

ตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราการเกิดการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN)

Statistical Models for Studying the Incidence Rate of Deaths Among People Infected with COVID-19 in Southeast Asian (ASEAN) Countries

สมพร เทพนิม¹ ศิริพร สมุทรราชิรวงษ์^{2*} สุภาวดี สุวิธรรมา³ และ จุฬารัตน์ ชุมนวล^{4,5}

Somporn Thepchim¹, Siriporn Samutwachirawong^{2*}, Suphawadee Suwithamma³ and Jularat Chumnau^{4,5}

¹สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประเทศไทย

²สาขาวิชาสถิติและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประเทศไทย

³สาขาวิชาสถิติประยุกต์และวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ประเทศไทย

⁴สาขาวิทยาศาสตร์การคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย

⁵หน่วยวิจัยสถิติและการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย

¹Program of Applied Statistics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Thailand

²Section of Statistics and Information Management, Faculty of Science, Maejo University, Thailand

³Program of Applied Statistics and Data Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Thailand

⁴Division of Computational Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand

⁵Statistics and Applications Research Unit, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราการเกิดการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) โดยตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษา คือ ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนผู้ป่วยยืนยัน (confirmed case) รวม อัตราแพร่เชื้อ (reproduction rate) และดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (stringency index) โดยในการศึกษครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิและใช้การวิเคราะห์การถดถอยปัวซงและการวิเคราะห์การถดถอยทวินามลบในการสร้างตัวแบบ ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบการถดถอยปัวซงไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเนื่องจากข้อมูลมีความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมากหรือเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) โดยมีค่า AIC = 39590.932 ส่วนตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลสำหรับศึกษาอัตราการเกิดการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) คือ ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (deviance = 1347.708, Pearson chi-square = 1230.049, และ AIC = 8608.771) โดยพบว่า ประเทศไทยมีอัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 สูงกว่าประเทศอื่น ๆ ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) โดยประเทศกัมพูชา ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศลาว ประเทศมาเลเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศสิงคโปร์ และประเทศเวียดนาม มีอัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 น้อยกว่าประเทศไทย 97.4%, 81.9%, 94.4%, 40.3%, 99.7%, 73.2%, 72.5%, และ 61.8% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ตัวแบบการถดถอยปัวซง, ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ, อัตราอุบัติการณ์, อัตราแพร่เชื้อ, ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด

ABSTRACT

The objective of this research is to find a suitable statistical model to study the incidence rate of deaths among people infected with COVID-19 in Southeast Asian (ASEAN) countries. The independent variables considered in this study are countries in Southeast Asia, the total confirmed cases of COVID-19, the reproduction rate, the stringency index, and the new deaths attributed to COVID-19. The online secondary data is used in this study, and the models considered are the Poisson regression model and the negative-binomial regression model. The results show that the Poisson regression model is unsuitable for the data used in this study because the variance of this data is significantly higher than its mean; this is called the overdispersion problem. On the other hand, the negative-binomial regression model is the most suitable model for studying the incidence rate of deaths among people infected with COVID-19 in Southeast Asian countries. Moreover, Thailand has been found to have a higher incidence rate of death from

COVID-19 than other Southeast Asian countries; the incidence rate of death from COVID-19 in Cambodia, Indonesia, Laos, Malaysia, Philippines, Singapore, and Vietnam is lower than in Thailand by 99.5%, 99.4%, 28.1%, 99.4%, 72.0%, 99.7%, 56.0%, 97.9%, and 45.4%, respectively.

KEYWORDS: Poisson regression model, negative-binomial regression model, incidence rate, reproduction rate, stringency index

*Corresponding Author: siriporn_sm@mju.ac.th

Received: 25/07/2022; Revised: 21/02/2023; Accepted: 14/06/2023

1. บทนำ

ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2563 ประชาคมโลกประสบกับวิกฤตการระบาดของไวรัส COVID-19 ซึ่งเป็นโรคติดต่ออุบัติใหม่ที่ระบาดไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว โดยโรคติดต่อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) เกิดจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (Zhu et al., 2020) หรือเชื้อไวรัส COVID-19 คำว่า COVID-19 ย่อมาจาก Coronavirus disease 2019 ซึ่งถูกตั้งชื่อโดยองค์การอนามัยโลก (world health organization : WHO) เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ต่อมาคณะกรรมการระหว่างประเทศ ว่าด้วยอนุกรมวิธานของไวรัส (international committee on taxonomy of viruses: ICTV) ได้ประกาศชื่อที่เป็นทางการของเชื้อที่เป็นสาเหตุของ COVID-19 ว่าเป็น “เชื้อไวรัสโคโรนาโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรงชนิดที่สอง” (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “เชื้อไวรัส SARS-CoV-2” (Guo et al., 2020) เชื้อไวรัส SARS-CoV-2 พบรายงานการระบาดครั้งแรกในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 ในนครอู่ฮั่น เมืองหลวงของมณฑลหูเป่ย์ สาธารณรัฐ ประชาชนจีน และในวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2563 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ประกาศให้การระบาดนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศ (public health emergency of international concern – PHEIC) ต่อมาพบว่าเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ได้มีการแพร่ระบาดไปมากกว่า 200 ประเทศทั่วโลก องค์การอนามัยโลก (WHO) จึงได้ประกาศยกระดับให้เป็นภาวะการระบาดใหญ่ทั่วโลก (pandemic) ในวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2563 จากภาวะดังกล่าวไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของทุกคนเท่านั้น หากแต่ยังส่งผลโดยตรงต่อภาพรวมของเศรษฐกิจโลกและส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

สมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรืออาเซียน (Association of Southeast Asian Nations:

ASEAN) เป็นความร่วมมือระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 10 ประเทศ ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2510 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากรในภูมิภาคด้วยการสร้างความเติบโตทางเศรษฐกิจ พัฒนาสังคม และวัฒนธรรม ตลอดจนส่งเสริมและดำรงไว้ซึ่งสันติภาพ และเสถียรภาพในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การระบาดของโรคติดต่อนำมาซึ่งการชะลอตัวของทางเศรษฐกิจทั้งในระดับชาติ และภาพรวมเศรษฐกิจ ภูมิภาคอื่นเนื่องมาจากการท่องเที่ยว การใช้จ่าย และการผลิตที่ลดลงในขณะเดียวกันก็ได้ส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจของผู้คน การระบาดที่ขยายตัวทั้งในเชิงพื้นที่ และอัตราผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นสร้างความรู้สึกหวาดกลัว และตื่นตระหนกต่อสถานการณ์ รวมถึงเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตประจำวันของผู้คนให้มีความระมัดระวังและตระหนักในเรื่องสุขอนามัยมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การระบาดของโรดยังสร้างผลกระทบต่อสังคมระหว่างประเทศจากการใช้นโยบาย และมาตรการในการป้องกัน และควบคุมการระบาดของโรคเพื่อรักษาผลประโยชน์แห่งชาติของตน ซึ่งอาจนำมาซึ่งความขัดแย้ง และสร้างความตึงเครียดให้กับสังคมระหว่างประเทศได้จากมาตรการเพื่อสกัดกั้นการลุกลามของเชื้อไวรัสโควิด-19 โดยตลอดช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาประชากร ทั่วโลกเพื่อควบคุม และยับยั้งการแพร่ระบาด ๆ รวมทั้งกลุ่มประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยจำนวนประชากรในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คิดเป็นประมาณร้อยละ 9 ของประชากรโลก พบว่ามีจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ประมาณร้อยละ 1.5 ของผู้ติดเชื้อทั้งหมดในโลก และมีอัตราการเสียชีวิตประมาณร้อยละ 0.8 ซึ่งเป็นข้อมูลในวงกว้างแสดงภาพรวมทั้งหมดของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (รัฐกา เนตรทัศน์, 2563) สำหรับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบผู้ติดเชื้อรายแรกในประเทศไทยเมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2563 โดยเป็นผู้ป่วยชาวจีน เพศหญิง อายุ 74 ปี ซึ่งเป็นผู้ป่วยรายแรกที่พบนอกประเทศจีน และเป็นรายแรกของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามที่มีรายงานอย่างเป็นทางการ ต่อมาจึงเริ่มมีการยืนยัน

การพบผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศเวียดนามและสิงคโปร์ รายงานการพบผู้ติดเชื้อรายแรกเมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2563 ตามด้วยประเทศมาเลเซียที่รายงาน การพบผู้ติดเชื้อในวันที่ 25 มกราคม พ.ศ. 2563 ประเทศกัมพูชา และฟิลิปปินส์รายงานเมื่อวันที่ 27 และ 30 มกราคม พ.ศ. 2563 ตามลำดับ และมีการรายงานการพบผู้ติดเชื้อรายแรกของประเทศอินโดนีเซีย บรูไน เมียนมา และลาว ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งนับตั้งแต่พบผู้ติดเชื้อรายแรกจนถึงวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ไวรัสดังกล่าวได้แพร่ระบาดในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยพบผู้ติดเชื้อ 34,968 ราย และเสียชีวิต 620 ราย ทั้งทั้งภูมิภาคสืบเนื่องจากจำนวนผู้เสียชีวิตจาก COVID-19 ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ทำให้ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยหลายงาน ที่ทำการศึกษานับหรืออัตราการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 โดย Thao และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาระบาดใหญ่ของ COVID-19 และรายงานการแพร่ระบาดของ COVID-19 ช่วงเริ่มต้นในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยพบว่า ข้อมูล ณ วันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2563 มีผู้ติดเชื้อ COVID-19 จำนวน 19,547 ราย และเสียชีวิตจาก COVID-19 จำนวน 817 ราย ประเทศไทยเป็นประเทศแรกในภูมิภาคที่รายงานจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในขณะที่ประเทศลาวเป็นประเทศสุดท้ายที่รายงานจำนวนผู้ป่วยยืนยัน (Thao et al., 2020) George R Puno (2021) ได้ทำการศึกษาอัตราการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 (case fatality rate; CFR) ในช่วงเริ่มต้นของการระบาด (ต้นเดือนมีนาคม - เดือนพฤษภาคม 2563) ของประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูล ณ วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2563 พบว่า ประเทศสิงคโปร์ อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ มีจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 สูงสุด ประเทศบรูไนมีผู้เสียชีวิตจาก COVID-19 1 ราย และประเทศกัมพูชา ลาว สาธารณรัฐประชาธิปไตยติมอร์-เลสเต และเวียดนาม ไม่มีผู้เสียชีวิตจาก COVID-19 นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่า ประเทศอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์มี CFR สูงสุด คือ 6.66% และ 6.59% ตามลำดับ โดยมีค่า R2 เท่ากับ 97.95% และ 99.43% ตามลำดับ ส่วนประเทศสิงคโปร์มี CFR ต่ำสุด (0.068%) (George, 2021)

นอกจากนี้ Rampal และคณะได้ศึกษาการระบาดวิทยาของ COVID-19 ใน 10 ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียง

ใต้ ผลการศึกษาพบว่า ตลอดระยะเวลาการศึกษามีรายงานผู้ป่วยทั้งหมด 12,720,661 ราย และเสียชีวิต 271,475 รายในภูมิภาคอาเซียน แนวโน้มจำนวนผู้ติดเชื้อต่อหัวรายวันอยู่ในระดับสูงสุดระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2564 สำหรับภูมิภาคอาเซียน อัตราการเสียชีวิตสะสม (CFR) ในประเทศบรูไน กัมพูชา อินโดนีเซีย ลาว มาเลเซีย พม่า ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไทย และเวียดนาม อยู่ที่ 0.9% (N=68), 2.2% (N=2,610), 3.5% (N=142,889), 0.1% (N=36), 1.2% (N=27,700), 4.0% (N=18,297), 1.6% (N=40,424), 0.1% (N=215), 1.7% (N=18,123) และ 2.6% (N=21,043) ตามลำดับ CFR สูงที่สุดอย่างต่อเนื่องระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2563 อัตราการตายสะสม (MR) อยู่ที่ 9.5, 13.7, 51.4, 0.2, 80.3, 32.4, 34.5, 1.6, 23.9 และ 19.7 ต่อประชากร 100,000 คน ตามลำดับ อัตราการทดสอบเชิงบวกสะสม (TPR) คือ 8.4%, 16.9%, 4.6%, 7.5%, 11.1%, 12.9%, 0.5%, 11.7% และ 3.6% โดยมีอัตราการทดสอบสะสม (TR) ที่ 25.0, 90.1, 27.4, 917.7, 75.8, 177.8, 3303.3, 195.2 และ 224.9 ต่อประชากร 1,000 คนในกัมพูชา อินโดนีเซีย ลาว มาเลเซีย พม่า ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไทย และเวียดนาม ตามลำดับ สัดส่วนของประชากรที่ฉีดวัคซีนครบ (VR) คือ 44.5%, 65.3%, 18.5%, 28.2%, 61.8%, 6.8%, 19.2%, 76.8%, 22.7% และ 10% ในบรูไน กัมพูชา อินโดนีเซีย ลาว มาเลเซีย พม่า ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ ไทย และเวียดนาม ตามลำดับ (Rampal et al., 2021) ในทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ (count data) นั้น ตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมและนิยมใช้มากที่สุด คือ ตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression model) โดยตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงปัวซอง และมีข้อสมมุติฐานเบื้องต้นว่า ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนต้องมีค่าเท่ากัน เรียกว่า อีควิดิสเพอร์ชัน (equidispersion) แต่ในความเป็นจริงแล้วบ่อยครั้งที่เรามักจะพบว่า ความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย เรียกว่าปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) หรือความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย (underdispersion) (Burcu H, Cengiz, 2004) และนอกจากปัญหาที่กล่าวมาแล้วนั้น อาจพบว่า ตัวแปรตามมีค่าเป็นศูนย์จำนวนมาก (zero-inflated) (Charatiam, 2010) ซึ่งตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับนำมาวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดปัญหาค่าความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ยและปัญหาที่ตัวแปรตามมีค่าเป็นศูนย์จำนวนมากคือ ตัวแบบทวินามลบ (Moghimbeigi

et al., 2008; Hu et al., 2011; Batra et al., 2016; Yusuf et al., 2017)

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลจำนวนนับ ในช่วงเวลาหรือขอบเขตที่สนใจศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) และค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มน้อยกว่าค่าเฉลี่ย (underdispersion) รวมถึงตัวแปรตามมีค่าเป็นศูนย์เป็นจำนวนมาก (zero-inflated) ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้การแจกแจงทวินามลบ (negative-binomial distribution) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งจะทำให้นำไปสู่ข้อสรุปและการตัดสินใจที่ถูกต้อง งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราการอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) เพื่อเป็นแนวทางในการหามาตรการป้องกันการระบาดของ COVID-19 และลดจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตในอนาคต

ตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression model) และตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (negative-binomial regression model)

ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราการอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) 2 ตัวแบบด้วยกัน คือ ตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression model) และตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (negative-binomial regression model) ซึ่งเป็นตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไป (generalized linear model) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression model)

ตัวแบบการถดถอยปัวซองเป็นตัวแบบการถดถอยที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามกรณีที่มีตัวแปรตามเป็นจำนวนนับ เช่น จำนวนผู้เสียชีวิตจากโรค SARs จำนวนครั้งที่ระบบคอมพิวเตอร์ล่มในแต่ละภาคการศึกษา จำนวนครั้งการไปซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง เป็นต้น โดยข้อสมมติเบื้องต้นที่สำคัญของตัวแบบการถดถอยปัวซอง คือ ตัวแปรตามต้องมีการแจกแจงแบบปัวซอง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับความแปรปรวน) และตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่ไม่มีความสัมพันธ์กันสูง

สำหรับตัวแบบการถดถอยปัวซองโดยประมาณ (fitted Poisson regression model) มีรูปแบบดังนี้

$$\ln \hat{\mu} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_p X_p \quad (1)$$

หรือ

$$\hat{\mu} = \exp(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_p X_p) \quad (2)$$

เมื่อ $\hat{\mu}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (Y)

$\hat{\beta}_0$ คือ ค่าประมาณค่าคงที่ของตัวแบบการถดถอย

$\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_p$ คือ ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ

X_1, X_2, \dots, X_p คือ ตัวแปรอิสระ

(John et al., 1966) และตัวแบบการถดถอยปัวซองโดยประมาณสำหรับอัตราการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ (fitted Poisson regression model for rate) มีรูปแบบดังนี้

$$\ln \left(\frac{\hat{\mu}}{t} \right) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_p X_p \quad (3)$$

โดยที่ตัวแปร t คือ ขนาดประชากรของแต่ละประเทศ และ $\ln t$ เรียกว่า offset (McCullagh & Nelder, 1989) ซึ่งเป็นค่าที่ปรับแต่ละค่าเมื่อค่า t เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลง

ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (Negative-binomial regression model)

ตัวแบบการถดถอยทวินามลบเป็นตัวแบบที่ได้รับการพัฒนาจากข้อด้อยของตัวแบบการถดถอยปัวซองที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล กล่าวคือ ตัวแบบการถดถอยทวินามลบจะนิยมนำมาใช้แทนตัวแบบการถดถอยปัวซองในกรณีที่ตัวแปรตามมีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ยหรือเรียกว่า ปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) โดย ตัวแบบการถดถอยทวินามลบยังคงยึดรูปแบบโครงสร้างของตัวแบบเช่นเดียวกับตัวแบบการถดถอยปัวซอง (John et al., 1966) คือ

$$\ln \hat{\mu} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_p X_p \quad (4)$$

เมื่อ $\hat{\mu}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (Y)

$\hat{\beta}_0$ คือ ค่าประมาณค่าคงที่ของตัวแบบการถดถอย

$\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_p$ คือ ค่าประมาณสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ

X_1, X_2, \dots, X_p คือ ตัวแปรอิสระ

การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) ในการตรวจสอบว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ โดยมีสมมุติฐานของการทดสอบ คือ

H_0 : ตัวแบบมีความเหมาะสมกับข้อมูล

H_1 : ตัวแบบไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล

นอกจากนี้ สำหรับตัวแบบการถดถอยปัวซอง ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบการเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) ร่วมด้วย เพื่อทดสอบว่าความแปรปรวนของข้อมูลสูงกว่าค่าที่พึงเป็นตามทฤษฎีหรือตัวแบบหรือไม่ โดยข้อมูลที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปัวซองมีคุณสมบัติที่สำคัญคือความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยต้องมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การทดสอบการเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์สำหรับตัวแบบการถดถอยปัวซองจึงเป็นการทดสอบว่าความแปรปรวนของข้อมูลสูงกว่าค่าเฉลี่ยหรือไม่ โดยมีสมมติฐานของการทดสอบคือ

H_0 : ข้อมูลไม่เกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์

H_1 : ข้อมูลเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอะไกเคะ (Akaike's information criterion; AIC) หรือค่า AIC ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูล (จากการทดสอบ ภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test)) และให้ค่า AIC ต่ำกว่า จะถือว่าเป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ในกรณีที่พารามิเตอร์ของตัวแบบถูกประมาณด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood method) ค่า AIC จะคำนวณได้จาก

$$AIC = -2 \ln \hat{L} + 2p \tag{5}$$

และในกรณีที่พารามิเตอร์ของตัวแบบถูกประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) ค่า AIC จะคำนวณได้จาก

$$AIC = n \ln \left(\frac{SSE}{n} \right) + 2p \tag{6}$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูล

p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

SSE คือ ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

\hat{L} คือ ค่าสูงสุดของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น

(สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2561)

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากคลังข้อมูล COVID-19 ของ Our World in Data (OWID) ซึ่งเผยแพร่ออนไลน์ทางเว็บไซต์

<https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data> โดยขอบเขตของข้อมูลที่น่าสนใจคือข้อมูลรายวันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 3 มิถุนายน พ.ศ. 2565

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรตาม คือ จำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวัน

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนผู้ป่วยยืนยัน (confirmed case) รวม อัตราแพร่เชื้อ (reproduction rate) และดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (stringency index)

สำหรับตัวแปรประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนเป็นตัวแปรหุ่น (dummy variable) เพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบโดยให้รหัส ดังนี้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประเทศ	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	X_{19}
บรูไน	1	0	0	0	0	0	0	0	0
กัมพูชา	0	1	0	0	0	0	0	0	0
อินโดนีเซีย	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ลาว	0	0	0	1	0	0	0	0	0
มาเลเซีย	0	0	0	0	1	0	0	0	0
เมียนมา	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ฟิลิปปินส์	0	0	0	0	0	0	1	0	0
สิงคโปร์	0	0	0	0	0	0	0	1	0
เวียดนาม	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ไทย*	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ *ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้ประเทศไทยเป็นกลุ่มอ้างอิง (reference group)

1. ตรวจสอบความสัมพันธ์ (multicollinearity) ระหว่างตัวแปรอิสระ (ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม อัตราแพร่เชื้อ และดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด) โดยพิจารณาจากค่า variance inflation factor (VIF) และทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันสูง ($VIF > 5$) (Vittinghoff et al., 2011) ออกจากการพิจารณา

2. สร้างตัวแบบการถดถอยปัวซอง (Poisson regression model) จากตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กันสูง

3. ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบที่ได้ในข้อ 2 ว่ามีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ โดยใช้การทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) และการทดสอบการเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion)

4. หากตัวแบบการถดถอยปัวซงที่ได้ในข้อ 2 ไม่เหมาะสม ทำการสร้างตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (negative-binomial regression model) และทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ และเลือกตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยพิจารณาจากเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike's information criterion; AIC)

6. โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล คือ โปรแกรม SAS (SAS® OnDemand for Academics)

4. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาเรื่องตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ได้แก่ ไทย เวียดนาม มีดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า ประเทศฟิลิปปินส์มีจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตเฉลี่ยสูงสุดคือ 84 คนต่อวัน และประเทศกัมพูชาไม่มีจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิต ประเทศเวียดนามมีจำนวนผู้ป่วยยืนยันรวมเฉลี่ยสูงสุดคือ 6,608,672 คน และประเทศบรูไนมีจำนวนผู้ป่วยยืนยันรวมเฉลี่ยต่ำสุดคือ 84,635 คนแต่มีอัตราแพร่เชื้อเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.18 ส่วนประเทศลาวมีอัตราแพร่เชื้อเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.87

ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity)

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ พบว่า ตัวแปรอิสระทุกตัวที่ศึกษา (ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม อัตราแพร่เชื้อ และดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด) มีค่า VIF (variance inflation factor) น้อยกว่า 5 ดังนั้น ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวไม่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง จึงนำตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัว ไปทำการสร้างตัวแบบสำหรับศึกษาอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ที่เหมาะสมต่อไป

ตัวแบบการถดถอยปัวซง (Poisson regression model)

เนื่องจากตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ จำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวัน ซึ่งเป็นข้อมูลแจกแจงนับ (count data) และมีการแจกแจงแบบปัวซง ดังนั้น ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะเริ่มจากการพิจารณาตัวแบบการถดถอยปัวซงสำหรับศึกษาอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN)

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยปัวซงแสดงดังตารางที่ 3-5

จากตารางที่ 3 จะได้ตัวแบบการถดถอยปัวซงสำหรับศึกษาอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) คือ

$$\ln\left(\frac{\hat{\mu}}{t}\right) = -15.108 + 0.136X_{11} - 3.537X_{12} - 1.422X_{13} - 2.562X_{14} - 0.433X_{15} - 5.323X_{16} - 1.219X_{17} - 0.894X_{18} - 0.509X_{19} + 0.000X_2 - 0.606X_3 + 0.046X_4 \quad (7)$$

เมื่อ $\hat{\mu}$ คือ อัตราผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวันเฉลี่ย t

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสอง (chi-square) เท่ากับ 5375.449 และค่าพี (p-value) น้อยกว่า 0.000 จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลที่นำมาศึกษาเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ บ่งชี้ว่าตัวแบบการถดถอยปัวซงไม่เหมาะสมกับข้อมูล

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) สำหรับตัวแบบการถดถอยปัวซง พบว่า ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสอง (chi-square) เท่ากับ 41096.05 และค่าพี (p-value) น้อยกว่า 0.000 จึงสรุปได้ว่า ตัวแบบการถดถอยปัวซงข้างต้นไม่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ ดังนั้น ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะพิจารณาตัวแบบการถดถอยทวินามลบเป็นลำดับต่อไป

ตัวแบบการถดถอยทวินามลบ (negative-binomial regression model)

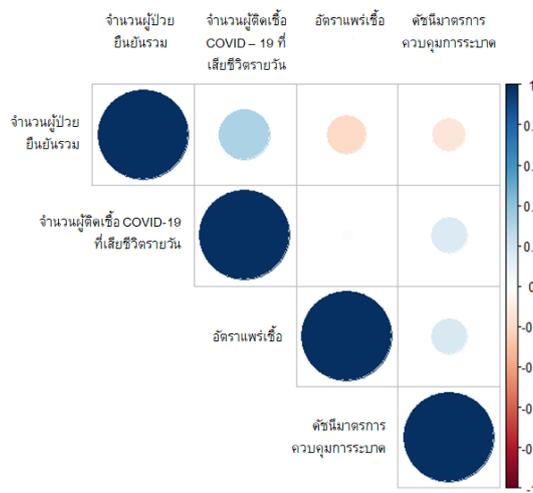
ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยทวินามลบแสดงดังตารางที่ 6-8

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

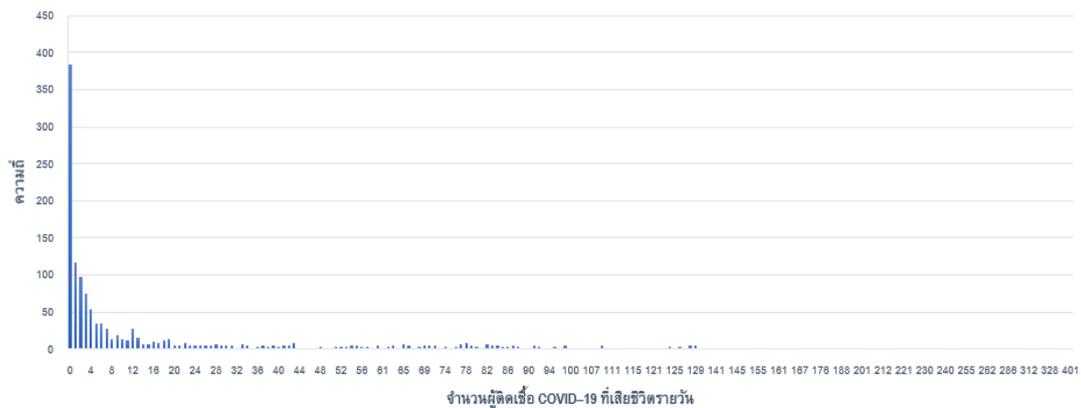
ประเทศ	ขนาดประชากร (1,000 คน)	จำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวันเฉลี่ย	จำนวนผู้ป่วยยืนยัน (Confirmed case) รวมเฉลี่ย	อัตราแพร่เชื้อ (Reproduction rate) เฉลี่ย	ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (Stringency index) เฉลี่ย
บรูไน	441.532	1	84,635	1.18	55.05
กัมพูชา	16,946.446	0	129,991	0.90	29.72
อินโดนีเซีย	276,361.788	82	5,449,238	1.05	60.96
ลาว	7,379.358	3	164,342	0.87	71.03
มาเลเซีย	32,776.195	27	3,744,753	0.98	55.78
สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา	54,806.014	1	582,155	0.90	70.28
ฟิลิปปินส์	111,046.91	84	3,458,525	1.08	68.68
สิงคโปร์	5,453.6	4	823,099	1.15	55.07
เวียดนาม	98,168.829	72	6,608,672	0.91	54.46
ไทย	69,950.844	57	3,267,087	1.05	46.32

ตารางที่ 2 การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

ตัวแปรอิสระ	VIF
ประเทศ (X_1)	1.177
จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม (X_2)	1.231
อัตราแพร่เชื้อ (X_3)	1.061
ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (X_4)	1.051



รูปที่ 1 แผนภาพสหสัมพันธ์ (Correlogram) แสดงภาพเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงปริมาณที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวันของประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 - พฤษภาคม พ.ศ. 2565

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ($\hat{\beta}$) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ขีดจำกัดความเชื่อมั่น 95% ของวัลด์ (Wald 95% confidence limits) ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสองของวัลด์ (Wald χ^2) และค่าพี (p-value) สำหรับตัวแบบการถดถอยบัวซง

Parameter	$\hat{\beta}$	Standard error	Wald 95% confidence limits		Wald χ^2	p-value
ค่าคงที่	-15.108	0.054	-15.214	-15.002	77929.10	<.0001*
ประเทศบรูไน (X_{11})	0.136	0.091	-0.044	0.315	2.20	0.1380
ประเทศกัมพูชา (X_{12})	-3.537	0.153	-3.837	-3.237	533.63	<.0001*
ประเทศอินโดนีเซีย (X_{13})	-1.422	0.025	-1.471	-1.372	3176.84	<.0001*
ประเทศลาว (X_{14})	-2.562	0.058	-2.675	-2.449	1979.60	<.0001*
ประเทศมาเลเซีย (X_{15})	-0.433	0.023	-0.477	-0.388	366.10	<.0001*
ประเทศพม่า (X_{16})	-5.323	0.082	-5.484	-5.161	4173.11	<.0001*
ประเทศฟิลิปปินส์ (X_{17})	-1.219	0.030	-1.277	-1.160	1650.11	<.0001*
ประเทศสิงคโปร์ (X_{18})	-0.894	0.045	-0.982	-0.806	395.19	<.0001*
ประเทศเวียดนาม (X_{19})	-0.509	0.024	-0.555	-0.463	462.99	<.0001*
จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม (X_2)	0.000	0.000	0.000	0.000	1207.56	<.0001*
อัตราแพร่เชื้อ (X_3)	-0.606	0.013	-0.632	-0.581	2114.96	<.0001*
ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (X_4)	0.046	0.001	0.044	0.048	2229.64	<.0001*

Deviance = 35113.894, Pearson chi-square = 41096.050, AIC = 39590.932

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 การทดสอบการเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) ของการถดถอยบัวซง

Lagrange multiplier statistics		
Parameter	Chi-square	p-value
Dispersion	5375.449	<.0001*

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 การทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-Fit Test) สำหรับตัวแบบการถดถอยบัวซง

goodness-of-fit test		
Parameter	Chi-square	p-value
goodness-of-Fit	41096.05	<0.000*

ทุกตัวน้อยกวาระดับนัยสำคัญ 0.05 ยกเว้นตัวแปร X_{11} ดังนั้น ในขั้นตอนต่อไปจะทำการตัดตัวแปร X_{11} ออกจากตัวแบบเพื่อดูว่าจะทำให้ค่า AIC ลดลงหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ตัวแบบทวินามลบตัวใหม่แสดงดังตารางที่ 7 จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าเมื่อทำการตัดตัวแปร ออกจากตัวแบบ ทำให้ค่า deviance ค่าพี Pearson chi-square และค่า AIC ลดลง (deviance = 1347.708, Pearson chi-square = 1230.049, และ AIC = 8608.771) โดยจะได้ตัวแบบการถดถอยทวินามลบสำหรับศึกษาอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ

COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ตัวใหม่ คือ

$$\ln\left(\frac{\hat{\mu}}{t}\right) = -15.462 - 3.655X_{12} - 1.708X_{13} - 2.879X_{14} - 0.517X_{15} - 5.686X_{16} - 1.316X_{17} - 1.293X_{18} - 0.961X_{19} + 0.000X_2 - 0.312X_3 + 0.054X_4 \quad (8)$$

เมื่อ $\frac{\hat{\mu}}{t}$ คือ อัตราผู้ติดเชื้อ COVID-19 ที่เสียชีวิตรายวันเฉลี่ย

เมื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบที่ 2 โดยใช้การทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) พบว่า ได้ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสอง (chi-square)

ตารางที่ 6 ตัวแบบที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ () ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสองของวัลด์ (Wald) ค่าพี (p-value) และอัตราส่วนอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 (Incidence Rate Ratio; IRR) ของตัวแบบการถดถอยทวินามลบ

Parameter	$\hat{\beta}$	Standard Error	Wald 95% Confidence Limits		Wald χ^2	p-value	IRR
ค่าคงที่	-15.379	0.340	-16.045	-14.713	2047.55	<.0001*	-
ประเทศบรูไน (X_{11})	-0.278	0.179	-0.630	0.073	2.41	0.1208	0.757
ประเทศกัมพูชา (X_{12})	-3.680	0.251	-4.173	-3.188	214.44	<.0001*	0.025
ประเทศอินโดนีเซีย (X_{13})	-1.704	0.185	-2.065	-1.342	85.31	<.0001*	0.182
ประเทศลาว (X_{14})	-2.904	0.190	-3.277	-2.531	232.62	<.0001*	0.055
ประเทศมาเลเซีย (X_{15})	-0.513	0.138	-0.783	-0.243	13.88	0.0002*	0.599
ประเทศพม่า (X_{16})	-5.704	0.206	-6.108	-5.300	765.07	<.0001*	0.003
ประเทศฟิลิปปินส์ (X_{17})	-1.283	0.203	-1.681	-0.885	39.90	<.0001*	0.277
ประเทศสิงคโปร์ (X_{18})	-1.303	0.153	-1.604	-1.003	72.22	<.0001*	0.272
ประเทศเวียดนาม (X_{19})	-0.945	0.183	-1.303	-0.587	26.78	<.0001*	0.389
จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม (X_2)	0.000	0.000	0.000	0.000	38.14	<.0001*	1.000
อัตราแพร่เชื้อ (X_3)	-0.370	0.076	-0.518	-0.221	23.73	<.0001*	0.691
ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (X_4)	0.054	0.006	0.043	0.065	90.31	<.0001*	1.055
Dispersion	1.112	0.052	1.015	1.219			

Deviance = 1488.320, Pearson Chi-Square = 1458.784, AIC = 8964.952

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 ตัวแบบที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ () ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ค่าสถิติทดสอบไคกำลังสองของวัลด์ (Wald) ค่าพี (p-value) และอัตราส่วนอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID - 19 (incidence rate ratio; IRR) ของตัวแบบการถดถอยทวินามลบ

Parameter	$\hat{\beta}$	Standard error	Wald 95% confidence limits		Wald χ^2	p-value	IRR
ค่าคงที่	-	0.339	-16.126	-14.798	2083.26	<.0001*	-
	15.462						
ประเทศกัมพูชา (X_{12})	-3.655	0.249	-4.143	-3.166	215.02	<.0001*	0.026
ประเทศอินโดนีเซีย (X_{13})	-1.708	0.182	-2.065	-1.352	88.17	<.0001*	0.181
ประเทศลาว (X_{14})	-2.879	0.188	-3.248	-2.511	234.9	<.0001*	0.056
ประเทศมาเลเซีย (X_{15})	-0.517	0.136	-0.783	-0.251	14.48	0.0001*	0.597
ประเทศพม่า (X_{16})	-5.686	0.204	-6.085	-5.287	778.72	<.0001*	0.003
ประเทศฟิลิปปินส์ (X_{17})	-1.316	0.201	-1.710	-0.923	43.06	<.0001*	0.268
ประเทศสิงคโปร์ (X_{18})	-1.293	0.151	-1.589	-0.997	73.25	<.0001*	0.275
ประเทศเวียดนาม (X_{19})	-0.961	0.180	-1.314	-0.609	28.52	<.0001*	0.382
จำนวนผู้ป่วยยืนยันรวม (X_2)	0.000	0.000	0.000	0.000	36.23	<.0001*	1.000
อัตราแพร่เชื้อ (X_3)	-0.312	0.078	-0.465	-0.159	15.91	<.0001*	0.732
ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (X_4)	0.054	0.006	0.043	0.065	92.26	<.0001*	1.055
Dispersion	1.076	0.050	0.981	1.179			

Deviance = 1347.708, Pearson Chi-Square = 1230.049, AIC = 8608.771

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 8 การทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) สำหรับตัวแบบการถดถอยทวินามลบ

goodness-of-fit test		
Parameter	Chi-square	p-value
goodness-of-fit	1230.049	0.558

จึงสรุปได้ว่า ตัวแบบการถดถอยทวินามลบข้างต้นเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 8 จากตัวแบบการถดถอยทวินามลบที่ได้จากตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนอุบัติการณ์การเสียชีวิตจาก COVID-19 ของประเทศอื่น ๆ ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) เทียบกับประเทศไทยพบว่า ประเทศไทยมีอัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 สูงกว่าประเทศอื่น ๆ ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) โดยประเทศกัมพูชา ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศลาว ประเทศมาเลเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศสิงคโปร์ และประเทศเวียดนามมีอัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 น้อยกว่าประเทศไทย 97.4%, 81.9%, 94.4%, 40.3%, 99.7%, 73.2%, 72.5%, และ 61.8% ตามลำดับ (IRR = 0.026, 0.181, 0.056, 0.597, 0.003, 0.268, 0.275, และ 0.382 ตามลำดับ)

นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้าจำนวนผู้ป่วยยืนยันรวมเพิ่มขึ้น 1 คน อัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) จะลดลงเล็กน้อย (IRR เข้าใกล้ 1) ถ้าอัตราการแพร่เชื้อเพิ่มขึ้น 1 หน่วย อัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 จะลดลง 26.8% (IRR = 0.732) และถ้าดัชนีมาตรการควบคุมการระบาดเพิ่มขึ้น 1 หน่วย อัตราหรือความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจาก COVID-19 จะเพิ่มขึ้น 5.5% (IRR = 1.055)

5. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบทางสถิติสำหรับศึกษาอัตราการอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) โดยตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษา คือ ประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จำนวนผู้ป่วยยืนยัน (confirmed case) รวม อัตราแพร่เชื้อ (reproduction rate) และดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (stringency index) โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยปัวซอง (Poisson regression) และการวิเคราะห์การถดถอยทวินามลบ (negative-binomial regression model)

ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบการถดถอยปัวซองไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเนื่องจากข้อมูลมีความแปรปรวนสูงกว่าค่าเฉลี่ยเป็นอย่างมากหรือเกิดปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) โดยจะเห็นได้จากผลการทดสอบภาวะสารูปดี (goodness-of-fit test) และการทดสอบปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (p-value น้อยกว่า 0.05) รวมทั้งค่า AIC ของตัวแบบที่ค่อนข้างสูง (AIC = 39590.932) ส่วนตัวแบบการถดถอยทวินามลบมีความเหมาะสมสำหรับศึกษาอัตราการอุบัติการณ์การเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) มากกว่าตัวแบบการถดถอยปัวซอง โดยมีสมการของตัวแบบการถดถอยทวินามลบ คือ

$$\ln\left(\frac{\hat{\mu}}{r}\right) = -15.462 - 3.655X_{12} - 1.708X_{13} - 2.879X_{14} - 0.517X_{15} - 5.686X_{16} - 1.316X_{17} - 1.293X_{18} - 0.961X_{19} + 0.000X_2 - 0.312X_3 + 0.054X_4 \tag{9}$$

และมีค่า AIC ที่น้อยกว่าตัวแบบการถดถอยปัวซองค่อนข้างมาก (AIC = 8964.952)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของอติเทพ ไชยวรรณ และคณะ (2013) Molla และ Muniswamy (2012) Byers (2003) และ Yesilova (2007) ที่พบว่าตัวแบบการถดถอยทวินามลบมีความเหมาะสมกว่าตัวแบบการถดถอยปัวซอง เมื่อข้อมูลเป็นจำนวนนับที่มีปัญหาการกระจายเกินเกณฑ์ (overdispersion) นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่ได้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Volato และคณะ (2021) ที่พบว่า ดัชนีมาตรการควบคุมการระบาด (stringency index) มีผลอย่างมากต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ติดเชื้อ COVID-19 และอัตราการเสียชีวิต

เอกสารอ้างอิง

Batra, M., Shah, A. F., Rajput, P., & Shah, I. A. (2016). Comparison of linear and zero-inflated negative binomial regression models for appraisal of risk factors associated with dental caries. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 34(1), 71-75.

Byers, A. L., Allore, H., Gill, T. M., & Peduzzi, P. N. (2003). Application of Negative Binomial Modeling for Discrete Outcomes: A Case Study in Aging Research. *Journal of Clinical Epidemiology*, 56, 559-564.

Chaiwan, A., Boonho, W., & Tongkhaw, P. (2013). Risk Factors for Defective Products in Autoparts Factory Using Generalized Linear Model (GLM). In *The 10th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Conference*, (pp. 238-246). Nakhon Pathom.

Chaiyawan, A., Boonho, W., & Tongkhan, P. (2013). Analysis of risk factors for defective products in automobile parts factories using general linear models (GLM). *National Academic Conference. Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus 9th*, Kasetsart university. (in Thai)

- Charatiam, N. (2010). *Comparative Test Statistics for Zero-Inflated Generalized Poisson Regression Model against Generalized Poisson Regression Model in the Presence of Covariate Outliers* [Unpublished master's thesis]. Thammasat University. (in Thai)
- Guo, Y. R., Cao, Q. D., Hong, Z. S., Tan, Y. Y., Chen, S. D., Jin, H. J., Tan, K. S., Wang, D. Y., & Yan, Y. (2020). The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Military Medical Research*, 7, 1–10.
- Hu, M. C., Pavlicova, M., & Nunes, E. V. (2011). Zero-inflated and Hurdle Models of Count Data with Extra Zeros: Examples form an HIV – Risk Reduction Intervention Trial. *Journal of Drug Alcohol Abuse*, 37(5), 367 –375.
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). *Generalized Linear Models* (2nd ed.). Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Moghimbeigi, A., Eshraghian, M. R., Mohammad, K., & Mcardle, B. (2008). Multilevel zeroinflated negative binomial regression modeling for over-dispersed count data with extra zeros'. *Journal of Applied Statistics*, 35(10), 1193–1202.
- Molla, D. T., & Muniswamy, B. (2012). Power of Tests for Overdispersion Parameter in Negative Binomial Regression Model. *Journal of Mathematics*, 1(4), 29–36.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models (Book 1)* (4th ed.). Chicago, USA : Irwin.
- Nettha, L. (2563). *Lessons learned from the COVID-19 response of ASEAN member countries*. https://lawforasean.krisdika.go.th/File/files/article_2_May_AMS_covid19.pdf (in Thai)
- Office of the Royal Society. (2561). *Dictionary of statistical terms Royal Institute edition*. Bangkok: Office of the Royal Society. (in Thai)
- Pramanick, M. B. B. S., Choolani, M., & Seng, L. B. (2021). The epidemiology of COVID-19 in ten Southeast Asian countries. *Med J Malaysia*, 76(6), 783.
- Puno, G. R. (2021). COVID-19 case fatality rates across Southeast Asian countries (SEA): a preliminary estimate using a simple linear regression model. *Journal of Health Research*, 35(3), 286–294.
- Tran, T. T. P., Khuong, L. Q., Dao, A. T. M., Nguyen, H. V., Djalante, R., & Tran, H. T. T. (2020). The COVID-19 pandemic in the ASEAN: A preliminary report on the spread, burden and medical capacities. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 13(6), 247–251.
- Üçer, B. H., & Çelikoğlu, C. (2004). Latent process in a Poisson regression model. *Journal of Science and Technology*, 5(2), 259–267.
- Violato, C., Violato, E. M., & Violato, E. M. (2021). Impact of the stringency of lockdown measures on covid-19: A theoretical model of a pandemic. *PLOS ONE*, 16(10), e0258205.
- Vittinghoff, E., Glidden, D. V., Shiboski, S. C., & McCulloch, C. E. (2011). *Regression Methods in Biostatistics: Linear, Logistic, Survival, and Repeated Measures Models*. New York, NY: Springer.
- Yesilova, A., & Yilmaz, A. (2007). The Application of Overdispersion and Generalized Estimating Equations in Repeated Catagorical Data Related to the Sexual Behaviour Traits of Farm Animals. *Journal of Applied Sciences*, 7(12), 1762–1767.
- Yusuf, O. B., Bello, T., & Gureje, O. (2017). Zero Inflated Poisson and Zero Inflated Negative Binomial Models with Application to Number of Falls in the Elderly. *Biostatistics and Biometrics Open Access Journal*, 1(4), 1–7.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., & Song, J. (2020) A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*, 382, 727–33.