

ภาพรวมของข้อมูลระยะยาว ข้อจำกัดและทางเลือกที่เหมาะสมของวิธีการทางสถิติ: การวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ

พงษ์เดช สารการ^{1,2} ภูธร จำปาหวาย²

¹สาขาวิชาวิทยาการระบาดและชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²กลุ่มวิจัยวิทยาการระบาดและการป้องกันโรคมาเรียมะเร็งในภูมิภาคอาเซียน (ACEP) คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Received: June 9, 2020

Revised: August 16, 2020

Accepted: October 31, 2020

บทคัดย่อ

ปัญหาสุขภาพในปัจจุบัน มีความซับซ้อนและสัมพันธ์กับหลายปัจจัยเมื่อเวลาเปลี่ยนไป วิธีการศึกษาที่ตัวแปรผลลัพธ์ถูกประเมินผลเพียงครั้งเดียว ณ จุดเวลาหนึ่งและเป็นอิสระต่อกัน อาจมีข้อจำกัดและไม่ดีเพียงพอ ดังนั้น ข้อมูลระยะยาวซึ่งตัวแปรผลลัพธ์ถูกวัดซ้ำหลายจุดเวลาอย่างต่อเนื่อง จึงเข้ามามีบทบาทและท้าทายการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมของนักวิจัย บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเกี่ยวกับพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว ประกอบด้วย ความหมายและขอบเขตของข้อมูลระยะยาว ลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กันและข้อจำกัดและผลกระทบของการใช้วิธีการทางสถิติเดิมกับข้อมูลระยะยาว รวมถึงวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว เช่น การวิเคราะห์คะแนนที่เปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ความแปรปรวนวัดซ้ำ สมการประมาณค่าแบบทั่วไปและตัวแบบผลกระทบผสม ซึ่งการตัดสินใจเลือกนำแต่ละวิธีการดังกล่าวมาใช้ นักวิจัยควรพิจารณาหลายประเด็นขึ้นกับคำถามวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น และข้อจำกัดของข้อมูลและแต่ละวิธีการทางสถิติ

คำสำคัญ: ข้อมูลระยะยาว การวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว ข้อมูลที่สัมพันธ์กัน

ผู้สนับสนุนประสานงาน:

พงษ์เดช สารการ

สาขาวิชาวิทยาการระบาดและชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

อีเมล: spongde@kku.ac.th

Overview of longitudinal data, limitations, and appropriate alternatives of statistical methods: Longitudinal data analysis in health science research

Pongdech Sarakarn^{1,2}, Donlagon Jumparway²

¹Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Public Health, Khon Kaen University

²ASEAN Cancer Epidemiology and Prevention Research Group, Faculty of Public Health,
Khon Kaen University

Abstract

Currently, health problems have been complicated and associated with various factors over time, studies which assess the outcome at a single point in time and independence which may be limited or not good enough. Therefore, longitudinal data, which measures outcomes repeated at multiple points in time and play a role and are a challenge in terms of correcting and appropriating of longitudinal data analysis by the researcher. The objectives of this article would like to present basic longitudinal data analysis; including the meaning and scope of the longitudinal data, the characteristics of correlating data, the limitations and effects of using existing statistical methods with longitudinal data, as well as appropriate statistical methods to analyze longitudinal data, including change score analysis, repeated measures ANOVA, generalized estimating equation, and mixed effects models. To make a decision of selecting a method, researchers should consider several issues based on the research questions, assumptions, and the limitations of the data and each of the statistical methods.

Keywords: longitudinal data, longitudinal data analysis, correlated data

Corresponding Author:

Pongdech Sarakarn

Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Public Health,
Khon Kaen University

123 Moo 16, Mittapap Road, Nai-Muang,
Muang District, Khon Kean, 40002 Thailand.

E-mail: spond@kku.ac.th

บทนำ

ปัญหาสุขภาพในปัจจุบัน มีความซับซ้อนและสัมพันธ์กับหลายปัจจัยเมื่อเวลาเปลี่ยนไป การทำความเข้าใจภาพรวมที่เกิดขึ้นของพัฒนาการทั้งหมดของปัญหาสุขภาพดังกล่าว จึงมีความสำคัญ¹ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนและพัฒนาระบบการดูแลรักษาและป้องกันโรคให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น วิธีการศึกษาตัวแปรผลลัพธ์ (outcome) ที่แต่ละหน่วยสังเกตถูกประเมินผลเพียงครั้งเดียว ณ จุดเวลาหนึ่งและเป็นอิสระต่อกัน เช่น ข้อมูลภาคตัดขวาง (cross-sectional data) อาจมีข้อจำกัดและไม่เพียงพอต่อการนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่น่าไปสู่การอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (ตัวแปรร่วม) กับตัวแปรผลลัพธ์ที่ศึกษาได้อย่างสอดคล้องและครอบคลุม โดยจากการสังเกตงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์และเผยแพร่ในประเทศไทยที่ผ่านมา โดยเฉพาะงานวิจัยที่สร้างและพัฒนาตัวแบบทางสถิติของการเกิดโรคหรือการค้นหาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการเกิดโรค พบว่าส่วนใหญ่ตัวแปรผลลัพธ์ ยังคงถูกวัดครั้งเดียวและเป็นอิสระ โดยนำเอาวิธีการทางสถิติที่มีอยู่ เช่น สมการถดถอยเชิงเส้นพหุ หรือ สมการถดถอยลอจิสติกพหุ เป็นต้น มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในทางปฏิบัติวิธีการทางสถิติเหล่านี้ สามารถถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาปัจจัยเสี่ยงภายใต้การควบคุมตัวแปรกวน หรือการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรนำเข้าด้วยวิธีการ Enter และเป็นมิติที่สะท้อนการพิจารณาเชิงเหตุและผล แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่า ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการหาคำตอบของตัวแบบ หรือผลลัพธ์ เพื่ออธิบายในมิติเชิงการทำนาย (prediction explanation) มากกว่ามิติเชิงเหตุและผล (causal explanation)² ซึ่งในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ผลลัพธ์เชิงเหตุและผล น่าจะเป็นประเด็นที่นักวิจัยส่วนใหญ่คาดหวังและต้องการหรือมีผลต่อการนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เพื่อแก้ปัญหาสุขภาพได้มากกว่า ดังนั้น แม้ข้อค้นพบที่ได้

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติและข้อมูลดังกล่าว อาจให้นัยของข้อค้นพบที่สำคัญบางอย่าง แต่การนำไปใช้ประโยชน์และขยายผล นักวิจัยอาจต้องพิจารณาและพึงระวังเกี่ยวกับข้อจำกัดของข้อมูลที่ได้จากแบบแผนงานวิจัยและวิธีการทางสถิติที่ใช้ เพราะข้อค้นพบดังกล่าว อาจไม่สามารถตอบคำถามวิจัยภายใต้บริบทหรือปรากฏการณ์ทางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปในหลายมิติได้

จากข้อจำกัดดังกล่าว การศึกษาข้อมูลระยะยาว (longitudinal study) ซึ่งตัวแปรผลลัพธ์ของแต่ละหน่วยสังเกตถูกวัดซ้ำมากกว่าหนึ่งครั้งตามเวลาที่กำหนดแตกต่างกันอย่างต่อเนื่อง³ จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ทั้งการศึกษาแบบสังเกต (observational study) และแบบทดลอง (experimental study) ในหลากหลายประเด็น ยกตัวอย่างการศึกษาข้อมูลระยะยาวในต่างประเทศ เช่น การศึกษาความเหลื่อมล้ำทางสุขภาพของเด็ก⁴ การศึกษาและติดตามโรคที่มีอาการ หรือไม่มีอาการแบบเรื้อรังตามวัยของผู้สูงอายุ⁵ เช่น โรคหัวใจ (cardiovascular disease) จากโครงการ Framingham Heart Study⁶ หรือ โรคทางระบบประสาท (neurological disease)⁷ เป็นต้น นอกจากนี้ยังครอบคลุมประเด็นการศึกษามลกระทบของนโยบายสุขภาพในประเด็นต่างๆ ทั้งระดับองค์กร เช่น การศึกษาระยะยาวเพื่อประเมินผลกระทบของนโยบายสุขภาพในองค์กรเกี่ยวกับความพึงพอใจในการทำงาน ความเหนื่อยล้าและการขาดงานเนื่องจากความเจ็บป่วย⁸ เป็นต้น หรือในระดับประเทศ เช่น การศึกษาระยะยาวของการใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพและค่าใช้จ่ายในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีและไม่มีภาวะซึมเศร้า⁹ เป็นต้น จากวิธีการศึกษาดังกล่าวนักวิจัยสามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวแปรผลลัพธ์ได้ตลอดเวลา จากผลการวัดซ้ำที่มีมากกว่าหนึ่งครั้ง ในแต่ละจุดเวลาที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่อง และขณะเดียวกันยังสามารถพิจารณาความ

สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์ที่ถูกวัดซ้ำดังกล่าว กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง หรือ ตัวแปรร่วม (covariate) ได้ ทั้งตัวแปรแบบผันแปรตามเวลา (time-varying covariate) เช่น อายุ รายได้ หรือ น้ำหนัก เป็นต้น และตัวแปรแบบไม่ผันแปรตามเวลา (time-invariant covariate) เช่น เพศ หรือ เชื้อชาติ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม แม้การศึกษาข้อมูลระยะยาว จะให้ข้อค้นพบและสามารถประเมินภาพรวมของ พัฒนาการที่เกิดขึ้นของปัญหาสุขภาพที่นำมาศึกษาได้ อย่างครอบคลุม ทั้งมิติเชิงการทำนายและมิติเชิงเหตุ และผล แต่การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ดังกล่าว ยังคงมีความซับซ้อนทั้งในเชิงทฤษฎีและวิธี ปฏิบัติ เพื่อรองรับลักษณะจำเพาะของข้อมูลระยะยาว ที่พบและเกิดขึ้นบ่อย ได้แก่ การสูญหายของข้อมูล ความไม่อิสระระหว่างข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่ถูกวัดซ้ำ ในหน่วยสังเกตเดียวกัน (dependency)¹⁰ หรือข้อมูล ในแต่ละหน่วยสังเกตที่สัมพันธ์กันภายในกลุ่มเดียวกัน (cluster) รวมถึงความไม่สม่ำเสมอของจุดเวลาที่วัดซ้ำ (irregularly spaced visits) เป็นต้น ดังนั้น วิธีการ สถิติที่สามารถจัดการกับลักษณะจำเพาะของข้อมูล ระยะยาวได้อย่างเหมาะสม จึงถูกเลือกนำมาใช้ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) ทั้งแบบตัวแปรเดียวและแบบ หลายตัวแปร ตัวแบบเชิงเส้นน้อยทั่วไป (Generalized Linear Model, GLMs) สมการประมาณค่า น้อยทั่วไป (Generalized Estimating Equation, GEE) ตัวแบบ ผลกระทบผสมเชิงเส้น (Linear Mixed Effect Model, LMM) และตัวแบบผลกระทบผสมเชิงเส้นน้อยทั่วไป (Generalized Linear Mixed Effect Model, GLMM) เป็นต้น ซึ่งวิธีการทางสถิติดังกล่าวข้างต้น ยังถูกยอมรับและได้มีการนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล อย่างกว้างขวาง โดยสามารถประเมินได้จากงานวิจัย ที่ถูกเผยแพร่ผ่านบทความวิจัยในวารสารชั้นนำระดับ นานาชาติ ขณะที่ในประเทศไทย ถูกนำมาใช้ในการ วิเคราะห์ข้อมูลค่อนข้างน้อยและจำกัดขอบเขตอยู่ เฉพาะเพียงบางสาขาเท่านั้น เช่น การวิเคราะห์ความ

แปรปรวนแบบวัดซ้ำ ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยทาง พฤติกรรมศาสตร์ สุขภาพจิต หรือโรคทางจิตเวช หรือ ทางการแพทย์ แต่ยังคงพบว่ามีข้อจำกัดหลายประเด็น เกี่ยวกับวิธีการนำมาใช้และวิธีการนำเสนอที่ไม่เหมาะสม และครอบคลุม เช่นเดียวกับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สุขภาพ ซึ่งพบว่ามีจำนวนการนำวิธีการทางสถิติ ดังกล่าวมาใช้ในการวิจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างน้อย จึง ควรได้รับข้อเสนอแนะเชิงวิชาการเกี่ยวกับประเด็น ดังกล่าว เพื่อพัฒนาและปรับปรุงให้มีความถูกต้อง และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ด้วยปัญหาสุขภาพส่วนใหญ่ เกี่ยวข้องโดยตรงกับคน (host) เชื้อโรค (agent) และ สิ่งแวดล้อม (environment) ตามหลักวิทยาการ ระบาด ปัจจัยเหล่านี้ล้วนเกี่ยวโยงและสัมพันธ์โดยตรง กับพัฒนาการ (progression) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตาม เวลาอย่างไม่หยุดนิ่ง ส่งผลให้การดำเนินงานเพื่อแก้ไข ปัญหาสุขภาพทั้งการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรค การ ดูแลรักษาโรคและฟื้นฟูสุขภาพ จึงมีความสัมพันธ์กับ ระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น นักวิจัยจึงไม่อาจ ปฏิเสธ หรือหลีกเลี่ยงได้ว่า แบบแผนงานวิจัยและ ข้อมูลที่ควรถูกนำมาใช้ในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สุขภาพ เพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสม จึงควร ออกแบบแผนงานวิจัยที่คำนึงถึง ระยะเวลาที่ เปลี่ยนแปลงไปและเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวและ จำเป็นต้องเลือกวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมกับข้อมูล ที่มีความจำเพาะ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจจะ เกิดขึ้นและอาจส่งผลนำไปสู่การสรุปผลงานวิจัย ที่ผิดพลาดได้

ดังนั้น การเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับ ลักษณะข้อมูลระยะยาวและวิธีการทางสถิติแต่ละวิธี ให้ครอบคลุมทั้งการตัดสินใจเลือกและการนำไปใช้ รวมถึงการแปลความหมายและสรุปผล ภายใต้กรอบ คำถามวิจัยและข้อตกลงเบื้องต้นของวิธีการทางสถิติ จึงเป็นความท้าทายของนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สุขภาพ ด้วยขอบเขตเนื้อหาของการวิเคราะห์ข้อมูล ระยะยาวมีค่อนข้างมากและไม่สามารถนำมากล่าวได้ ทั้งหมดอย่างครบถ้วนภายในบทความเดียว ดังนั้น

ผู้เขียนจึงได้แบ่งเนื้อหาออกเป็นหลายส่วนและแยกเป็นแต่ละบทความ เพื่อให้รายละเอียดเนื้อหาได้ตรงประเด็นและครอบคลุม อีกทั้งยังเป็นทางเลือกให้นักวิจัยที่มีความสนใจในประเด็นแตกต่างกันสามารถเข้าถึงบทความได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้นสำหรับบทความนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเกี่ยวกับพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว ประกอบด้วย ความหมายและขอบเขตของข้อมูลระยะยาว ลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กัน ข้อจำกัดของวิธีการทางสถิติเดิมและผลกระทบเมื่อนำมาใช้กับข้อมูลระยะยาว รวมถึงวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว

ความหมายและขอบเขตของข้อมูลระยะยาว

ข้อมูลระยะยาว (longitudinal data) สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายรูปแบบ ภายใต้การศึกษาระยะยาว (longitudinal study) ซึ่งครอบคลุมทั้งการศึกษาแบบสังเกตและแบบทดลอง โดยในสาขาทางเศรษฐศาสตร์ หรือสังคมศาสตร์ อาจเรียกข้อมูลดังกล่าวนี้ว่า “panel data” ซึ่งถือเป็นข้อมูลชนิดเดียวกันที่สามารถนำมาใช้เรียกแทนระหว่างกันได้ (exchangeable) แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวส่วนใหญ่มุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับการพิจารณาข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่มีความสัมพันธ์กัน (correlated data) ซึ่งแตกต่างจากวิธีการทางสถิติแบบเดิมที่ตัวแปรผลลัพธ์ถูกพิจารณาแบบอิสระ (independent outcome) ดังนั้น เพื่อให้ให้นักวิจัยได้เข้าใจแนวคิดและหลักการของข้อมูลระยะยาวสอดคล้องกับวิธีการทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวไปพร้อมกัน ในบทความนี้ ผู้เขียนจึงได้ให้ความหมายและขอบเขตของข้อมูลระยะยาว โดยสรุปจากความหมายของ Caruana et al (2015)³ และขยายความเพิ่มเติม ดังนี้

ข้อมูลระยะยาว หมายถึง ข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์มีความสัมพันธ์กัน โดยความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวครอบคลุมทั้งความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการ

วัดซ้ำ (repeatedly measured data) ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (cluster data) และความสัมพันธ์ภายในคู่ (paired data)

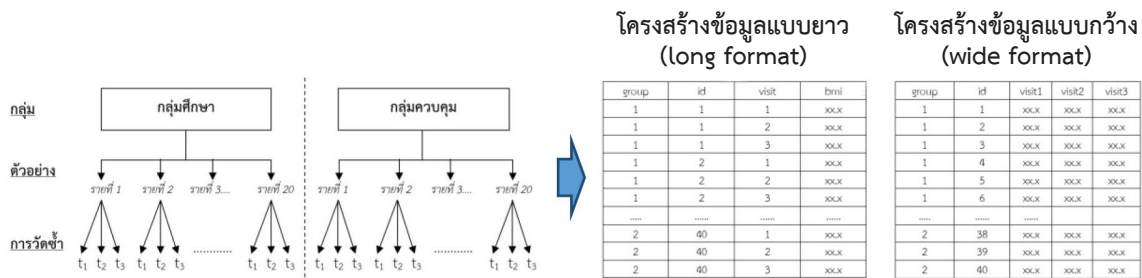
ขอบเขตของข้อมูลระยะยาว มีความเป็นไปได้ทั้งการศึกษาแบบย้อนกลับ (retrospective studies) แบบภาคตัดขวาง (cross-sectional studies) และแบบไปข้างหน้า (prospective studies) โดยครอบคลุมฐานข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมเพื่อตอบวัตถุประสงค์เดียวกัน หรือมีการเชื่อมโยงระหว่างกันบนระบบออนไลน์ หรือ อิเล็กทรอนิกส์ ที่สะสมกันมาอย่างต่อเนื่อง

ลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กัน

ลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กัน ถือเป็นลักษณะจำเพาะของข้อมูลระยะยาวที่พบและจำเป็นต้องอาศัยวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งในทางปฏิบัติลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กัน ประกอบด้วย (1) ลักษณะข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์ในบุคคลเดิมถูกวัดซ้ำและ (2) ลักษณะข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์แต่ละบุคคลถูกวัดภายในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งลักษณะข้อมูลนี้ยังแบ่งย่อยได้ดังนี้

(1) ลักษณะข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์ในบุคคลเดิมถูกวัดซ้ำ

เป็นข้อมูลที่มีการวัดซ้ำ (repeated measurements) โดย “แต่ละบุคคล จะถูกวัดค่าตัวแปรผลลัพธ์ซ้ำ ตั้งแต่สองครั้งขึ้นไป ภายใต้จุดเวลาที่แตกต่างกันตามที่นักวิจัยกำหนด” จึงทำให้ข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่วัดได้ในแต่ละจุดเวลาของบุคคลเดียวกัน มีความสัมพันธ์กัน เช่น นักวิจัยท่านหนึ่ง ต้องการศึกษาโปรแกรมการควบคุมน้ำหนักในเด็กภาวะน้ำหนักเกินที่มีอายุ 10-15 ปี โดยตัวแปรผลลัพธ์ ถูกพิจารณาจากเกณฑ์ดัชนีมวลกายตามอายุและเพศ แบ่งเด็กเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มศึกษา: ได้รับการโปรแกรมการควบคุมน้ำหนัก (วันละ 1 ครั้ง/หนึ่งสัปดาห์) จำนวน 20 ราย และกลุ่มควบคุม: ได้รับการบรรยายประกอบวิดีโอ เรื่อง “อันตรายจากภาวะน้ำหนักเกิน”



รูปที่ 1 ลักษณะข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่สัมพันธ์กันแบบวัดซ้ำในมิติแนวลำดับและรูปแบบโครงสร้างข้อมูล

(วันละ 1 ครั้ง/หนึ่งสัปดาห์) จำนวน 20 รายและกำหนดให้ตัวแปรผลลัพธ์ถูกวัดซ้ำ 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนเข้าร่วมโปรแกรม ครั้งที่ 2 หลังเสร็จสิ้นโปรแกรม และครั้งที่ 3 หลังเสร็จสิ้นโปรแกรม ถัดไปอีกหนึ่งเดือน และสามารถนำมาเขียนแสดงเป็นแผนภาพของการวัดซ้ำ พร้อมแสดงโครงสร้างข้อมูลที่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พบว่า กรณีข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์ในบุคคลเดิมถูกวัดซ้ำ ถือเป็นข้อมูลระยะยาว และสามารถถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติเฉพาะข้อมูลระยะยาวได้ ภายใต้รูปแบบโครงสร้างข้อมูลทั้งแบบยาว (long format) หรือ แบบกว้าง (wide format) ขึ้นกับโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่นำมาใช้ เช่น โปรแกรม stata รองรับการใช้โครงสร้างข้อมูลแบบยาว ขณะที่โปรแกรม SPSS รองรับการใช้โครงสร้างข้อมูลแบบกว้าง เป็นต้น ดังนั้น ในการวิเคราะห์ข้อมูล นักวิจัยจึงควรคำนึงถึงในประเด็นความสอดคล้องนี้ด้วย

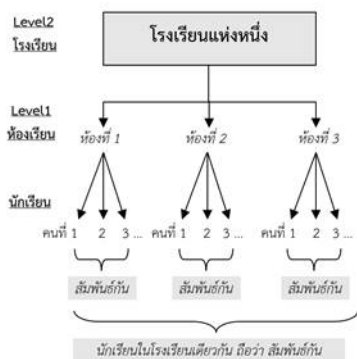
(2) ลักษณะข้อมูลที่ตัวแปรผลลัพธ์แต่ละบุคคลถูกวัดภายใต้กลุ่มเดียวกัน

เป็นข้อมูลแบบกลุ่ม (clustered/grouped data) โดย “ตัวแปรผลลัพธ์ของแต่ละบุคคล จะไม่ถูกวัดซ้ำ ด้วยเงื่อนไขของเวลา แต่จะถูกวัดภายใต้กลุ่มเดียวกัน จึงทำให้ข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ที่ได้มีความคล้ายคลึง หรือสัมพันธ์กัน” โดยแบ่งย่อยได้ 3 แบบ ดังนี้

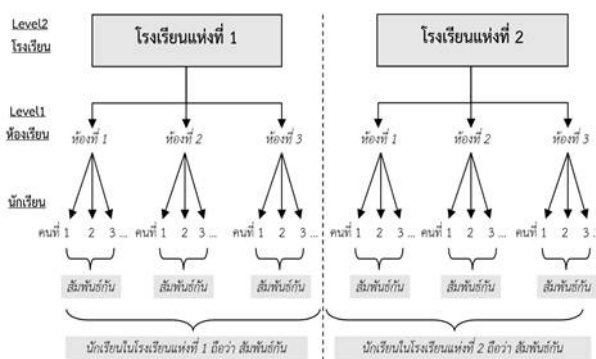
2.1) ข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียว (one-level clustered/grouped data) เป็นข้อมูลแบบกลุ่มที่ “ตัวแปรผลลัพธ์แต่ละบุคคล ถูกวัดภายใต้กลุ่มเดียวกันโดยพิจารณาเพียงระดับเดียว” จึงส่งผลให้ข้อมูลภายใต้กลุ่มเดียวกันเมื่อพิจารณาเพียงระดับเดียว มีความสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 2

2.2) ข้อมูลแบบกลุ่มพหุระดับ (multi-level clustered/grouped data) เป็นข้อมูลแบบกลุ่มที่ “ตัวแปรผลลัพธ์แต่ละบุคคล ถูกวัดภายใต้กลุ่มเดียวกันตั้งแต่สองระดับขึ้นไป” จึงส่งผลให้ข้อมูลภายใต้กลุ่มเดียวกันเมื่อพิจารณาตั้งแต่สองระดับขึ้นไป มีความสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 2

ตัวอย่างกรณีข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียว



ตัวอย่างกรณีข้อมูลแบบกลุ่มพหุระดับ



รูปที่ 2 ตัวอย่างกรณีข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียวและแบบกลุ่มพหุระดับ

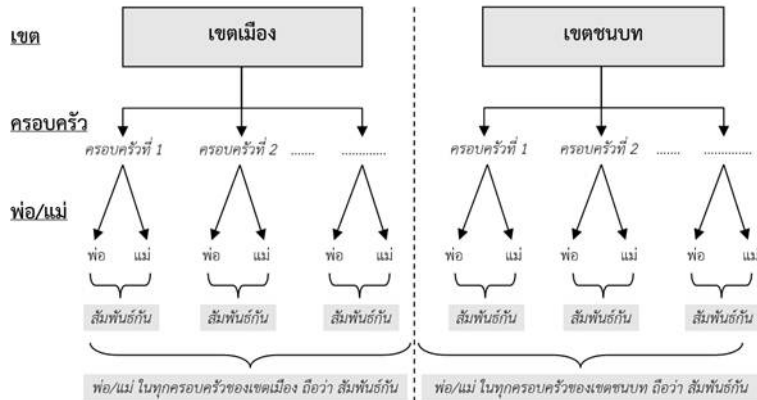
จากรูปที่ 2 เป็นการแสดงแผนผังรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ผลลัพธ์แต่ละบุคคลอยู่ภายใต้กลุ่มเดียวกันในระดับเดียวและพหุระดับ โดยพบว่า

2.2.1) ข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียว (one level) ในทางปฏิบัติที่นักวิจัยคุ้นเคย เมื่อมีการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในโรงเรียนด้วยแบบแผนงานวิจัยภาคตัดขวาง นักวิจัยมักมุ่งเป้าไปที่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนแต่ละคนและมองว่า นักเรียนแต่ละคน ไม่ว่าจะมาจากห้องเรียนไหน ถือว่ามีความเป็นอิสระ หรือมีข้อสมมติว่า ห้องเรียนที่แตกต่างกัน ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อตัวแปรผลลัพธ์ที่เก็บรวบรวมมาได้จากนักเรียนแต่ละคน ซึ่งในความจริงแล้ว แนวคิดและการปฏิบัติดังกล่าว ถือว่าไม่เหมาะสมและอาจก่อให้เกิดความลำเอียงต่อการประมาณค่าของผลลัพธ์และข้อสรุปที่ได้ เพราะแม้ในคำถามวิจัย จะมุ่งเน้นความสนใจไปที่ตัวแปรผลลัพธ์ที่นักวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลได้โดยตรงจากนักเรียนระดับชั้นที่สนใจ แต่ค่าตัวแปรผลลัพธ์ที่ได้ อาจมีผลกระทบมาจากความแตกต่างของห้องเรียนที่นักเรียนแต่ละคนสังกัดอยู่ เช่น สภาพบรรยากาศสิ่งแวดล้อมภายในห้องเรียน รวมถึงครูผู้สอน เป็นต้น นั่นคือ นักเรียนที่อยู่ห้องเรียนเดียวกัน ย่อมได้รับสภาพบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน รวมถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนคนเดียวกัน ภายใต้ห้องเรียนเดียวกันส่งผลให้นักเรียนแต่ละคน ที่มาจากห้องเรียนเดียวกัน มีลักษณะและโอกาสของการเกิด

ค่าของตัวแปรผลลัพธ์ที่คล้ายคลึง หรือ สัมพันธ์กัน เมื่อเทียบกับนักเรียนแต่ละคนที่มาจากห้องเรียนอื่น ดังนั้น ในกรณีนี้นักวิจัยพิจารณาเฉพาะความแตกต่างที่เกิดขึ้นใน “ระดับห้องเรียน” ถือว่า ระดับข้อมูลแบบกลุ่มที่ถูกนำมาพิจารณานี้ เป็นข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียว

2.2.2) ข้อมูลแบบกลุ่มพหุระดับ (multi-level) นอกจากนักวิจัยจะพิจารณาข้อมูลแบบกลุ่มระดับเดียว (ห้องเรียน) แล้ว นักวิจัยควรพิจารณาความแตกต่างของระดับข้อมูลเพิ่มเติม เช่น โรงเรียนที่แตกต่างกัน อาจเป็นผลกระทบหนึ่งที่มีผลต่อข้อมูลของนักเรียนแต่ละคนได้ เป็นต้น ดังนั้น เมื่อนักวิจัยนำความแตกต่างของโรงเรียนมาพิจารณา นั่นถือว่า นอกเหนือจากนักเรียนแต่ละคนที่อยู่ในห้องเรียนเดียวกัน จะมีความสัมพันธ์กันแบบกลุ่มแล้ว (ระดับห้องเรียน) การที่นักเรียนแต่ละคนอยู่ในโรงเรียนเดียวกัน ยังถือว่ามีความสัมพันธ์กันแบบกลุ่มอีกระดับหนึ่งด้วย (ระดับโรงเรียน) เมื่อเทียบกับนักเรียนที่มาจากโรงเรียนอื่น ทำให้กรณีนี้ ถือเป็นข้อมูลแบบกลุ่มพหุระดับ ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ ระดับโรงเรียนและระดับห้องเรียน

2.3) ข้อมูลแบบกลุ่มรายชื่อ (clustered/grouped pair data) เป็นข้อมูลแบบกลุ่มที่ “ตัวแปรผลลัพธ์แต่ละบุคคล ถูกวัดและพิจารณาภายใต้กลุ่มรายชื่อ” จึงส่งผลให้ข้อมูลภายใต้คู่เดียวกัน มีความสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างกรณีข้อมูลแบบกลุ่มรายคู่

จากรูปที่ 3 เป็นการแสดงแผนผังรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลทีละบุคคลอยู่ภายใต้เงื่อนไขแบบครอบครัว นั่นคือ คู่พ่อ-แม่ ที่ถูกสุ่มมาจากครอบครัวเดียวกัน เมื่อถูกวัดพฤติกรรมการเลี้ยงดูบุตรวัยรุ่น ย่อมถือว่า มีพฤติกรรมการเลี้ยงดูบุตรวัยรุ่นคล้ายคลึง หรือ สัมพันธ์กัน เมื่อเทียบกับคู่พ่อ-แม่ที่ถูกสุ่มมาจากครอบครัวอื่น เช่นเดียวกัน คู่พ่อ-แม่ที่ถูกสุ่มมาจากครอบครัวที่อาศัยในเขตเมือง ย่อมถือว่า มีพฤติกรรมการเลี้ยงดูบุตรวัยรุ่น คล้ายคลึงกัน หรือสัมพันธ์กัน เมื่อเทียบกับคู่พ่อ-แม่ที่ถูกสุ่มมาจากครอบครัวที่อาศัยในเขตชนบท เป็นต้น ดังนั้น จากกรณีตัวอย่างนี้ นักวิจัยสามารถพิจารณาได้เช่นเดียวกับกรณีแบบกลุ่มระดับเดียว หรือแบบพหุระดับ ขึ้นกับคำถาม หรือวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นหลัก

นอกจากนี้ กรณีแนวคิดข้อมูลแบบกลุ่มดังกล่าว ยังสามารถถูกนำไปขยายผลในการวิเคราะห์กรณีอื่นที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้อีก เช่น การวิเคราะห์ spatial analysis ซึ่งแต่ละพื้นที่จะถูกมองเป็นกลุ่ม หรือ ระดับ และแต่ละหน่วยข้อมูลที่ถูกวัดตัวแปรผลลัพธ์ เมื่ออยู่ในพื้นที่เดียวกัน ย่อมมีความสัมพันธ์กัน หรือ นำมาใช้ในการพิจารณาข้อมูลวัดซ้ำในบุคคลเดียวที่จุดเวลาแตกต่างกัน จุดเวลาที่แตกต่างกันดังกล่าว อาจถูกมองเป็นกลุ่ม หรือ ระดับ และแต่ละค่าสังเกตในแต่ละบุคคลที่ถูกวัดซ้ำภายใต้เวลาจุดเดียวกัน ย่อมมีความสัมพันธ์กัน เป็นต้น

ข้อจำกัดของวิธีการทางสถิติเดิมและผลกระทบเมื่อนำมาใช้กับข้อมูลระยะยาว

จากแบบแผนการศึกษาที่ผ่านมา ข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ของแต่ละหน่วยข้อมูลส่วนใหญ่ถูกประเมินผลเพียงครั้งเดียว ณ จุดเวลาหนึ่งและถือเป็นอิสระต่อกัน (independence) วิธีการทางสถิติเดิมที่ถูกนำมาใช้ เช่น สมการถดถอยเชิงพหุ หรือ สมการถดถอยลอจิสติก เป็นต้น ก็เกิดขึ้นบนพื้นฐานแนวคิดของความเป็นอิสระ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะข้อมูลที่เกิดขึ้นดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์ ถูกปรับเปลี่ยนไปตามแบบแผนการศึกษาใหม่ที่ถูกรออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทของสภาพปัญหาสุขภาพที่เปลี่ยนแปลงไปมากขึ้น ดังเช่นกรณีการศึกษาข้อมูลระยะยาว การนำวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกับข้อมูลระยะยาว จึงอาจมีข้อจำกัดและไม่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลระยะยาวที่เปลี่ยนไป¹ เช่น

(1) ข้อมูลระยะยาว แตกต่างจากข้อมูลแบบภาคตัดขวาง เนื่องจากตัวแปรผลลัพธ์มีความสัมพันธ์กัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นไปได้ทั้งความสัมพันธ์ของค่าสังเกตที่ถูกวัดซ้ำในหน่วยข้อมูลเดียวกัน หรือความสัมพันธ์ของแต่ละหน่วยข้อมูลภายในกลุ่มเดียวกัน ดังที่กล่าวไปข้างต้น

(2) ข้อมูลระยะยาว แตกต่างจากข้อมูลภาคตัดขวาง เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดความ

ไม่สม่ำเสมอของจุดเวลาที่วัดซ้ำ (irregularly timed data) โดยในกรณีที่ข้อมูลถูกวัดและมีความสม่ำเสมอของทุกจุดเวลาที่วัดซ้ำ เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน มาตรวจเจาะระดับน้ำตาลในเลือดทุกครั้งตามนัด (เดือนที่ 1 เดือนที่ 6 และเดือนที่ 12) เป็นต้น และข้อมูลลักษณะนี้ถูกเรียกว่า “ข้อมูลแบบเท่าเทียม (balanced data)” หรือ กรณีที่ข้อมูลถูกวัดและไม่มี ความสม่ำเสมอของทุกจุดเวลาที่วัดซ้ำ เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน มาตรวจเจาะระดับน้ำตาลในเลือด ไม่ครบทุกครั้งตามนัด (เดือนที่ 1 และเดือนที่ 6 ครบตามนัด ส่วนเดือนที่ 12 ไม่มาตามนัด) เป็นต้น จึงเป็นผลให้ข้อมูลที่ได้ ไม่ครบตามจำนวนครั้งที่วางแผนไว้และข้อมูลลักษณะนี้ถูกเรียกว่า “ข้อมูลแบบไม่เท่าเทียม (unbalanced data)”

(3) ข้อมูลระยะยาว แตกต่างจากข้อมูลภาคตัดขวาง โดยตัวแปรร่วม หรือ ตัวแปรทำนาย สามารถเป็นไปได้ทั้งตัวแปรแบบผันแปรตามเวลา เช่น อายุ รายได้ หรือ น้ำหนัก เป็นต้น และตัวแปรแบบไม่ผันแปรตามเวลา เช่น เพศ หรือ เชื้อชาติ เป็นต้น ขณะที่ข้อมูลภาคตัดขวาง ตัวแปรร่วมดังกล่าว ถูกพิจารณาแบบคงที่เพียงอย่างเดียว ดังนั้น จึงทำให้ข้อมูลระยะยาวสามารถประเมินความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์กับตัวแปรร่วมที่สนใจได้เหมาะสมและครอบคลุมมากกว่าข้อมูลภาคตัดขวาง

(4) ข้อมูลระยะยาว แตกต่างจากข้อมูล

ภาคตัดขวาง เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์มากกว่าหนึ่งครั้ง ณ จุดเวลาที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนด ดังนั้น กรณีขาดการติดตาม (loss follow-up) หรือ การหยุด หรือ ออกระหว่างดำเนินงานวิจัย (dropout) รวมถึงกรณีที่ข้อมูลถูกวัดและไม่มี ความสม่ำเสมอของทุกจุดเวลาที่วัดซ้ำดังที่กล่าวไปข้างต้น จึงเป็นเหตุการณ์ปกติที่พบบ่อยและสามารถเกิดขึ้นได้จากการศึกษาข้อมูลระยะยาวและเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การสูญหายของข้อมูล หรือ ข้อมูลไม่ครบถ้วน (missing data)

ด้วยลักษณะความจำเพาะของข้อมูลระยะยาว เมื่อนำวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่มาใช้วิเคราะห์ข้อมูล จึงพบว่า อาจไม่เหมาะสมและเกิดผลกระทบตามมา ซึ่งแยกพิจารณาเป็นรายข้อ ได้ดังนี้

(1) วิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่ ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นว่า ค่าสังเกตของตัวแปรผลลัพธ์ ถูกวัดเพียงครั้งเดียวและมีความเป็นอิสระต่อกัน เมื่อนำมาใช้กับข้อมูลระยะยาว ซึ่งค่าสังเกตของตัวแปรผลลัพธ์ มีความสัมพันธ์กัน จึงถือว่าไม่เหมาะสม เพราะในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติเดิม ค่าสังเกตที่เกิดขึ้นในแต่ละรายการของชุดข้อมูลที่มีการถูกวัดซ้ำจากแต่ละบุคคลในข้อมูลระยะยาว จะถูกพิจารณาเป็นค่าสังเกตที่เป็นอิสระจากกันอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4

ตัวอย่างชุดข้อมูลระยะยาว โครงสร้างแบบยาว

	id	visit	sex	bp	
1	1	1	1	120	คนที่ 1
2	1	2	1	123	
3	1	3	1	121	
4	2	1	2	145	คนที่ 2
5	2	2	2	157	
6	2	3	2	145	คนที่ 3
7	3	1	2	139	
8	3	2	2	135	
9	3	3	2	147	
25	9	1	2	167	คนที่ 9
26	9	2	2	162	
27	9	3	2	166	คนที่ 10
28	10	1	2	145	
29	10	2	2	154	
30	10	3	2	156	

ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบง่ายในโปรแกรม stata

พิจารณาทุกรายการในชุดข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน					
n=30					
. regress bp sex					
Source	SS	df	MS	Number of obs =	30
Model	777.777778	1	777.777778	F(1, 28)	5.40
Residual	4032.88889	28	144.031746	Prob > F	0.0276
Total	4810.66667	29	165.885057	R-squared	0.1617
				Adj R-squared	0.1317
				Root MSE	12.001
bp	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
sex	11.11111	4.781441	2.32	0.028	1.316772 20.90545
_cons	126.4444	8.418596	15.02	0.000	109.1997 143.6892

รูปที่ 4 รายการชุดข้อมูลระยะยาวและผลลัพธ์การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมการถดถอยแบบง่ายในโปรแกรม stata

จากรูปที่ 4 พบว่า ชุดข้อมูลเป็นการตรวจวัดความดันโลหิตของผู้ป่วยเบาหวาน จำนวน 10 ราย โดยแต่ละรายถูกวัดซ้ำ 3 ครั้งและมีตัวแปรผลลัพธ์ ได้แก่ ระดับความดัน systolic และตัวแปรเพศ (sex) ประกอบด้วย 1=ชาย 2=หญิง ตัวแปรครั้งที่มาตรวจ (visit) ประกอบด้วย 1=เริ่มต้นศึกษา 2=เดือนที่ 1 หลังเริ่มต้นศึกษา และ 3=เดือนที่ 2 หลังเริ่มต้นการศึกษา โดยมีตัวแปรบุคคล (id) บ่งชี้จำนวนคนที่ 1,...,10

เมื่อวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบง่าย โดยใช้โปรแกรม stata (สังเกตได้ว่า ชุดข้อมูลมีโครงสร้างแบบยาว) พบว่า จำนวนค่าสังเกตที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ (Number of obs) เท่ากับ 30 แสดงว่าวิธีการทางสถิติดังกล่าว พิจารณาแต่ละรายการทั้งหมดที่มีอยู่ในชุดข้อมูลเป็นเสมือนค่าสังเกตที่มาจากแต่ละบุคคลและเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งผิดจากความเป็นจริงของชุดข้อมูลที่มีอยู่ ดังนั้น จึงทำให้ค่าสถิติที่คำนวณได้และนำมาใช้ในการตัดสินใจทดสอบสมมติฐานทางสถิติและประมาณค่าพารามิเตอร์ มีความคลาดเคลื่อนและไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

(2) วิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่ เมื่อนำมาใช้วิเคราะห์กับชุดข้อมูลที่มีข้อมูลสูญหาย (missing data) จะใช้วิธีการจัดการกับข้อมูลสูญหายดังกล่าวด้วยวิธีการ “ตัดออกทั้งรายการ (listwise deletion)” นั่นคือ ไม่ว่าในรายการ (record) ของ

ชุดข้อมูลนั้น จะมีข้อมูลสูญหายเพียง 1 ตัวแปร หรือมากกว่า 1 ตัวแปรก็ตาม วิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่ จะทำการตัดรายการนั้นออกจากการวิเคราะห์ทันที ดังรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 ชุดข้อมูลเดิมเกิดข้อมูลสูญหายขึ้นในรายการที่ 4 จำนวน 1 ตัวแปร, รายการที่ 7 จำนวน 2 ตัวแปรและรายการที่ 28 จำนวน 1 ตัวแปร เมื่อวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบง่าย โดยใช้โปรแกรม stata พบว่า จำนวนค่าสังเกตที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ 27 นั่นแสดงว่า วิธีการทางสถิติดังกล่าว พิจารณาตัด 3 รายการที่มีข้อมูลสูญหายออกจากการวิเคราะห์ จึงทำให้ขนาดตัวอย่างลดลงเหลือ 27 ราย ซึ่งจากผลของขนาดตัวอย่างที่ลดลง ทำให้ค่าสถิติที่คำนวณได้มีอำนาจการทดสอบ (power of the test) ทางสถิติลดลงไปด้วย อันเนื่องมาจากวิธีการจัดการข้อมูลสูญหายด้วยวิธีการตัดออกทั้งรายการของวิธีการทางสถิติดังกล่าว

จากลักษณะความจำเพาะของข้อมูลระยะยาวเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของข้อมูล ความไม่สม่ำเสมอของเวลาที่วัดซ้ำ รวมถึงการขาดการติดตาม หรือการหยุด/ออกระหว่างดำเนินงานวิจัย ทำให้เมื่อนำวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่มาใช้ จึงมีข้อจำกัดและเกิดประเด็นความไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถสรุปเป็น 2 ประเด็นหลัก ได้ดังนี้

ตัวอย่างชุดข้อมูลระยะยาว ที่มีข้อมูลสูญหาย 3 รายการ

	id	visit	sex	bp
1	1	1	1	120
2	1	2	1	123
3	1	3	1	121
4	2	1	2	.
5	2	2	2	157
6	2	3	2	145
7	3	1	.	.
8	3	2	2	135
9	3	3	2	147
.....				
25	9	1	2	167
26	9	2	2	162
27	9	3	2	166
28	10	1	.	145
29	10	2	2	154
30	10	3	2	156

ผลการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบง่ายในโปรแกรม stata

พิจารณาตัด 3 รายการที่มีข้อมูลสูญหายออกจาก การวิเคราะห์ n=27					
Source	SS	df	MS	Number of obs =	27
Model	872.018519	1	872.018519	F(1, 25) =	5.59
Residual	3896.5	25	155.86	Prob > F =	0.0261
Total	4768.51852	26	183.404558	R-squared =	0.1829
				Adj R-squared =	0.1502
				Root MSE =	12.484
bp	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
sex	12.05556	5.096731	2.37	0.026	1.558642 22.55247
_cons	125.5	8.827797	14.22	0.000	107.3188 143.6812

รูปที่ 5 ชุดข้อมูลระยะยาวที่มีข้อมูลสูญหายและผลการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยแบบง่ายในโปรแกรม stata

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่ ไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล จึงส่งผลโดยตรงทำให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้ของสัมประสิทธิ์ถดถอย เกิดความลำเอียง หรือคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่ มีแนวโน้มทำให้ขนาดตัวอย่างน้อยลงกว่าที่ควรจะเป็น ส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของตัวอย่าง หรือ $SE = \frac{s}{\sqrt{n}}$ ซึ่งเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสถิติจากแต่ละตัวอย่างในระดับประชากร นั่นคือเมื่อขนาดตัวอย่าง (n) ลดน้อยลง ค่า SE ที่คำนวณได้จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจสำหรับการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (เนื่องจากเมื่อ SE สูงขึ้น จะทำให้ค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าน้อยลงและทำให้โอกาสปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ลดลงตามไปด้วย หรือค่า p-value มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยช่วงเชื่อมั่น (เนื่องจากเมื่อ SE สูงขึ้น จะทำให้ช่วงเชื่อมั่นมีขนาดขยายกว้างมากขึ้น จึงทำให้บังชี้ หรือการตัดสินใจนำเสนอค่าประมาณแบบช่วงขาดความกระชับและไม่แม่นยำ)¹¹

วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว

จากข้อจำกัดและความไม่เหมาะสม รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อนำวิธีการทางสถิติเดิมที่มีอยู่มาใช้กับข้อมูลระยะยาวข้างต้น ดังนั้น ผู้เขียนจึงได้นำเสนอทางเลือกที่เหมาะสมของวิธีการทางสถิติสำหรับข้อมูลระยะยาว โดยเริ่มต้นจากวิธีการพื้นฐานไปสู่วิธีการที่ซับซ้อน ได้ดังนี้

(1) การวิเคราะห์คะแนนที่เปลี่ยนแปลง (Change score analysis)

เป็นวิธีการทางสถิติพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้กับข้อมูลระยะยาว กรณีตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่อง เพื่อตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

สองจุดเวลาที่วัดซ้ำในบุคคลเดิม เช่น paired t-test เป็นต้น จะมีความเหมาะสมเมื่อนักวิจัยต้องการบ่งชี้ผลการเปลี่ยนแปลงเบื้องต้น แต่ยังไม่สามารถอธิบายเชิงเหตุและผลได้ เนื่องจากยังมีข้อจำกัดหลายส่วน เช่น จำนวนสองจุดเวลาที่วัดซ้ำ อาจไม่เพียงพอในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของบางผลลัพธ์ที่สนใจได้และไม่สามารถนำตัวแปรร่วมอื่นมาพิจารณาประกอบได้ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีเงื่อนไขจำนวนข้อมูลในแต่ละจุดเวลาที่วัดซ้ำต้องครบถ้วน หรือเท่าเทียมกัน รวมถึงไม่สามารถนำข้อมูลสูญหายมาวิเคราะห์ร่วมได้

(2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA, RM-ANOVA)

เป็นวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาใช้กับตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องเช่นเดียวกับ paired t-test เพื่อหาความสัมพันธ์กับชุดตัวแปรร่วม (ตัวแปรกลุ่ม หรือเวลา) ภายใต้คำถามวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างจุดเวลาที่วัดซ้ำมากกว่าสองจุดเวลาขึ้นไป โดยสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบได้ทั้งแบบกลุ่มเดียวหรือมากกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำนี้ถือเป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในกรณีข้อมูลระยะยาวแบบวัดซ้ำ แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าวิธีการดังกล่าวมีเงื่อนไขและจำกัดหลายอย่าง ซึ่งนักวิจัยจำเป็นต้องคำนึงถึง¹² เช่น

2.1) RM-ANOVA สามารถนำมาใช้ได้กับข้อมูลระยะยาวในกรณีที่ตัวแปรผลลัพธ์เป็นแบบต่อเนื่อง และมีการแจกแจงแบบปกติ ภายใต้ตัวแปรร่วมแบบกลุ่ม (เช่น ตัวแปรกลุ่ม หรือเวลา) เท่านั้น

2.2) RM-ANOVA กรณีตัวแปรผลลัพธ์เดียว (univariate outcome) มีข้อตกลงเบื้องต้นสำคัญที่จำเป็นต้องตรวจสอบ เรียกว่า “sphericity” หรือความแปรปรวนของผลต่างระหว่างสองจุดเวลาใดๆ ที่วัดซ้ำต้องเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติมักพบว่า ข้อตกลงดังกล่าวไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง โดยเฉพาะในงานวิจัยทางการแพทย์ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงมีแนวปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลว่า หากตรวจสอบ

ข้อตกลง sphericity “ผ่าน” นักวิจัยสามารถเลือกใช้ค่าสถิติตามแนวทางปกติของวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำกรณีตัวแปรเดียวได้ แต่หากตรวจสอบแล้ว “ไม่ผ่าน” นักวิจัยควรเลือกใช้ค่าสถิติที่ได้จากวิธีการปรับค่าองศาความเป็นอิสระของ Greenhouse-Geisser correction หรือ Huynh-Feldt correction แทน¹³ แต่อย่างไรก็ตามแนวปฏิบัติดังกล่าวยังมีปัจจัยอื่น ที่นักวิจัยอาจต้องนำมาพิจารณาเพิ่มเติม เช่น ขนาดตัวอย่างและจำนวนการวัดซ้ำ เป็นต้น

2.3) RM-ANOVA สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวที่มีจำนวนข้อมูลครบถ้วนเท่านั้น หากรายการค่าสังเกตใด มีข้อมูลสูญหาย หรือไม่ครบถ้วน แม้เพียงตัวแปรเดียวก็ตาม รายการค่าสังเกตนั้นก็จะถูกตัดออกจากการวิเคราะห์ทั้งรายการ ส่งผลกระทบให้ขนาดตัวอย่างมีจำนวนลดน้อยลงและทำให้อำนาจการทดสอบทางสถิติลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ ข้อมูลครบถ้วนที่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์นั้น อาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรเป้าหมายในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ด้วยเช่นกัน

(3) การวิเคราะห์สมการประมาณค่าขยายทั่วไป (Generalized Estimating Equation; GEE)

เป็นวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาใช้กับตัวแปรผลลัพธ์ที่ถูกวัดซ้ำ ทั้งกรณีข้อมูลแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง หรือกรณีการแจกแจงทั้งแบบปกติและแบบไม่ปกติ ภายใต้คำถามวิจัยที่มุ่งเน้นการประมาณค่าผลกระทบค่าเฉลี่ยประชากร (population-average effect) ภายในตัวแปรผลลัพธ์ที่วัดซ้ำกับตัวแปรร่วมทั้งที่สามารถผันแปรได้ตามเวลาและแบบคงที่ หรือบางครั้งถูกเรียกว่า “marginal models” ในทางปฏิบัติวิธีการ GEE มีหลักการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่ 2 ขั้นตอนที่สำคัญ ประกอบด้วย **ขั้นตอนที่ 1** การสร้าง หรือพัฒนาตัวแบบ ซึ่งดำเนินการภายใต้แนวคิดแบบอิสระของตัวแบบเชิงเส้นนี้ทั่วไป (Generalized Linear Model, GLMs) ด้วยการเชื่อมโยงค่าเฉลี่ยของตัวแปร

ผลลัพธ์เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรร่วมที่สนใจผ่านฟังก์ชันเชื่อมโยง (link function) เช่น ฟังก์ชันเชื่อมโยง identity จะถูกใช้กับตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่อง ส่วนฟังก์ชันเชื่อมโยง logit หรือ log ถูกนำมาใช้กับตัวแปรผลลัพธ์แบบแจกที่มีสองค่า (binary data) หรือแบบจำนวนนับ (count data) เป็นต้น **ขั้นตอนที่ 2** การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโครงสร้างความสัมพันธ์ในรูปเมตริกซ์ หรือ working correlation structure (matrix) ซึ่งประกอบด้วยหลายรูปแบบ เช่น exchangeable, independent หรือ autoregressive เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และถูกคำนวณภายใต้แนวคิดอิสระ จะถูกปรับด้วยโครงสร้างความสัมพันธ์ในรูปเมตริกซ์ดังกล่าว เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยทั้งสองขั้นตอนจะถูกกระทำแบบวนซ้ำจนกระทั่งเข้าสู่จุดอิ่มตัว หรือเกณฑ์ที่เหมาะสมของตัวแบบ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า GEE ไม่ถือเป็นตัวแบบ แต่เป็นวิธีการประมาณค่าที่ถูกนำมาใช้ภายใต้ตัวแบบที่นักวิจัยสนใจเท่านั้น¹⁴ เช่น การนำ GEE มาใช้ประมาณค่าในกรณีตัวแปรผลลัพธ์ถูกวัดซ้ำกับตัวแบบสมการถดถอยลอจิสติก หรือ ตัวแบบสมการถดถอยแบบปัวซอง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ GEE จะถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าของตัวแบบได้อย่างครอบคลุม ทั้งข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์แบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง แต่ยังมีข้อจำกัดบางอย่างที่นักวิจัยควรคำนึงถึง เช่น ความสามารถในการจัดการข้อมูลสูญหายได้เฉพาะกรณี missing completely at random (MCAR) เท่านั้น การมีความไวต่อข้อมูลที่มีค่าผิดปกติมาก (outlier) หรือไม่สามารถให้ผลลัพธ์ในภาพเฉพาะบุคคล (subject-specific result) ได้ เป็นต้น

(4) การวิเคราะห์ตัวแบบผลกระทบผสม (Mixed Effects Models; MEM)

เป็นวิธีการทางสถิติที่ถูกนำมาใช้กับตัวแปรผลลัพธ์ที่ถูกวัดซ้ำได้ครอบคลุมทุกกรณีของตัวแปรผลลัพธ์เช่นเดียวกับ GEE และสามารถตอบคำถามวิจัย

ได้อย่างครอบคลุมทั้งผลกระทบค่าเฉลี่ยประชากรและผลกระทบเฉพาะบุคคล ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการวัดซ้ำได้โดยตรง ด้วยการใช้ “ผลกระทบสุ่ม (random effect)” มาพิจารณาเพื่ออธิบายแนวโน้มเฉพาะบุคคล หรือกลุ่มอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงถูกเรียกว่า “mixed effects” ซึ่งเป็นการพิจารณาทั้งสองผลกระทบพร้อมกัน ได้แก่ ผลกระทบคงที่ (fixed effect) และผลกระทบสุ่ม ทำให้วิธีการ MEM สามารถนำมาใช้กับข้อมูลระยะยาวที่มีลักษณะสัมพันธ์กันได้ทั้งแบบวัดซ้ำ แบบกลุ่มและแบบรายคู่ และตอบคำถามวิจัยได้ครบทั้งสองประเด็นข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวิธีการ MEM ค่อนข้างซับซ้อนทั้งการทำความเข้าใจและการนำไปใช้ จึงอาจเป็นข้อจำกัดสำคัญต่อการนำมาใช้ของนักวิจัยส่วนใหญ่ ดังนั้น การนำเสนอบทเรียนรู้และแนวปฏิบัติตรงไปตรงมาและง่ายต่อการทำความเข้าใจ ยังจำเป็นสำหรับวิธีการนี้

สรุปผล

ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิธีการศึกษาตัวแปรผลลัพธ์ที่แต่ละหน่วยสังเกตถูกประเมินผลเพียงครั้งเดียว ณ จุดเวลาหนึ่งและเป็นอิสระต่อกัน อาจมีข้อจำกัดและไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากอธิบายข้อค้นพบได้เพียงมิติเชิงทำนายอย่างเดียว ขณะที่การอธิบายมิติเชิงเหตุและผล ซึ่งมีความสำคัญในการดำเนินงานส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรค รวมถึงการดูแลรักษาและฟื้นฟู ยังมีข้อจำกัดและจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลระยะยาว ซึ่งข้อมูลตัวแปรผลลัพธ์แต่ละหน่วยสังเกตถูกวัดซ้ำมากกว่าหนึ่งครั้ง ตามจุดเวลาที่กำหนดแตกต่างกันอย่างต่อเนื่องมาใช้ประโยชน์ การใช้วิธีการทางสถิติเดิมมีข้อจำกัดและเกิดผลกระทบที่ไม่เหมาะสมเมื่อมีการนำมาใช้ ดังนั้น วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวจึงถูกนำมาใช้และเป็นความท้าทายของนักวิจัยในการเรียนรู้และเตรียมความพร้อมสำหรับวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องในแต่ละวิธี ทั้งแนวคิด

หลักการ ข้อตกลงเบื้องต้น รวมถึงข้อจำกัดที่มี เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวมีความถูกต้องและเกิดประโยชน์ในการพัฒนาองค์ความรู้ หรือข้อค้นพบจากงานวิจัยให้สอดคล้องกับบริบทในการแก้ไขปัญหาสุขภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Garcia TP, Marder K. Statistical approaches to longitudinal data analysis in Neurodegenerative diseases: Huntington's disease as a model. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2017;2:1-14.
2. Arnold KF, Davies V, de Kamps M, et al. Reflections on modern methods: generalized linear models for prognosis and intervention—theory, practice and implications for machine learning. *Int J Epidemiol* 2020;0:1-9.
3. Caruana EJ, Roman M, Hernández-Sánchez J, et al. Longitudinal studies. *J Thorac Dis* 2015;11:E537-E540.
4. Oosterhoff M, Joore MA, Bartelink NHM, et al. Longitudinal analysis of health disparities in childhood. *Arch Dis Childh* 2019;8:781-8.
5. Newman AB. An overview of the design, implementation, and analyses of longitudinal studies on aging. *J Am Geriatr Soc* 2010;Suppl 2:S287-91.
6. Andersson C, Johnson AD, Benjamin EJ, et al. 70-year legacy of the Framingham Heart Study. *Nat Rev Cardiol* 2019;11:687-98.

7. Locascio JJ and Atri A. An overview of longitudinal data analysis methods for neurological research. *Dement Geriatr Cogn Dis Extra* 2011;1:330-57.
8. Ybema JF, Evers MS Scheppingen, ARv. A longitudinal study on the effects of health policy in organizations on job satisfaction, burnout, and sickness absence. *J Occup Environ Med* 2011;11:1251-7.
9. Huang CJ, Lin CH, Hsieh HM, et al. A longitudinal study of healthcare utilisation and expenditure in people with type 2 diabetes mellitus with and without major depressive disorder. *Gen Hosp Psychiatry* 2019;50-8.
10. Liu C, Cripe TP, Kim MO. Statistical issues in longitudinal data analysis for treatment efficacy studies in the biomedical sciences. *Mol Ther* 2010;9:1724-30.
11. Lee JH, Herzog TA, Meade CD, et al. The use of GEE for analyzing longitudinal binomial data: a primer using data from a tobacco intervention. *Addict Behav* 2007;1:187-93.
12. Ma Y, Mazumdar M, Memtsoudis SG. Beyond repeated-measures analysis of variance: advanced statistical methods for the analysis of longitudinal data in anesthesia research. *Reg Anesth Pain Med* 2012;1:99-105.
13. Park E, Cho M, Ki CS. Correct use of repeated measures analysis of variance. *Korean J Lab Med* 2009;1:1-9.
14. Pekár S, Brabec M. Generalized estimating equations: A pragmatic and flexible approach to the marginal GLM modelling of correlated data in the behavioural sciences. *Ethology* 2018;2:86-93.