acbbb84a5c774c129dfc849a742d766#
13. Xie N. A summary of grey forecasting models. Grey Systems: Theory and Application 2022;12(4):703-22.
14. Liu SF, Lin Y. Grey systems theory and applications. Berlin: Springer-Verlag; 2010.
15. Zhao D, Zhang H, Cao, Q, Wang, Z, He, S, Zhou, M. and Zhang, R. The research of ARIMA, GM(1,1), and LSTM models for prediction of TB cases in China. PLoS One 2022;17(2):e0262734.
16. MLPills. Error metrics for time series forecasting [Internet]. [cited 2024 March 18]. Available from: https://mlpills.dev/time-seri es/error-metrics-for-time-series-forecasting/
17. Lewis CD. Industrial and business forecasting methods: a practical guide to exponential smoothing and curve fitting. London: Butterworth; 1982.
18. ศูนย์ส่งเสริมจริยธรรมการวิจัย, มหาวิทยาลัยมหิดล. แบบประเมินตนเองเข้าข่ายการวิจัยในคนหรือไม่ (Eng, Thai) [อินเตอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2567]. แหล่งข้อมูล: https://sp.mahidol. ac.th/th/ethics-human/forms/checklist/2022-Human%20Research%20Checklistresearcher .pdf
19. United Nations International Children's Emergency Fund. Neonatal mortality [Internet]. [cited 2024 Mar 20]. Available from: https://data.unicef.org/topic/child-survival/ neona tal-mortality/
20. Leung XY, Islam RM, Adhami M, Ilic D, McDonald L, Palawaththa S, et al. A systematic review of dengue outbreak prediction models: Current scenario and future directions. PLoS Negl Trop Dis. 2023;1 7(2):e0010