

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มือการปรับแก้การจำกัดพิสัยทางตรงแบบใหม่จากสูตรของ Thorndike's case II และเปรียบเทียบค่าความเอนเอียงเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้ระหว่างสูตรปรับแก้แบบใหม่กับสูตรของ Thorndike's case II ภายใต้ 4 สถานการณ์ จำนวน 135 เงื่อนไข ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หอคิमान และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 การจำกัดพิสัย การปรับแก้การจำกัดพิสัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 3 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการมอนติ คาร์โล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์หอคิमान และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ประวัติศาสตร์วิธีการวิเคราะห์หอคิमानในปัจจุบัน

1.1 วิธีการพื้นฐานของการวิเคราะห์หอคิमान

การวิเคราะห์หอคิमानเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1976 โดยกลุ่มผู้วิจัย 3 กลุ่มที่ทำงานอย่างอิสระกัน คือ ในปี ค.ศ. 1976 กลาส (Glass) เป็นผู้เริ่มต้นคนแรกที่ใช้คำว่า "Meta-analysis" และ ชมิดท์ และฮันเตอร์ (Schmidt & Hunter) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการสรุปโดยนัยของความตรง (Validity generalization) ในเวลาเดียวกัน โรเซนธอล (Rosenthal) ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ "Experimenter effects in behavioral science" การทำงานหรือ การศึกษาดังกล่าวของนักวิจัยเหล่านี้มีส่วนข้องเกี่ยวกันอยู่ในวิธีการที่ต่างกัน 3 รูปแบบของการวิเคราะห์หอคิमान คือ วิธีการวิเคราะห์หอคิमानของ กลาสเซียน (Glassian meta-analysis method) ที่รวมถึงวิธีการของเฮตเจส และฮอลคิน และแมนฟิลด์ และบุช วิธีการวิเคราะห์หอคิमानของฮันเตอร์และชมิดท์ (Hunter-Schmidt's meta-analysis method) และวิธีการของโรเซนธอล (Rosenthal's method) วิธีการเหล่านี้ได้รับความนิยมในงานวิจัยในสาขาที่ต่างกัน นั่นคือ วิธีการวิเคราะห์หอคิमानของกลาสเซียน ได้รับความนิยมอย่างมากในสาขาการศึกษา วิธีการวิเคราะห์หอคิमानของฮันเตอร์และชมิดท์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในสาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรมองค์การ และวิธีการของโรเซนธอลเป็นวิธีการที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในสาขาจิตวิทยาสังคม

1.2 รูปแบบของผลแบบกำหนดและแบบเชิงสุ่ม

วิธีการวิเคราะห์หอคิमानในปัจจุบันให้ผลในการประมาณค่าเฉลี่ยของขนาดอิทธิพล เช่น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) ดัชนีขนาดอิทธิพล (δ) และค่าร้อยละ (π) เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมาใน

การวิเคราะห์ห่อภิมาณ พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) เป็นค่าขนาดอิทธิพลที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมาก (Law et al., 1994a; Field, 2001) ในการกล่าวถึงความแปรผันของขนาดอิทธิพล มีโมเดลการวิเคราะห์ห่อภิมาณที่ต่างกัน 2 โมเดล (Hunter & Schmidt, 2001) โมเดลแรก คือ โมเดลการวิเคราะห์ ห่อภิมาณแบบ Fixed-effect ที่สมมติว่าขนาดอิทธิพลที่สำคัญมีขนาดไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0 หรือ $SD_\rho = 0$ ความแปรผันที่สังเกตได้ของขนาดอิทธิพลทุกตัวในการศึกษาที่ผ่านมาที่นำมาวิเคราะห์ห่อภิมาณ ถูกสมมติว่าเกิดมาจากความคลาดเคลื่อนของการเลือกตัวอย่าง (Sampling error) โมเดลที่สอง คือ โมเดลการวิเคราะห์ ห่อภิมาณแบบ Random-effect ที่มีความขัดแย้งกัน กล่าวคือ โมเดลนี้สมมติว่าอาจจะเป็นไปได้ที่ความแปรผันที่แท้จริงของขนาดอิทธิพลมีสิ่งทีนอกเหนือจากความคลาดเคลื่อนของการเลือกตัวอย่าง (Sampling error) นั่นคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า 0 หรือ $SD_\rho > 0$ ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้รับการยอมรับที่ว่าโมเดล Random-effect เป็นสิ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลในงานวิจัยมากกว่า (Field, 2001; Hunter & Schmidt, 2001) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ว่าวิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณจะให้ผลในการประมาณที่เหมาะสมถูกต้องแม่นยำทั้งค่าเฉลี่ยของขนาดอิทธิพล ($\bar{\rho}$) และความผันแปรของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (SD_ρ)

1.3 การปรับแก้ค่าในเชิงสถิติ

ข้อเท็จจริงได้แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้เป็นค่าที่มีการอ่อนตัว (Attenuation) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Measurement error) ที่มีอยู่โดยทั่วไปในทุกๆ การวัดในงานวิจัยเชิงสำรวจหรือเชิงทดลอง (Nunnally, & Bernstein, 1994; Schmidt, & Hunter, 2003) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้สามารถสนับสนุนหรือก่อให้เกิดความบิดเบือนได้จากการถูกจำกัดพิสัย ที่มีความเป็นไปได้อย่างมากในงานวิจัยเกี่ยวกับการคัดเลือกบุคคล และการศึกษา และยังมีงานวิจัยในสาขาอื่น ๆ อีก ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิทธิพลของความบิดเบือนเหล่านี้ควรจะนำเข้ามาในรายการวิเคราะห์ด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางใน 3 วิธีการข้างต้น มีเพียงวิธีการของฮันเตอร์และชมิทท์ (Hunter-Schmidt's Method) ที่มีการปรับแก้อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด (Measurement error) และการจำกัดพิสัยในขนาดอิทธิพลที่สังเกตได้ ซึ่งมีความชัดเจนที่ว่า เมื่อค่าที่ได้ในเชิงสถิติ (Statistical artifacts) ที่มีอยู่เหล่านี้ ที่ดูเหมือนว่าส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ในงานวิจัยเชิงทดลองหรือเชิงสำรวจ ส่วนอีก 2 วิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณให้ผลการประมาณค่าเฉลี่ยของขนาดอิทธิพลและความแปรผันที่บิดเบือน (Hall, & Brannick, 2002) ซึ่งควรจะได้รับการบันทึกว่า แม้ว่าเมื่อวิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณของเฮดเจสและคณะ และวิธีการของฮันเตอร์และชมิทท์เป็นการเปรียบเทียบโดยตรงไปตรงมภายใต้เงื่อนไขอย่างเดียวกัน อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

ของอันเตอร์และชมิทท์ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเหมาะสมมากกว่าวิธีการของเฮดเจส (Hall, & Brannick, 2002) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงจะพิจารณาเพียงวิธีการวิเคราะห์ถ้อยคำของอันเตอร์และชมิทท์ที่ใช้วิธีการหรือแนวทางการสรุปโดยนัยความตรงที่ทราบค่า

2. แนวทางสรุปโดยนัยของความตรง

อันเตอร์และชมิทท์เริ่มต้นพัฒนาวิธีการเพื่อตรวจสอบพิจารณาส่วนเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับความตรงของแบบทดสอบการคัดเลือก (Selection test) ที่สามารถสรุปโดยนัยข้ามกลุ่ม หรือสถานการณ์ได้ (Schmidt & Hunter, 1977) ความหมายโดยนัยของการทำงานที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาต่อมีแรงบันดาลใจต่อการทำงานของผู้วิจัยคนอื่น ๆ ที่ทำงานเกี่ยวกับการพัฒนาความเหมาะสมถูกต้องของวิธีการ ดังนั้น กลุ่มผู้วิจัยหลาย ๆ กลุ่มจึงมีข้อเสนอแนะให้ทำการแก้ไขปรับปรุงให้แตกต่างจากวิธีการเริ่มต้น (Callender, & Osburn, 1980; Schmidt, Gast-Rosenberg, & Hunter, 1980; Raju, & Burke, 1983; Schmidt, & Hunter, 1990; Raju, Burke, Normand, & Langlois, 1991; Law, Schmidt & Hunter, 1994) แนวทางการแก้ไขทั้งหมดดังกล่าวมีกรอบแนวคิดคล้ายคลึงกันคือต่างก็พยายามประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรผันของขนาดอิทธิพล (p และ SD_p) โดยการปรับแก้ค่าความเอนเอียงของอิทธิพลจาก 3 แหล่งหลัก ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง (Sampling error) ความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Measurement error) และการจำกัดพิสัย (Range restriction) โดยการยัดเยียดว่าทำอย่างไรถึงจะปรับแก้สารสนเทศที่เกี่ยวกับค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้ แนวทางเหล่านี้สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกคือการปรับแก้ค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้แต่ละค่า และกลุ่มที่สองใช้การแจกแจงของค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้ (Hunter, & Schmidt, 1990)

2.1 แนวทางการปรับแก้ค่าที่ละค่าโดยหลักการทางสถิติ

เมื่อสารสนเทศเกี่ยวกับค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้สามารถใช้ประโยชน์ได้ในงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ถ้อยคำ มีความเป็นไปได้ที่จะปรับแก้ขนาดอิทธิพลของสิ่งที่ได้ในงานศึกษาแต่ละชิ้น แล้วรวมผลลัพธ์เพื่อประมาณค่าเฉลี่ยและความแปรผันของสหสัมพันธ์ที่แท้จริง แนวทางการวิเคราะห์ถ้อยคำ 2 แนวทางที่ได้รับการพัฒนาสำหรับสถานการณ์นี้ คือ แนวทางของอันเตอร์และชมิทท์ (Hunter, & Schmidt, 1990) และแนวทางของราจูและคณะ (Raju et al., 1991)

สูตรพื้นฐานของแนวทางเหล่านี้ ทั้งของอันเตอร์และชมิทท์และของราจูและคณะ

(Hunter & Schmidt, 1990; p. 119; Raju et al., 1991; p. 433) คือ $\hat{p}_i = p_i + e_i$

เมื่อ $\hat{p}_i$ คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้ของการศึกษาที่ i

p_i คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงที่ซ่อนอยู่ในค่าสหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ในการศึกษาที่ i

e_i คือ ความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างที่เชื่อมโยงกับ $\hat{p}_i$

แนวทางนี้สมมติว่า p_i และ e_i ไม่สัมพันธ์กัน ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความแปรปรวนของค่าสหสัมพันธ์ที่แท้จริง (p_i) สามารถที่จะประมาณได้โดยสมการ

$$\text{Var}(\hat{p}) = \text{Var}(\hat{p}) + \text{Var}(e)$$

แนวทางการปรับแก้ทั้งสองแนวทางนี้เป็นความแตกต่างกันในกระบวนการที่ใช้เพื่อประมาณ $\hat{p}_i$ และ $\text{Var}(e)$ ในสมการข้างต้นสองสมการ วิธีการของฮันเตอร์และชมิทท์ ปี ค.ศ. 1990 ไม่ได้พิจารณาอย่างชัดเจน หรืออย่างเจาะจงถึงความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างที่เกิดกับค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้ (R_{xx} , R_{yy} , และ u) ที่ถูกประมาณจากการวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ห่อภิวน ในทางกลับกัน แนวทางของราจูและคณะ ในปี ค.ศ. 1991 ได้รวมเอาความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างในการประมาณความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ และตัวแปรทำนาย แต่ไม่ได้พิจารณาการจำกัดพิสัย อย่างไรก็ตาม แนวทางของราจูและคณะ ในปี ค.ศ. 1991 ได้ใช้เพียงความเชื่อมั่นที่ถูกประมาณในประชากรที่ถูกจำกัดซึ่งอยู่ในสูตรของราจูและคณะอยู่แล้ว ส่วนแนวทางของฮันเตอร์และชมิทท์ในปี ค.ศ. 1990 มีความยืดหยุ่นมากกว่าวิธีการของราจูและคณะ กล่าวคือ ความเชื่อมั่นสามารถได้รับการประมาณได้จากทั้งประชากรที่ถูกจำกัด หรือไม่ถูกจำกัดก็ได้ เนื่องจากงานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ห่อภิวนมีแนวโน้มที่จะรายงานค่าประมาณของความเชื่อมั่นในประชากรที่ถูกจำกัด ซึ่งปรากฏชัดเจนในแนวทางของราจูและคณะที่ทำข้อตกลงเบื้องต้นอย่างมีเหตุผลต่อการใช้ข้อมูลแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจะเป็นเทคนิคที่ไม่ถูกต้องและจะให้ผลลัพธ์ที่มีค่าสูงเกินไปสำหรับอิทธิพลของการจำกัดพิสัยทางตรง

2.2 แนวทางที่ใช้การแจกแจงของค่าสถิติ

ในวรรณกรรมส่วนใหญ่มีการรายงานสารสนเทศที่เกี่ยวกับค่าสถิติไม่มากนัก ดังนั้นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จึงไม่สามารถที่จะได้รับการปรับแก้ให้ถูกต้องได้ อย่างไรก็ตาม ตามที่ได้แสดงให้เห็นโดยชมิทท์และฮันเตอร์ (Hunter, Schmidt, & Jackson, 1982; Hunter, & Schmidt, 1990) การวิเคราะห์ห่อภิวนได้ยึดถือการแจกแจงของค่าสถิติที่สามารถหาได้ โดยเฉพาะการแจกแจงที่เห็นได้ชัดของค่าสถิติ คือความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ การจำกัดพิสัยในตัวแปรทำนายที่ทำให้เห็นได้ในเชิงประจักษ์โดยการสะสมสารสนเทศ จากผลของการศึกษาเบื้องต้นที่อาจจะรวมหรือไม่รวมอยู่ในการวิเคราะห์ห่อภิวน แต่มีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันที่ได้รับการรวมเข้าด้วยกัน

แนวทางการวิเคราะห์ห่อภิวนได้รวมอยู่ในกลุ่มนี้ที่ได้รับการอ้างถึง ตามวิธีการของรูปแบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation model approach) เนื่องจากยึดหลักของสูตรพื้นฐานที่แสดงให้เห็นถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ (Observed correlation) ตามหลักของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริง (ρ) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เป็นค่าจากกลุ่มตัวอย่าง (ที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดในการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์เกิดการจำกัดพิสัยและเกิดความ

คลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง) มีแนวทางการวิเคราะห์หือภิมาน 6 แนวทางด้วยกันได้แก่ 1) The Hunter-Schmidt's non-interactive (H-S non-interactive) 2) The Hunter-Schmidt's interactive (H-S interactive) 3) The Hunter-Schmidt's multiplicative (H-S multiplicative) 4) The Callender-Osburn's independent multiplicative 5) The Taylor Series Approximation 1 (TAS1) และ 6) The Taylor Series Approximation 2 (TAS2) ทุก ๆ แนวทางเป็นการปรับแก้อิทธิพลของค่าสถิติด้วยการใช้สารสนเทศเกี่ยวกับการแจกแจงของค่าสถิติที่ได้ ความแตกต่างระหว่างแนวทางเหล่านี้อยู่ที่ข้อตกลงเบื้องต้นที่มีความต้องการความเป็นเชิงเส้นตรง เพื่อประมาณอิทธิพลของค่าสถิติที่ได้ โดยเฉพาะอิทธิพลของการจำกัดพิสัยเนื่องจากความซับซ้อนที่เป็นไปโดยธรรมชาติ จึงไม่เป็นเชิงเส้นตรง

2.2.1 สูตรพื้นฐาน

ตามที่กล่าวมาข้างต้น แนวทางทุกแนวทางใช้สูตร $r_i = \rho_i a_i b_i c_i + e_i$ เป็นสูตรที่แสดงถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ในงานวิจัยเรื่องที่ i ซึ่งเปรียบเหมือนกับเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงในกลุ่มประชากรที่ไม่ถูกจำกัด เหมือนการประมาณความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ระดับของการจำกัดพิสัยของตัวแปรทำนาย และความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง (Raju et al., 1991)

จากสูตร r_i = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้จากงานวิจัยเรื่องที่ i ที่ถูกรวมอยู่ในการวิเคราะห์หือภิมาน

ρ_i = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ซึ่งเป็นสิ่งที่สนใจ

$a_i = \sqrt{R_{yy}}$ = ปัจจัยการช้อนตัวเนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากการวัดในตัวแปรเกณฑ์ (R_{yy} คือความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด)

$b_i = \sqrt{R_{xx}}$ = ปัจจัยการช้อนตัวเนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากการวัดในตัวแปรทำนาย (R_{xx} คือความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด)

$c_i = U_i / [1 + (U_i^2 - 1) \rho_i^2 R_{xx} R_{yy}]^{1/2}$ = ปัจจัยความช้อนตัวเนื่องจากอิทธิพลของการจำกัดพิสัยทางตรงที่มีต่อตัวแปรทำนายโดยใช้สูตรของ Thorndike's Case II ($U_i = SD_x / sd_x$) เมื่อ SD_x และ sd_x คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนตัวแปรทำนายในกลุ่มที่ไม่ถูกจำกัดและถูกจำกัดพิสัยตามลำดับ)

e_i = ความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้จากกลุ่มตัวอย่าง

2.2.2 ข้อตกลงเบื้องต้น

ทุกแนวทางสมมติว่า p a b c และ e ในสมการข้างต้นมีความเป็นอิสระกัน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติข้อตกลงนี้มีแนวโน้มที่จะถูกฝ่าฝืน แต่อิทธิพลของการฝ่าฝืนก็ไม่ได้รุนแรงนัก ดังนั้นจึงไม่มีความหมายต่ออิทธิพลของความถูกต้องของแนวทางเหล่านี้ (Hedges, 1989) เทียบเคียงกับข้อตกลงต่างๆ ไป แนวทางที่แตกต่างกันทำให้เกิดข้อตกลงที่ต่างกันเล็กน้อยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถิติที่หาได้ โดยเฉพาะแนวทางของ H-S non-interactive, H-S multiplicative และ C-O multiplicative ที่สมมติว่า a b c และ p เป็นอิสระกับตัวอื่นๆ ในขณะที่แนวทาง H-S interactive และ TSA2 สมมติว่า a b u และ p เป็นอิสระกัน ส่วน TSA1 มีข้อตกลงว่า a^2 (หรือความเชื่อมั่นของตัวแปรเกณฑ์) b^2 (หรือความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนาย) u และ p เป็นอิสระกัน ตามหลักของข้อตกลงที่ต่างกันเหล่านี้ แนวทางเหล่านี้ได้ประยุกต์กระบวนการที่ต่างกันเล็กน้อยเพื่อปรับแก้อิทธิพลของค่าสถิติที่หาได้จากงานวิจัย และประมาณค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริง ($\bar{\rho}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (SD_{ρ})

ข้อตกลงมีความแตกต่างกันในระดับของเหตุผล เช่น ขณะที่ a b u และ p มีแนวโน้มที่จะเป็นอิสระกับสิ่งอื่น ส่วน c ไม่เป็นอิสระกับ a และ b เนื่องจาก c เป็น function ของ R_{yy} และ R_{xx} แต่อย่างไรก็ตามความจริงที่ว่า ทุกแนวทางมีผลโดยทั่วไปที่คล้ายคลึงกันมากและผลลัพธ์ที่ถูกต้องก็เสนอแนะว่าการฝ่าฝืนข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นอิสระระหว่าง a b และ c ก็ไม่ได้มีอิทธิพลที่สำคัญนักในการจำกัดพิสัยทางอ้อม (Callender, Osburn, Greener, & Ashworth, 1982; Raju, & Burke, 1983; Burke, Raju, & Pearlman, 1986; Law, Schmidt, & Hunter, 1994a; 1994b) ราวู แอนเซลมิ กูดแมน และ โทมัส (Raju, Anselmi, Goodman, & Thomas, 1998) ได้ทดสอบมากขึ้นเกี่ยวกับอิทธิพลของการฝ่าฝืนข้อตกลงของความเป็นอิสระ ในวิธีการของ TSA 1 ผู้วิจัยพบว่า การฝ่าฝืนไม่ส่งผลกระทบแรงต่อความถูกต้องของวิธีการ ยกเว้น เมื่อ ρ มีความสัมพันธ์กับ r

2.2.3 ความแม่นยำของแนวทางโดยนัยของความตรง

การศึกษาหลายเรื่องที่ใช้ข้อมูลที่จำลองขึ้นหรือข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงเพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องของแนวทางการสรุปโดยนัยทั่วไปของความตรง (ได้แก่ Linn, Harnisch, & Dunbar, 1981b; Callender, Osburn, Greener, & Ashworth, 1982; Raju, & Burke, 1983; Burke, Raju, & Pearlman, 1986; Mendoza, & Reinhardt, 1991; Kaw, Schmidt, & Hunter, 1994a; 1994b) การศึกษาเหล่านี้เป็นการจำลองข้อมูลภายใต้รูปแบบการจำกัดพิสัยทางตรง นั่นคือการจำกัดพิสัยของตัวแปรทำนายซึ่งเป็นตัวแปรการคัดเลือกอย่างเจาะจง ซึ่งเป็นการแสดงโดยการสรุปโดยนัยทั่วไปของความตรง แต่ไม่เป็นความจริงในการปฏิบัติที่ว่า การจำกัดพิสัยส่วนใหญ่เป็นการจำกัดพิสัยทางอ้อม

ข้อค้นพบทั่วไปจากการศึกษาเหล่านี้ที่ใช้แนวทางนี้ให้ผลที่คล้ายคลึงกันมากและค่าประมาณที่ถูกต้อง มีเหตุผลเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($\bar{\rho}$) ส่วนใหญ่แนวทางนี้ ยกเว้นแนวทางของ H-S nonlinear ที่มีแนวโน้มจะให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (SD_{ρ}) สูงเกินความจริง ถึงแม้ว่าการประมาณที่สูงเกินจริงจะไม่รุนแรงในการปฏิบัติส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากการจำกัดพิสัยมีธรรมชาติที่ซับซ้อนและความไม่เป็นเชิงเส้นจึงเกิดขึ้นละส่งผลให้ความยุ่งยากรุนแรงขึ้นต่อทุกแนวทางที่ต้องการปรับแก้ค่าอิทธิพลของการจำกัดพิสัย โดยเฉพาะสัดส่วนการคัดเลือก (ระดับของการจำกัดพิสัยทางตรง)

2.2.4 แนวทางปฏิสัมพันธ์แบบไม่ใช่เชิงเส้นของอันเตอร์และซมิดท์

ขั้นตอนพื้นฐานสำหรับการปรับแก้อิทธิพลของค่าสถิติในงานวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ห่อภิมาณอยู่สองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการประมาณการแจกแจงเศษเหลือ (Residual distribution) กล่าวคือ การแจกแจงเชิงสมมติฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ถ้า

- (1) ค่าสถิติทั้งหมดที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการวัดในการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ และการจำกัดพิสัยในการวัดตัวแปรทำนายได้ถูกกำหนดให้เป็นค่าเฉลี่ยของค่าสถิติเหล่านั้น และ
- (2) ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่าง ขั้นตอนที่สอง เป็นการปรับแก้อิทธิพลของค่าที่คำนวณได้ในเชิงสถิติเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($\bar{\rho}$ และ SD_{ρ})

ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงเศษเหลือเป็นค่าเฉลี่ยที่ถูกถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดตัวอย่างของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ ตามสูตร

$$\bar{r} = \frac{\sum N_i r_i}{\sum N_i}$$

เมื่อ N_i และ r_i เป็นขนาดตัวอย่างและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ของงานวิจัยเรื่องที่ i ที่รวมอยู่ในการวิเคราะห์ห่อภิมาณ

ความแปรปรวนของการแจกแจงของเศษเหลือเป็นค่าที่ถูกประมาณโดยการลบด้วย (1) ความแปรปรวนเนื่องจากการรวมอิทธิพลของความแปรผันข้ามการศึกษาในค่าที่หาได้เชิงสถิติ 3 ประเภท ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากการวัดในการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ และการจำกัดพิสัยในการวัดตัวแปรทำนาย และ (2) ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากการเลือกตัวอย่างจากความแปรปรวนที่สังเกตได้ ดังนี้

$$Var_{res} = Var_{obs} - Var_e - Var_{R_{yy}R_{xx}u}$$

เมื่อ Var_{res} = ความแปรปรวนของเศษเหลือ

Var_{obs} = ความแปรปรวนของค่าสังเกตได้

$$\text{Var}_{\text{obs}} = \frac{\sum N_i (r_i - \bar{r})^2}{\sum N_i}$$

Var_e = ความแปรปรวนของการเลือกตัวอย่างที่ถูกถ่วงน้ำหนักของการวิจัยที่นำมาวิเคราะห์หือภิมาน

$$\text{Var}_e = \frac{\sum N_i \left(\frac{(1 - \bar{r})^2}{N_i - 1} \right)}{\sum N_i}$$

$\text{Var}_{R_{yy}R_{xx}u}$ = ความแปรปรวนเนื่องจากการรวมอิทธิพลของค่าที่หาได้ในเชิงสถิติ เช่น ความคลาดเคลื่อนจากการวัดในการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ และการจำกัดพิสัยในการวัดตัวแปรทำนาย

$\text{Var}_{R_{yy}R_{xx}u}$ คำนวณได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยที่ไม่อ่อนตัวของการแจกแจงเศษเหลือ ($\bar{r}$) ใช้ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงที่หาได้ ($\bar{R}_{yy}, \bar{R}_{xx}$, และ $\bar{u}$) จากสูตร
$$\bar{r} = \frac{\bar{r}}{\sqrt{\bar{R}_{yy} \bar{R}_{xx} [u^2 + (1 - u^2) \bar{r}^2]}}$$
- 2) สร้างเมตริกซ์ 3 มิติด้วยเซลล์ที่มาจากการรวมค่าที่เป็นไปได้ของความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ (R_{yy}) ความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรทำนาย (R_{xx}) และการจำกัดพิสัยของการวัดตัวแปรทำนาย (u)

3) คำนวณค่าคาดหวังในแต่ละเซลล์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้โดยการอ่อนตัวของค่าเฉลี่ยที่ไม่อ่อนตัวที่รวบรวมมาจากขั้นที่ 1 โดยการใช้ค่าที่หาได้จากแต่ละเซลล์

4) คำนวณความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่รวบรวมในขั้นที่ 3 ของทุก ๆ เซลล์และถ่วงน้ำหนักแต่ละค่าด้วยความถี่ของเซลล์นั้น ๆ เนื่องจากค่าที่หาได้ (R_{yy} , R_{xx} และ u) ได้สมมติว่าเป็นอิสระกัน ความถี่ในแต่ละเซลล์เป็นผลผลิตของความถี่ของค่าที่หาได้ในการแจกแจงแต่ละการแจกแจงตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ความแปรปรวนคือ $\text{Var}_{R_{yy}R_{xx}u}$

การแจกแจงเศษเหลือรวบรวมมาจากขั้นตอนแรกที่สมมติว่าเป็นปกติ ค่า 60 ค่าในการแจกแจง (จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเศษเหลือตั้งแต่ -3.00 ถึง 3.00) แล้วไม่ถูกทำให้อ่อนตัวลงโดยใช้สมการในขั้นตอนที่ 1 ร่วมกับค่าเฉลี่ยของค่าที่หาได้

$$p_j = \frac{\hat{r}_j}{\sqrt{\bar{R}_{yy}\bar{R}_{xx}[\bar{u}^2 + (1-\bar{u}^2)\hat{r}_j^2]}}$$

เมื่อ $\hat{r}_j$ = ค่าหนึ่งใน 60 ค่าในการแจกแจงเศษเหลือ ($j = 1 - 60$) และ p_j = ค่าที่ไม่อ่อนตัวที่คล้ายกันกับ $\hat{r}_j$

การแจกแจงของค่า p_j ที่ไม่อ่อนตัวเป็นการแจกแจงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริง (ρ) ความถี่สำหรับ p_j แต่ละค่าในการแจกแจงความถี่ของ $\hat{r}_j$ ที่คล้ายกัน ในการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($\bar{\rho}$ และ SD_ρ) สามารถที่จะประมาณได้อย่างสอดคล้องกัน

ตามที่กล่าวข้างต้น แนวทางของ H-S nonlinear มีความต้องการข้อตกลงที่ว่า การแจกแจงของเศษเหลือเป็นแบบปกติ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีการฝ่าฝืนข้อตกลงดังกล่าว แนวทางนี้ก็ยังให้ผลการประมาณที่ดีกว่าแนวทางอื่น ๆ

2.2.5 การแจกแจงตามหลักการทางสถิติ

ตามที่กล่าวข้างต้น แนวทางทั้งหมดในกลุ่มนี้มีการใช้สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงที่หาได้ นั่นคือ การแจกแจงของความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด [R_{yy} และ R_{xx}] และการแจกแจงของการจำกัดพิสัยในตัวแปรทำนาย [u] เพื่อปรับแก้ข้อผิดพลาดของการจำกัดพิสัย เมื่อการแจกแจงที่หาได้อย่างไม่ถูกต้องถูกนำมาใช้ แนวทางนี้ก็ส่งผลให้การประมาณค่า ρ และ SD_ρ ไม่ถูกต้องด้วย ดังนั้นความสำคัญอยู่ที่การเลือกใช้การแจกแจงที่เหมาะสม มีวิธีการพื้นฐานอยู่ 2 วิธีที่กำหนดการแจกแจงที่หาได้ คือ (1) ใช้สารสนเทศที่มีอยู่ในงานวิจัยที่นำมารวมในการวิเคราะห์หือภิมาน (Sample-based distribution) และ (2) ใช้การแจกแจงของค่าที่หาได้ที่สร้างขึ้นจากความรู้ที่อยู่ในวรรณกรรมการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั่วไป (Artifact distribution)

ทั้งสองวิธีการมีโครงสร้างของการแจกแจงของค่าที่หาได้ แต่โดยทั่วไปการใช้การแจกแจงของค่าที่หาได้ (Artifact distribution) ได้รับความนิยมเนื่องจากมีสารสนเทศที่เหมาะสมมากกว่าที่จะใช้จากการศึกษาแต่ละเรื่องที่รวมอยู่ในการวิเคราะห์หือภิมาน นอกจากนั้นมีความสำคัญที่ควรจะบันทึกว่า ขณะที่แนวทางการวิเคราะห์หือภิมานทั้งหมดมีความต้องการการแจกแจงของความเชื่อมั่น (ทั้งตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์) ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ซึ่งผลของการศึกษาของงานแรกส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันในธรรมชาติมีเพียงความเชื่อมั่นในประชากรที่ถูกจำกัด ดังนั้นความเชื่อมั่นที่สังเกตได้เหล่านี้ควรจะได้รับ การปรับแก้หรือเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ประชากรที่ไม่ถูกจำกัดก่อนที่จะถูกใช้เพื่อสร้างการแจกแจงของค่าสถิติที่หาได้ วิธีการพื้นฐานทั้งสองได้ถูกใช้ในการวิเคราะห์หือภิมานที่ถูกตีพิมพ์มาแล้วหลายชิ้น

อย่างไรก็ตามสารสนเทศเกี่ยวกับค่าที่ได้ในเชิงสถิติที่มีอยู่ค่อนข้างน้อยในผลของการศึกษาของงานแรก ดังนั้น ชมิดท์และฮันเตอร์จึงได้พัฒนาการแจกแจงจากค่าสถิติที่ได้ที่ใช้ฐานของค่าสังเกตจากการศึกษาความตรงหลาย ๆ เรื่อง การแจกแจงเหล่านี้ถูกใช้ในการวิเคราะห์อภิมานของความตรงของแบบทดสอบการคัดเลือกงานที่เกี่ยวกับศาสนา และมีการใช้ในการวิเคราะห์อภิมานอื่นๆ อีกในลำดับต่อมา

2.3 ปัญหาทางเทคนิคของแนวทางการวิเคราะห์อภิมานในปัจจุบัน

ตามที่กล่าวข้างต้น แนวทางของการแจกแจงของค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้ ได้ใช้สารสนเทศที่เกี่ยวกับค่าความเชื่อมั่นในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด เพื่อปรับแก้อิทธิพลของค่าสถิติเหล่านั้น แต่ในทางปฏิบัติ ขณะที่มีความเป็นไปได้เพื่อรวบรวมสารสนเทศสำหรับค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัดจากผลของการศึกษาแรก หรือจากคู่มือของแบบทดสอบ สารสนเทศเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด อาจจะไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะในงานวิจัยการคัดเลือกบุคคล ผู้ที่ไม่ได้รับการคัดเลือกอาจจะไม่ได้รวมอยู่ด้วย (Mendoza, & Reinhardt, 1991; Hunter et al., 2002) ความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัดควรจะประมาณจาก (1) ความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ถูกจำกัด (2) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในประชากรที่ถูกจำกัด และ (3) ระดับของการจำกัดพิสัยในตัวแปรทำนาย (Schmidt, Hunter, & Urry, 1976) สูตรดังกล่าวคือ

$$r_{yy_a} = 1 - \frac{1 - r_{yy_i}}{1 - r_{xy_i}^2 \left(1 - \frac{SD_x^2}{sd_x^2} \right)}$$

เมื่อ r_{yy_a} คือ ความเชื่อมั่นของการวัดตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย

r_{yy_i} คือ ความเชื่อมั่นของตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ถูกจำกัดพิสัย

r_{xy_i} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ถูกจำกัดพิสัย

SD_x คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย

sd_x คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทำนายในประชากรที่ถูกจำกัดพิสัย

แนวทางการปรับแก้แบบเอกัตภาพ (Individually correcting approaches) โดยเฉพาะแนวทางของราจูและคณะ (Raju et al., 1991) มีการใช้ความเชื่อมั่นทั้งของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ถูกจำกัดซึ่งสามารถประมาณอย่างตรงไปตรงมาในผลของการศึกษาแรกที่รวมอยู่ในการวิเคราะห์อภิมาน ในขณะที่สิ่งนี้ได้รับการพิจารณาว่าเป็นข้อดีของแนวทางนี้ (Raju et al., 1991) สตาฟเฟอร์และเมนโดซ่า (Stauffer, & Mendoza, 2001) ได้แสดงว่าการใช้ความเชื่อมั่นของตัวแปร

ทำนายในประชากรที่ถูกจำกัดพิสัยผ่านข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity) และความเป็นอิสระของความแปรปรวนของคะแนนตัวแปร (Homoscedascity) ภายใต้สูตรการปรับแก้การจำกัดพิสัยของ Thorndike's case II ซึ่งการผ่านจะนำไปสู่การปรับแก้ที่เกินจริงสำหรับอิทธิพลของการจำกัดพิสัยทางตรง ตามผลของการค้นพบ นักวิจัยได้สร้างข้อสรุปที่สำคัญว่า ลำดับสำหรับการปรับแก้อิทธิพลของค่าสถิติที่หาได้ควรจะใช้ฐานความเป็นธรรมชาติของการจำกัดพิสัย โดยเฉพาะเมื่อการจำกัดพิสัยเกิดขึ้นต่อตัวแปรทำนายที่สังเกตได้ การปรับแก้การจำกัดพิสัยควรจะทำก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการวัดตัวแปรทำนายเพียงเมื่อการจำกัดพิสัยเกิดขึ้นต่อคะแนนจริงของตัวแปรทำนายสามารถปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการวัดในตัวแปรทำนาย ได้ถูกจัดการเป็นอันดับแรก ข้อค้นพบนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า กระบวนการในปัจจุบันตามแนวทางของราจูและคณะ ในปี ค.ศ. 1991 ยังไม่ถูกต้องนัก ถ้าหากการจำกัดพิสัยเป็นแบบการจำกัดทางตรง แต่ถ้าหากกระบวนการถูกใช้เมื่อเป็นการจำกัดพิสัยทางอ้อม ปัญหาดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามกรณีนี้ กระบวนการประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และความตรงที่แท้จริงต่ำกว่าความจริง เนื่องจากสูตร Thorndike's case II ยังใช้แก้ไขไม่ถูกต้อง

ปัญหาอื่น ๆ ที่รุนแรงในการใช้ความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนาย (R_{xx}) ประมาณประชากรที่ถูกจำกัด คือ การประมาณอาจจะไม่สะท้อนความเชื่อมั่นดังกล่าวเนื่องจากคะแนนจริงและความคลาดเคลื่อนจากการวัดมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อกันในประชากรที่ถูกจำกัด เมื่อการจำกัดพิสัยนั้นเป็นแบบการจำกัดพิสัยทางตรง (Mendoza, & Mumford, 1987; Stauffer & Mendoza, 2001) ฮันเตอร์และคณะ (Hunter et al., 2002) ระบุว่าปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนายถูกประมาณจากฐานของข้อมูลเดียวกับที่ถูกใช้เพื่อสร้างการตัดสินใจการคัดเลือกมาก่อน ถ้าตัวทำนายถูกจัดการใหม่เพื่อศึกษาความตรง ปัญหานี้จะไม่มีอยู่และการประมาณที่น่าเชื่อถือต่อข้อมูลใหม่ที่มีความเหมาะสมจะสะท้อนค่าความเชื่อมั่นของตัวทำนายในประชากรที่ถูกจำกัด แต่ถ้าหากการจำกัดพิสัยเป็นแบบทางอ้อม การรวมอิทธิพลของการผ่านข้อตกลงสำหรับสูตรการปรับแก้การจำกัดพิสัยและประมาณความเชื่อมั่นของตัวแปรทำนาย ที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความยุ่งยากและไม่สามารถทำนายได้

ตอนที่ 2 การจำกัดพิสัย การปรับแก้การจำกัดพิสัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของการจำกัดพิสัย

การจำกัดพิสัย (Range restriction) เป็นพิสัยของคะแนนตัวแปรที่ต้องการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้ว ตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวแปรถูกจำกัดขอบเขต หรือถูกตัดให้สั้นลง (Allen, & Yen, 1979) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความตรงของคะแนน (Score validity) ความ

เที่ยงของคะแนน (Score reliability) และ อำนาจทางสถิติ (Statistical power) (Weber, 2001) ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีโมโนทัศน์ที่ชัดเจนต่อความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ให้มากกว่าที่จะเข้าใจเพียงง่าย ๆ ว่าเมื่อความแปรปรวนลดต่ำลงแล้วสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ก็จะต่ำลงด้วย อเลน และเยน (Allen, & Yen, 1979) กล่าวว่า ถ้าคะแนนของตัวแปรถูกตัดให้สั้นลงหรือถูกจำกัดพิสัยแล้วค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีแนวโน้มที่จะมีค่าน้อยกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คะแนนไม่ถูกจำกัดพิสัย ซึ่งลักษณะการแจกแจง และกระบวนการคัดเลือกเป็นสิ่งที่มิอิทธิพลต่อการจำกัดพิสัย

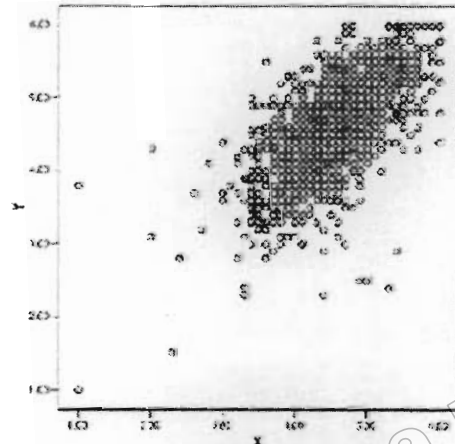
อย่างที่มีการกล่าวกันโดยทั่วไปว่า ถ้าความแปรปรวนลดลงแล้วสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะลดต่ำลง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับพิสัยของค่าตัวแปรในหนึ่งตัวแปรหรือทั้งสองตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อกันได้ถูกตัดให้สั้นลง แต่ถึงอย่างนั้น แกล โบริก และ แกล (Gall, Borg, & Gall, 1996) ก็กล่าวว่า ผลลัพธ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) อาจจะโตขึ้น เล็กลง หรืออาจจะยังคงมีค่าเท่ากับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่ข้อมูลไม่ถูกตัดให้สั้นลง แต่อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และกระบวนการคัดเลือก (Selection) ก็เป็นตัวกำหนดอิทธิพลของการจำกัดพิสัยที่มีต่อค่าสหสัมพันธ์ (Weber, 2001)

2. ประเภทของการจำกัดพิสัย

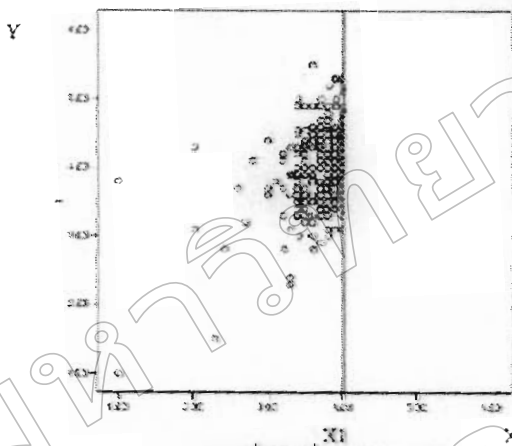
การจำกัดพิสัยแยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) การจำกัดพิสัยทางตรง (Direct range restriction) และ 2) การจำกัดพิสัยทางอ้อม (Indirect range restriction) หัวข้อต่อไปจะเป็นการอภิปรายประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการปรับแก้การจำกัดพิสัยที่ยึดหลักการดั้งเดิม และขอบเขตที่จะอภิปรายเพียงผลกระทบของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกจำกัดพิสัยเท่านั้นเนื่องจากประเด็นที่มุ่งศึกษาในครั้งนี้ คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การจำกัดพิสัยทางตรง

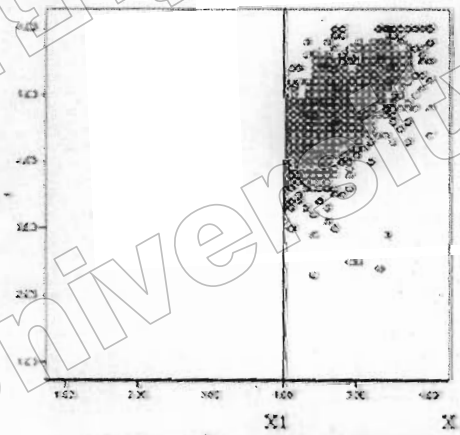
การจำกัดพิสัยทางตรงเกิดขึ้นเมื่อมีการคัดเลือกตัวอย่างโดยใช้ตัวแปรที่ผู้วิจัยให้ความสนใจโดยตรง กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้มาไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่มจึงไม่ได้สะท้อนถึงประชากรที่สนใจอย่างแท้จริง หน่วยตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ได้รับการคัดเลือกมาก่อนแล้วครั้งหนึ่งด้วยวิธีการใดก็ตามที่ถือเอาคะแนนของหน่วยตัวอย่างที่เกี่ยวกับตัวแปรในคำถามการวิจัย กระบวนการคัดเลือกหรือการตัดสั้นของคะแนนที่เกี่ยวกับตัวแปรการคัดเลือกอย่างชัดเจนมิอิทธิพลต่อความผันแปรของคะแนนต่อตัวแปรอื่น ๆ ด้วย และบิดเบือนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สังเกตได้ การคัดเลือกมีหลายรูปแบบด้วยกัน ได้แก่ คัดเลือกจากคะแนนที่มีค่าสูงกว่าค่าจุดตัด คะแนนที่มีค่าต่ำกว่าค่าจุดตัด คะแนนที่อยู่ระหว่างค่าจุดตัด หรือ อาจจะเพียงแค่ว่าสูงกว่า หรือต่ำกว่าค่าจุดตัด ดังภาพที่ 1



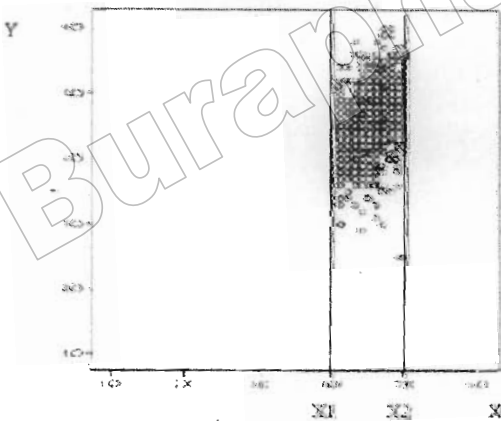
(1) คะแนนที่ไม่มีการคัดเลือก



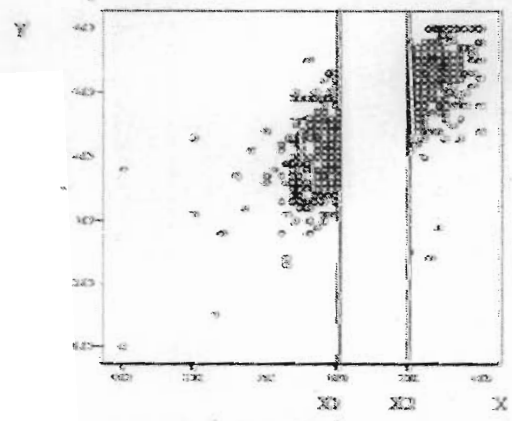
(2) คะแนนที่มีค่าต่ำกว่าค่าจุดตัด



(3) คะแนนที่มีค่าสูงกว่าค่าจุดตัด



(4) คะแนนที่อยู่ระหว่างค่าจุดตัด



(5) คะแนนที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าจุดตัด

ภาพที่ 1 คะแนนการคัดเลือก

2.1.1 ผลกระทบของการจำกัดพิสัยทางตรง

เมื่อเกิดการจำกัดพิสัยทางตรง ความแปรปรวนในกลุ่มตัวอย่างก็จะลดลงด้วย ซึ่งส่งผลถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการประมาณมีความเอนเอียงที่ต่ำลงในกลุ่มตัวอย่าง ในทาง

ตรงกันข้าม การปรับปรุงพิสัยให้ดีขึ้นจะทำให้การประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในกลุ่มตัวอย่างโตขึ้น ยกตัวอย่างผลกระทบของการจำกัดพิสัยที่มีต่อข้อสรุปในงานวิจัยที่สำคัญที่สามารถพบได้ในการอภิปรายเมื่อไม่นานมานี้เกี่ยวกับความตรงเชิงทำนายของ Graduate Record Examination (GRE) โดยยึดเอาผลการศึกษาที่สำเร็จของนักศึกษามหาวิทยาลัยเยล ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการคัดเลือกในระดับสูง กล่าวคือมีความสามารถทางปัญญาสูง สเตรินเบิร์ก และ วิลเลียม (Steinberg, & Williams, 1997) สรุปว่า GRE ไม่มีความตรง ซึ่งการกล่าวอย่างนี้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากการจำกัดพิสัยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถสูงมากจะส่งผลต่อความตรงของแบบสอบ ดังผลการศึกษาของ ลินน์ ฮาร์สนิช และ ดันบาร์ (Linn, Harsnich, & Dunbar, 1981a) ดังนั้นข้อสรุปของ สเตรินเบิร์กและ วิลเลียม จึงได้รับการท้าทายอย่างมากในเวลาต่อมาจากผู้วิจัยจำนวนมาก เช่น Kuncel, Campbell, & Ones, 1998; Andre, & Hegland, (1998) Miller, Barrett, & Doverspike, 1998) ซึ่งเป็นผู้ที่แสดงให้เห็นว่าการศึกษาของสเตรินเบิร์ก และวิลเลียม (Steinberg, & Williams, 1997) มีข้อบกพร่องของระเบียบวิธีการกับความคลาดเคลื่อนพื้นฐานและที่เห็นได้ชัดเจนอย่างมากของการศึกษาที่เป็นแบบฉบับที่ล้มเหลวต่อการปรับแก้สำหรับผลกระทบของการจำกัดพิสัย

2.1.2 การปรับแก้การจำกัดพิสัยทางตรง

ธอร์นไดค์ (Thorndike, 1949) เสนอการปรับแก้การจำกัดพิสัยทางตรงไว้สองกรณีด้วยกันโดยใช้สารสนเทศที่สามารถหาได้เกี่ยวกับระดับของการจำกัดพิสัย

กรณีแรก Thorndike's case I ได้รับการประยุกต์เมื่อการคัดเลือกเกิดขึ้น

โดยตรงต่อตัวแปรทำนาย (X) โดยใช้เพียงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจำกัดพิสัยต่อตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งเป็นตัวแปรการคัดเลือกที่ไม่ได้ตั้งใจ สูตรเพื่อการปรับแก้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ในกลุ่มตัวอย่างที่ถูกจำกัดคือ

$$R_{xy} = \sqrt{1 - U_y^2 (1 - r_{xy}^2)} \text{ เมื่อ } U_y = \frac{sd_y}{SD_y}$$

เมื่อ R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย

r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ถูกจำกัดพิสัย

U_y คือ สัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่เกิดจากตัวแปรเกณฑ์ที่เป็นตัวแปรคัดเลือกอย่างไม่ได้ตั้งใจในประชากรที่ถูกจำกัดพิสัย (sd_y) ต่อประชากรที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย (SD_y)

259448

 ๐๐๑.๔
๐๖๕๓๐

แต่สูตร Thorndike's case I ไม่ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะ SD_y ค่อนข้างหาได้ยาก มีเพียง sd_y ที่ทราบค่า เนื่องจากเหตุผลนี้ Thorndike's case II ที่ต้องการสารสนเทศของการจำกัดพิสัยต่อตัวแปรการคัดเลือก หรือตัวแปรทำนายจึงเป็นสูตรที่ได้รับความนิยมในการนำไปปฏิบัติ

กรณีที่สอง Thorndike's case II

สูตร Thorndike's case II คือ

$$R_{xy} = \frac{U_x r_{xy}}{\sqrt{(U_x^2 - 1)r_{xy}^2 + 1}} \text{ เมื่อ } U_x = \frac{SD_x}{sd_x}$$

เมื่อ R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย

r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ถูกจำกัดพิสัย

U_x คือ สัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่เกิดจากตัวแปรทำนายที่เป็นตัวแปรคัดเลือกอย่างชัดเจนในประชากรที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย (SD_x) ต่อประชากรที่ถูกจำกัดพิสัย (sd_x)

Thorndike's case II เป็นกรณีที่เป็นที่นิยมอย่างมากสำหรับการปรับแก้การจำกัดพิสัย เนื่องจากสารสนเทศที่ต้องการสำหรับการปรับแก้ตามสูตรมีความเป็นไปได้ที่จะหาได้ในการศึกษาของผู้วิจัย อย่างไรก็ตาม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด (SD_x) บางครั้งก็ไม่ได้เขียนรายงานหรือทำการประมาณเอาไว้ในงานวิจัย/การศึกษาแต่ละเรื่อง วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายยังคงได้รับการเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหานี้ อเล็กซานเดอร์และคณะ (Alexander, Aliger, & Hanges, 1984) จึงหาวิธีการประมาณที่เป็นไปได้ของระดับการจำกัดพิสัยที่มีต่อตัวแปรทำนาย (U_x) โดยอ้างอิงสัดส่วนของโคเฮน (Cohen, 1959) ซึ่งค่าที่เป็นหนึ่งเดียวสำหรับคะแนนการคัดเลือกที่มีการแจกแจงปกติ วิธีการนี้สมมติว่า ตัวแปรทำนายมีการแจกแจงปกติอยู่ในการแจกแจงที่ไม่ถูกจำกัดพิสัย อีกกลุ่มหนึ่งแนะนำให้ใช้ National Norms ของแบบทดสอบที่ได้สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เพื่อให้ได้ค่าของ SD_x ที่เป็นค่าที่จำเป็นสำหรับสูตรที่ใช้เพื่อปรับแก้ (Hunter, & Hunter, 1984; Sackett, & Ostgaard, 1994; Hoffman, 1995) ผู้วิจัยบางคนเห็นว่าการใช้ National Norms อาจจะประมาณค่า SD_x สูงเกินความจริงก็เป็นได้ อย่างไรก็ตาม ก็ได้รับการอภิปรายในความเป็นไปได้นี้โดย ชมิดท์ วันส์ และฮันเตอร์ (Schmidt, Ones, & Hunter, 1992) ว่าผู้วิจัยสามารถใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้รับมาจาก National Norms ของตัวทำนายเพื่อประมาณระดับของการจำกัดพิสัย U_x

2.1.3 ความเอนเอียงเชิงลบของค่าสหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้

การปรับแก้การจำกัดพิสัยเพื่อการประมาณถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงของประชากรได้ผลดีกว่าการไม่ปรับแก้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นที่แน่ชัดว่าการปรับแก้อาจจะมีผลในการประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรที่ไม่ถูกจำกัดสูงเกินไป ลีและคณะ (Lee et al., 1982) แสดงให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้มีที่สูงกว่าความจริงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม บ็อบโค (Bobko, 1983) ได้สาธิตเชิงการวิเคราะห์ในเวลาต่อมาให้เห็นว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้บ่อยครั้งที่มีค่าประมาณต่ำกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริง การประมาณค่าที่ต่ำกว่าความจริงนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากตัวอย่างมีขนาดเล็ก และ สัดส่วนการคัดเลือกต่ำ จากข้อค้นพบเหล่านี้ บ็อบโค (Bobko, 1983) ได้สรุปว่า ผลลัพธ์ของ ลี และคณะ ในปี 1982 อาจจะเป็นไปได้ เนื่องจากลักษณะพิเศษบางอย่างของชุดข้อมูล ในแนวทางอื่นๆ ยังคงได้เห็นว่ ความเอนเอียงเชิงลบมีผลน้อยและมีความเป็นไปได้ต่อการวิจัยในเชิงการทดลองที่ไม่สำคัญนัก หรือมีผลเล็กน้อย

บางทีปัญหาที่ยากจะแก้ไขเหล่านี้เป็นข้อเท็จจริงที่ว่าในแนวทางปฏิบัติ การจำกัดพิสัยทางตรงอาจจะเกิดขึ้นทั้งในตัวแปรทำนาย และตัวแปรเกณฑ์ (Alexander, Carson, Alliger, & Carr, 1987; Hunter, & Schmidt, 1990) สถานการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อเกิดจากการกระทำที่มีกฎรุดกอย (Hunter, & Schmidt, 1990) ตัวอย่างเช่น ในการคัดเลือกบุคคล กลุ่มตัวอย่างของผู้ดำรงตำแหน่งของการศึกษาความตรงตามสภาพการณ์ที่ไม่มีผู้ที่มีผลการปฏิบัติงานในระดับต่ำกว่า เนื่องจากผู้ที่มีการปฏิบัติงานต่ำอาจจะถูกไล่ออกไปแล้ว ถ้านี้เป็นกรณีดังกล่าวการปรับแก้เพียงผลกระทบของการจำกัดพิสัยทางตรงต่อตัวแปรทำนายจะมีผลลัพธ์ที่มีค่าต่ำกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในกลุ่มประชากรที่ไม่ถูกจำกัด (Alexander, Carson, Alliger, & Carr, 1987; Hunter, & Schmidt, 1990)

2.1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

สูตรปรับแก้ภายใต้ Thorndike's case II มีข้อตกลงเบื้องต้น 2 ข้อ คือ

1. การถดถอยของคะแนนตัวแปรเกณฑ์บนคะแนนของตัวแปรทำนายต้องเป็นเชิงเส้นตรง (Linearity assumption)
2. ความแปรปรวนของคะแนนตัวแปรเกณฑ์ต้องไม่ขึ้นอยู่กับคะแนนตัวแปรทำนาย (Homoscedasticity assumption)

อย่างไรก็ตามข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้ยากที่จะป้องกันได้ถ้าพิสัยของคะแนนสุดโต่ง (Extreme ranges of scores) อย่างมากที่สุดเส้นถดถอยของกรณีนี้มีแนวโน้มเข้าสู่หรือใกล้เคียงโค้งตัวเอส (Sigmoid curve) ที่นำไปสู่การประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงของ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงเมื่อสูตรการปรับแก้ของ Thorndike's case II ได้มีการนำไปใช้ ในทางตรงกันข้ามถ้าความแปรปรวนที่เป็นเงื่อนไขมีแนวโน้มน้อย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงจะได้รับการประมาณสูงเกินจริง ดังนั้นการรวมเอาผลกระทบของทั้งสองอย่างอาจจะทำให้เกิดความสมดุลซึ่งกันและกัน กรีนอร์ และออสเบิร์น (Greener, & Osburn, 1979) พิจารณาข้อมูลเชิงประจักษ์ที่แยกออกจากความเป็นเชิงเส้นตรงจะมีความโน้มเอียงที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ปรับแก้มีความสำคัญลดลง ในขณะที่การละทิ้งข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความแปรปรวนของคะแนนตัวแปรเกณฑ์ที่ต้องไม่ขึ้นอยู่กับคะแนนตัวแปรทำนาย ก็มีแนวโน้มที่จะทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ปรับแก้มีความมากขึ้น อย่างไรก็ตามการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวจะส่งผลให้การปรับแก้โน้มเอียงต่อความแรงแรงมากกว่าข้อตกลงเรื่องความเป็นเชิงเส้นตรง

2.1.5 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับการจำกัดพิสัยได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานก็จะเพิ่มขึ้น สิ่งนี้สามารถเป็นสาเหตุที่แน่ชัดที่สมควรจะเกิดขึ้นจากการปรับแก้การจำกัดพิสัย ดังนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะรู้ความแรงแรง (Magnitude) ของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้ วิธีการที่หลากหลายยังคงได้รับการเสนอแนะเพื่อประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เช่น (1) ใช้สูตรความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างแบบดั้งเดิมสำหรับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Fisher, 1915) (2) แก้ไขสูตรความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างแบบดั้งเดิมโดยการใช้ปัจจัยการปรับเปลี่ยน (α) ร่วมกันกับปัจจัยการอ่อนตัว (Hunter, & Schmidt, 1990; 145-146) (3) ใช้สูตร Taylor-series (Kelley, 1923; Bobko & Rieck, 1980) และ (4) ใช้วิธีการ Bootstrapping (Mendoza, Hart, & Powell, 1991; Allen, & Dunbar, 1990) การจำลองของมอลติคาร์โล (Allen, & Dunbar, 1990; Mendoza et al., 1991; Duan, & Dunlap, 1997) เพื่อเปรียบเทียบสูตรความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างแบบดั้งเดิมกับวิธี Taylor-series และวิธี Bootstrapping แสดงว่า 2 วิธีการหลังได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำเท่ากันสำหรับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้ แม้ว่าเมื่อข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ ความเป็นเชิงเส้นตรงและความเป็นอิสระของความแปรปรวนของคะแนนตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย จะได้รับการฝ่าฝืน การศึกษาทั้งหมด (Bobko, & Rieck, 1980; Allen, & Dunbar, 1990; Duan, & Dunlap, 1997) ทำการพิจารณาประเด็นที่สรุปว่าความแรงแรงของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้เป็นหน้าที่ของ (1) ระดับของการจำกัดพิสัย (2) ขนาดตัวอย่าง และ (3) ความแรงแรงของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ดันบาร์ และลินน์ (Dunbar, & Linn, 1991) ได้ยกตัวอย่างเพื่อแสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสามารถที่จะโตขึ้นได้อย่างมากเมื่อสัดส่วนการคัดเลือกมีค่าต่ำ ดังนั้นการ

ปรับแก้สำหรับการจำกัดพิสัยประสกับปัญหาของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อสัดส่วนการคัดเลือกมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม บ็อบโค (Bobko, 1983) เห็นว่าผู้วิจัยจะได้รับประโยชน์จากการปรับแก้การจำกัดพิสัยเนื่องจากสัดส่วนของความคลาดเคลื่อนต่อการประมาณแบบจุด ($SE_{\hat{R}_{xy}} / \hat{R}_{xy}$) สำหรับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการปรับแก้มีขนาดเล็กกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ไม่ได้รับการปรับแก้ ($se_{r_{xy}} / r_{xy}$) ความสำคัญอย่างมากในบริบทของการวิเคราะห์ห่อภิวนคือปัญหาของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นไม่ใช่สาเหตุของความเอนเอียงที่เป็นระบบและสามารถจัดการปัญหาได้อย่างน่าพอใจเมื่อผลลัพธ์ของการศึกษาที่เป็นพื้นฐานเป็นการวิเคราะห์ห่อภิวนที่ได้รับการรวมกันที่คิดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานโดยเฉลี่ย ในทางตรงกันข้าม ผลกระทบของการจำกัดพิสัยจะเกิดผลความเอนเอียงที่ลดต่ำลงอย่างเป็นระบบและควรจะถูกขจัดออกไป

2.2 การจำกัดพิสัยทางอ้อม

การจำกัดพิสัยทางอ้อมเกิดขึ้นเมื่อผู้วิจัยมีความสนใจที่จะประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ ตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ทั้งสองตัวแปรมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรตัวที่สาม (ตัวแปร Z) อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยเพียงมีกลุ่มตัวอย่างของหน่วยตัวอย่างที่มีต่อตัวแปรตัวที่สามได้รับการคัดเลือกโดยตรง ซึ่งการคัดเลือกอย่างชัดเจน (Explicit selection) ต่อตัวแปรตัวที่สามมีอิทธิพลต่อการแจกแจงของคะแนนตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย ซึ่งจะมีผลทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายที่ถูกประมาณค่ามีการบิดเบือนไป

2.2.1 ผลของการจำกัดพิสัยทางอ้อม

ผลกระทบของการจำกัดพิสัยทางอ้อมที่มีต่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้น มีความยากกว่าและซับซ้อนกว่าการจำกัดพิสัยทางตรง (Elshout, & Roe, 1973) กล่าวคือการจำกัดพิสัยทางอ้อมสามารถที่จะทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้รับการประมาณในกลุ่มตัวอย่างที่ถูกจำกัดมีค่าโตขึ้นหรือเล็กลงได้ และที่ยิ่งกว่านั้นก็คือ การจำกัดพิสัยทางอ้อมสามารถที่จะเปลี่ยนเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกประมาณในกลุ่มตัวอย่างที่ถูกจำกัดซึ่งเปรียบเทียบกับประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ลินน์ (Linn, 1968) แสดงให้เห็นว่าผลกระทบเกิดขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรตัวที่สามมีค่าต่ำ (เชิงบวก) อย่างมาก และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนตัวแปรตัวที่สามและตัวแปรเกณฑ์มีค่าสูง (เชิงบวก) อย่างชัดเจน ดังในสถานการณ์ที่ไม่ปกติในการปฏิบัติ นี่เป็นความจริงที่เมื่อตัวแปรตัวที่สามซึ่งได้จากแบบทดสอบการคัดเลือกที่ประกอบขึ้นจากหลายส่วนที่รวมตัวแปรทำนายอยู่ด้วย ซึ่งเป็นสถานการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นโดยปกติในการวิจัยทางการศึกษาและการคัดเลือกบุคคล (Linn et al., 1981) ลินน์ (Linn, 1968) เห็นว่าการจำกัดพิสัย

ทางอ้อมมีความเป็นไปได้ในการส่งผลให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ประมาณได้มีค่าลดต่ำลง ซึ่งมุมมองนี้เป็นการสรุปโดยนัยที่ได้รับการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับนักวิจัยคนอื่น (Schmidt et al., 1981; Sackett, & Wade, 1983; Alexander, 1988; Dunbar, & Linn, 1991)

2.2.2 การปรับแก้การจำกัดพิสัยทางอ้อม

โดยวิธีการที่นิยมสำหรับการปรับแก้การจำกัดพิสัยทางอ้อม คือ ใช้สูตรของ Thorndik's case III ซึ่งเป็นสูตรที่แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในกลุ่มประชากรที่ไม่ถูกจำกัดสามารถประมาณได้จาก (1) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร นั่นคือ ตัวแปรเกณฑ์ ตัวแปรทำนาย และ ตัวแปรตัวที่สามของกลุ่มตัวอย่างที่ถูกจำกัด และ (2) ระดับของการจำกัดพิสัยที่มีต่อตัวแปรตัวที่สามเมื่อเกิดการคัดเลือกโดยตรง (Direct selection)

$$R_{xy} = \frac{r_{xy} + r_{xz}r_{yz}(U_z^2 - 1)}{\sqrt{1 + r_{xz}^2(U_z^2 - 1)}\sqrt{1 + r_{yz}^2(U_z^2 - 1)}}$$

เมื่อ R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด

r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในประชากรที่ถูกจำกัด

r_{xz} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัวที่สามเมื่อการคัดเลือกโดยตรงได้เกิดขึ้น และตัวแปรทำนายในประชากรที่ถูกจำกัด

r_{yz} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัวที่สามเมื่อการคัดเลือกโดยตรงได้เกิดขึ้น และตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ถูกจำกัด

U_z คือ สัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนของตัวแปรที่สามในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด (SD_z) ต่อประชากรที่ถูกจำกัด (sd_z)

2.2.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

ข้อตกลงเบื้องต้นของ Thorndike's case III มีคล้ายคลึงกันกับ Thorndike's case II นั่นคือ ข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นเชิงเส้นตรง คือเส้นถดถอยของคะแนนตัวแปรตัวที่สามบนตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์และเส้นถดถอยของตัวแปรเกณฑ์บนคะแนนตัวแปรทำนายต้องมีความเป็นเชิงเส้นตรง และข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของความแปรปรวนระหว่างคะแนนตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ นั่นคือ ความแปรปรวนของตัวแปรทำนาย และตัวแปรเกณฑ์ และความแปรปรวนร่วมของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ต้องไม่ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรตัวที่สาม ซึ่งจากการทบทวนรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาของผลกระทบจากการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นที่

ค้นพบโดย ดันบาร์ และลินน์ ในปี 1991 โดยเฉพาะในตอนต้น ๆ ของ ดันบาร์ (Dunbar, 1982) พบว่าในการพิจารณาผลกระทบของการประยุกต์ใช้ Thorndike's case II หรือ case III ในสถานการณ์ของการจำกัดพิสัยทางอ้อมนั้น การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นได้ถูกปรับให้เหมาะสม นั่นคือ ความชันที่ลดลงที่คะแนนสุดโต่งของตัวแปรทำนายที่เป็นไปได้ที่จะนำไปสู่การประมาณค่าที่ต่ำไป ส่วนการกระจายที่ลดลงที่คะแนนสุดโต่งของตัวแปรทำนายที่เป็นไปได้ที่จะนำไปสู่การประมาณที่สูงเกินไป ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่าการใช้ Thorndike's case III เป็นไปได้ที่จะทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงในบางสถานการณ์มีค่าสูงเกินไป แต่การประมาณที่สูงเกินไปนี้เป็นสิ่งไม่สำคัญนัก ในขณะที่สิ่งที่สำคัญอย่างมากสำหรับทั้งสองวิธีการ คือ การใช้สูตร Thorndike's case II และ Thorndike's case III เมื่อมีการจำกัดพิสัยทางอ้อม คือการนำไปสู่การประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แท้จริงต่ำเกินไป (Underestimate)

2.2.4 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

แอลเลน และ ดันบาร์ (Allen, & Dunbar, 1990) ได้จำลองข้อมูลเพื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกปรับแก้สำหรับการจำกัดพิสัยทางอ้อมโดยใช้สูตร Thorndike's case III และใช้วิธีการต่างกัน 3 วิธี (ใช้สูตร Taylor-series 2 วิธี และใช้วิธีแบบ Bootstrap) พวกเขาพบว่าความแกร่งของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขึ้นอยู่กับ (1) ขนาดตัวอย่าง (2) สัดส่วนการคัดเลือก และ (3) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ซึ่งผลของการสืบค้นครั้งนี้ได้ทำแบบเดียวกับการกระทำของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกปรับแก้สำหรับการจำกัดพิสัยทางตรง แต่อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ถูกปรับแก้สำหรับการจำกัดพิสัยทางอ้อมก็ยังมีค่าน้อยกว่าการจำกัดพิสัยทางตรง

2.2.5 แนวทางที่เป็นทางเลือกเพื่อปรับแก้การจำกัดพิสัยทางอ้อม

การใช้สูตร Thorndike's case III เพื่อปรับแก้การจำกัดพิสัยนั้น ตามสูตรจะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับการคัดเลือกตัวแปรตัวที่สามอย่างชัดเจน ที่ซึ่งในการปฏิบัติมักจะไม่ทราบข้อเท็จจริงตรงนี้ ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาที่ยุ่งยากสำหรับผู้วิจัย วิธีการแก้ปัญหานั้นหลากหลายได้รับการเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหานี้ เช่น (1) แก้ไขสูตร Thorndike's case III (2) ใช้กระบวนการการสร้างหุ่นจำลองการคัดเลือกที่มาจากสาขา Econometrics และ (3) ใช้สูตร Thorndike's case II ดังจะกล่าวในแต่ละประเด็นโดยย่อดังนี้

2.2.5.1 การปรับสูตร

การรวมเอา 3 สูตรพื้นฐานภายใต้ Thorndike's case I, Thorndike's

case II และ Thorndike's case III นั้น ไบรอัน และจ็อกฮัล (Bryant, & Gokhale, 1972) ได้ประยุกต์มาจากสูตรที่ยอมรับการประมาณ R_{xy} (R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด) จากสารสนเทศที่เกี่ยวกับการจำกัดพิสัยทั้งตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย ซึ่งในเวลาต่อมาในปี 1990 อเล็กซานเดอร์ (Alexander, 1990) ชี้ให้เห็นข้อบกพร่องในสูตรเริ่มต้นของ ไบรอัน และจ็อกฮัล และได้แนะนำให้แก้ไขดังนี้

$$R_{xy} = r_{xy}u_xu_y + / - \left(\sqrt{(1-u_x^2)(1-u_y^2)} \right)$$

เมื่อ R_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย
ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด

r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย
ในประชากรที่ถูกจำกัด

u_x คือ สัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนตัวแปรทำนายใน
ประชากรที่ถูกจำกัด (sd_x) ต่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
ตัวแปรทำนายในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด (SD_x)

u_y คือ สัดส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนตัวแปรเกณฑ์ใน
ประชากรที่ถูกจำกัด (sd_y) ต่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
ตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด (SD_y)

เครื่องหมายระหว่างส่วนประกอบ 2 ส่วนเป็นดังนี้ เครื่องหมายทางขวาของ
สมการคือ ค่าบวก (+) เมื่อ r_{xz} และ r_{yz} มีเครื่องหมายเหมือนกัน และมันจะเป็นเครื่องหมายลบ (-) เมื่อ
 r_{xz} และ r_{yz} มีเครื่องหมายตรงข้ามกัน

นั่นคือ $R_{xy} = r_{xy}u_xu_y + \left(\sqrt{(1-u_x^2)(1-u_y^2)} \right)$ เมื่อ r_{xz} และ r_{yz} มี
เครื่องหมายเหมือนกัน และ $R_{xy} = r_{xy}u_xu_y - \left(\sqrt{(1-u_x^2)(1-u_y^2)} \right)$ เมื่อ r_{xz} และ r_{yz} มีเครื่องหมาย
ตรงข้ามกัน

ดังสมการที่กล่าวมา การปรับแก้การจำกัดพิสัยทางอ้อมสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องใช้สารสนเทศเกี่ยวกับตัวแปรตัวที่สาม แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงต้องทราบเครื่องหมายของ r_{xz} และ r_{yz} แต่ในทางปฏิบัติแล้วนี้ไม่ใช่ปัญหานักเนื่องจากสามารถให้เหตุผลโดยนัยทั่วไปได้ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เหล่านี้มีเครื่องหมายที่เหมือนกัน บางทีปัญหาที่ยากจะแก้ไขได้ คือ ความต้องการเกี่ยวกับการจำกัดพิสัยของตัวแปรเกณฑ์ จำเป็นต้องรู้ การวิจัยทางการศึกษาและการคัดเลือกบุคคลโดยส่วนใหญ่ คะแนนเกณฑ์ของผู้ที่ไม่ได้รับการคัดเลือกจะไม่เคยได้รับมา ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

อเล็กซานเดอร์ (Alexander, 1990) เสนอให้ใช้ Cohen's Ratio เพื่อประมาณการจำกัดพิสัยของคะแนนตัวแปรเกณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการใช้ Cohen's Ratio ที่คะแนนของตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายถูกจำกัดพิสัย คือเป็นการจำกัดพิสัยทางตรงเท่านั้น ยิ่งกว่านั้น วิธีการนี้ขึ้นอยู่กับข้อตกลงเบื้องต้นของความปกติของการแจกแจงของคะแนนตัวแปรเกณฑ์ในประชากรที่ไม่ถูกจำกัด ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีการศึกษาค้นหาความจริงเกี่ยวกับความแกร่งของวิธีการนี้ เมื่อข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญนี้ถูกฝ่าฝืน

2.2.5.2 กระบวนการการคัดเลือกรูปแบบ

ผู้วิจัยหลายท่านได้เสนอแนะวิธีการที่ยึดเทคนิคการสร้างหุ่นจำลองการคัดเลือกที่มีที่มาจากสาขา Econometrics (Muthen, & Joreskog, 1983; Olson, & Becker, 1983; Gross, & McGanney, 1987) เพื่อจัดการกับปัญหาของการจำกัดพิสัย วิธีการนี้สมมติว่าการแจกแจงของทุกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันมีลักษณะแบบปกติพหุ (Multivariate normal) (Olson, & Becker, 1983; Gross, & McGanney, 1987) ข้อตกลงเบื้องต้นที่ถูกจำกัด ดังนั้นยังไม่เป็นที่แน่นอน ถ้าข้อตกลงเบื้องต้นนี้มีความสมเหตุสมผลในการนำไปปฏิบัติ ขณะที่วิธีการนี้แสดงว่าสัญญาบางอย่างในจำนวนการศึกษาโดยเฉพาะทางที่ถูกจำกัดที่ได้รับการออกแบบเพื่อทดสอบวิธีการเหล่านี้ (Gross, & McGanney, 1987; Gross, 1982) ความสลับซับซ้อนของมันเป็นอาจจะขัดขวางการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ดันบาร์ และ ลินน์ (Dunbar, & Linn, 1991) แสดงให้เห็นว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ปรับแก้ที่ถูกประมาณโดยวิธีการเหล่านี้มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานขนาดใหญ่มากเมื่อสัดส่วนการคัดเลือกมีค่าต่ำ แม้ว่าขนาดตัวอย่างจะใหญ่มากก็ตาม ($n = 5000$)

2.2.5.3 การใช้สูตรสำหรับการจำกัดพิสัยทางตรง

วิธีนี้เป็นวิธีการที่ง่ายมากและสะดวกมากที่จะจัดการกับปัญหาของการจำกัดพิสัยทางอ้อม ซึ่งในความเป็นจริงการศึกษาในปัจจุบันแทบทั้งหมดที่ทำการปรับแก้การจำกัดพิสัยโดยใช้สูตรสำหรับการปรับแก้ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการใช้แนวทางนี้ก็ต้องได้รับการเตือน (Warning) เกี่ยวกับความเอนเอียงเชิงลบ (Negative bias)

2.3 สรุป

ดังหลักฐานที่ปรากฏจากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการจำกัดพิสัยจะเห็นว่าได้มีการค้นพบในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับสูตรที่เป็นที่รู้จักกันดีสำหรับการปรับแก้การจำกัดพิสัย แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีปัญหากล่าวคือ ในทางปฏิบัติที่ยังไม่สามารถพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาได้เป็นที่น่าพอใจเพื่อประยุกต์ใช้ในการปรับแก้อิทธิพลของการจำกัดพิสัย โดยเฉพาะในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ จิตวิทยา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการคัดเลือกบุคคล การวิจัยโดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการปรับแก้ทั้งสองวิธีการ คือ ถ้าไม่ทำการปรับแก้การจำกัดพิสัย ก็จะปรับแก้โดยการใช้องค์ประกอบของการจำกัดพิสัยทางตรงโดยใช้ค่า

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนของตัวแปรทำนาย ทั้ง ๆ ที่ทำให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในกลุ่มประชากรที่ไม่ถูกจำกัดมีค่าต่ำเกินไป ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปผลอย่างไม่ถูกต้องตามความเข้าใจผิด ๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ห่อภิมาณในปัจจุบันก็ยังใช้วิธีการปรับแก้การจำกัดพิสัยทางตรงด้วยวิธีการของ Thorndike's case II เพื่อจัดการกับปัญหาการจำกัดพิสัย

ตอนที่ 3 การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีการมอนติ คาร์โล

1. ความหมายของวิธีมอนติ คาร์โล

เทคนิคมอนติ คาร์โล เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการของชุดคำสั่งในการคำนวณที่ทำซ้ำ ๆ ของชุดตัวเลขเชิงสุ่ม เพื่อหาผลลัพธ์ของชุดตัวเลขนั้น ๆ เทคนิคมอนติคาร์โลมักใช้ในงานที่มีลักษณะการจำลองทางกายภาพ และทางคณิตศาสตร์ และเป็นการใช้ตัวเลขที่สุ่มมาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเรียกว่าตัวเลขสุ่มเทียม (Pseudo-random number) (Merriam-Webster, 1994; pp. 754 – 755)

เทคนิคมอนติ คาร์โล เป็นรูปแบบการสร้างค่าเชิงสุ่มเพื่อการศึกษาในเชิงสถิติ ซึ่งเป็นค่าเชิงสุ่มที่มักจะได้จากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการสร้างขึ้นมา เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับชุดของข้อมูลที่สร้างขึ้นมาจากหลายชุดเพื่อใช้ในการศึกษาคุณลักษณะของตัวประมาณ เช่น ในกรณีที่นักสถิติที่ต้องการพัฒนาทฤษฎีใหม่จำเป็นที่จะต้องทดสอบทฤษฎีนั้น ๆ ด้วยข้อมูล ซึ่งแทนที่นักสถิติจะเก็บข้อมูลจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงมาเพื่อทดสอบ และต่อมาสถานการณ์นั้น ๆ หรือสภาพแวดล้อมนั้นอาจจะเปลี่ยนไปในเวลาต่อมา นอกจากนั้นการเก็บข้อมูลจริงจำนวนมาก ๆ เพื่อทดสอบทฤษฎีจำเป็นที่ต้องใช้ต้นทุนสูงมาก ดังนั้นเพื่อทดสอบทฤษฎีจึงใช้วิธีการสร้างชุดข้อมูลตามสถานการณ์นั้น ๆ โดยใช้โปรแกรมมอนติ คาร์โล (Vogt, 2005; p. 196)

2. ความเป็นมาของวิธีมอนติ คาร์โล

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random number) มาสร้างตัวแปรให้เหมือนกับสถานการณ์จริงและมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนที่จะใช้เป็นข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในสถานการณ์จริง หรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น

เทคนิควิธีมอนติ คาร์โล ได้มีการใช้มานานแล้ว เพียงแต่ไม่ได้เรียกว่า มอนติ คาร์โล ต่อมาในราวปี ค.ศ. 1753 จอร์ส หลุยส์ เลคเลอว์ และบุฟฟอง (Georges Lois Lectere & Comte de Buffon) ได้นำมาพัฒนาในทฤษฎีความน่าจะเป็นโดยการทดลองหาค่า π โดยการโยนเข็มที่มีความยาว k หน่วยอย่างสุ่มลงบนพื้นราบที่มีเส้นขนานอยู่ โดยให้ระยะห่างระหว่างเส้นขนานแต่ละเส้นห่างกัน d หน่วย และกำหนดให้ d มากกว่า k จะได้ความน่าจะเป็นที่เข็มจะตัดกับเส้นขนาน $P = 2k/\pi d$

ซึ่งถ้าความน่าจะเป็น (P) เป็นค่าสุ่มก็จะหาค่า π ได้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1908 กอสเซต (Gosset) ได้ศึกษาการแจกแจงความถี่ของความสูงของนักโทษอาชญากรรมจำนวน 3,000 คน โดยเทียบกับการแจกแจงความถี่ของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาครั้งละ 4 คน จำนวน 750 กลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงความถี่ทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน กอสเซต ได้ตั้งชื่อการแจกแจงความถี่ที่ค้นพบนี้ว่า การแจกแจงค่าที (t-distribution) ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของเทคนิควิธีมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Method)

เทคนิคมอนติ คาร์โล ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังในราวปี ค.ศ. 1944 ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 อูลามและ ออน นิวแมน (Ulam, & Von Neumann) เป็นผู้ตั้งชื่อ มอนติ คาร์โล ซึ่งเป็นรหัสลับของงานที่ทำในลอส อลามาส (Los Alamos) และได้นำเทคนิคนี้มาหาผลของการแพร่อย่างสุ่มของนิวตรอนในวัสดุเชื้อเพลิงที่เป็นการทดลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลของคำตอบก่อนที่จะทำการทดลองจริงซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงอันตรายและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายก่อนที่จะทดลองจริง หลังจากนั้นเทคนิคมอนติ คาร์โล จึงได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ และการวิจัย นับได้ว่าเทคนิคมอนติ คาร์โล มีประโยชน์อย่างมากในการขยายความรู้เชิงทฤษฎี (Robert, & Casella, 2004)

3. ขั้นตอนของระเบียบวิธีมอนติ คาร์โล

หลักการที่สำคัญของวิธีการมอนติ คาร์โล คือ การนำเอาตัวเลขสุ่ม (Random number) มาประยุกต์แก้ปัญหาต่าง ๆ มีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ (ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล, 2539; 240 – 246)

1. สร้างตัวเลขสุ่ม (Generate Random Number) ระยะแรกทำได้โดยอาศัยเครื่องมือทางกายภาพ เช่น ล้อรูเล็ต ลูกเต๋า ไฟ กระดาษเขียนหมายเลข เป็นต้น แต่ได้ตัวเลขสุ่มไม่มาก ต่อมาจึงหันมาใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องสร้างตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยบริษัท แรนด์ (Rand) โดยสร้างตัวเลขสุ่มจากเครื่องกำเนิดพัลส์ (Pulse) ที่สามารถสร้างตัวเลขสุ่มได้หนึ่งล้านตัว

การสร้างหรือเลือกตัวเลขสุ่มดังกล่าวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีปัญหา 2 ประการ คือ เป็นการยากที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้ได้เมื่อมีความต้องการ และยากที่จะทำให้เครื่องมือดังกล่าวสร้างตัวเลขสุ่มชุดเดิม เมื่อต้องการเปรียบเทียบวิธีการต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขของระบบเลขสุ่มชุดเดียวกัน หรือถ้าจะเก็บเลขสุ่มเหล่านี้ไว้ในหน่วยความจำหรือจานแม่เหล็กก็จะทำให้สูญเสียหน่วยความจำหรือเสียเวลาในการค้นหา ฉะนั้นการสร้างเลขสุ่มในคอมพิวเตอร์จึงนิยมสร้างตัวเลขสุ่มเทียม (Pseudo random number) โดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์

ในการผลิตเลขสุ่ม ชุดตัวเลขที่ผลิตขึ้นมาจะต้องมีคุณสมบัติทางสถิติที่สำคัญ 2 ประการคือ ความสม่ำเสมอ (Uniformity) และความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independence) ดังนั้นตัวเลขสุ่มแต่ละตัวจะต้องถูกเลือกอย่างอิสระ และมีการแจกแจงสม่ำเสมออยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งวิธีการผลิตตัวเลข

รูปแบบ Linear Congruential Method จะผลิตชุดตัวเลขสุ่มจำนวนเต็ม $x_1, x_2, \dots$ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง $M - 1$ จากสมการตัวผลิต $x_i = (ax_{i-1} + c) \bmod M$; $i = 1, 2, \dots$ ตัวเลขจำนวนเต็ม $x_1, x_2, \dots$ จะมีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง 0 ถึง $M - 1$ ($U(0, M - 1)$) ดังนั้นตัวเลขสุ่ม $R_1, R_2, \dots$ ที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง 0 ถึง 1 ($U(0, 1)$) จะผลิตได้จากสมการ $R_i = x_i / M$; $i = 1, 2, \dots$

กำหนดให้ a เป็นค่าคงที่ c เป็นค่าส่วนที่เพิ่ม (Increment) x_0 เป็นตัวเลขนำ M เป็นตัวคูณจำนวนคงที่ (Modulus) และ $\bmod$ หมายความว่า $(ax_{i-1} + c)$ หารด้วย M จนกระทั่งเหลือเศษน้อยกว่าค่า M เลขที่เหลือจึงเป็นเลขสุ่มของเลขสุ่มตัวถัดไปคือ x_i

ถ้ากำหนดค่า $c \neq 0$ จะเรียกดาวผลิตนี้ว่า Mixed Congruential Method แต่ถ้ากำหนด $c = 0$ เรียกดาวผลิตนี้ว่า Multiplicative Congruential Method การกำหนดค่า c, a, M และ x_0 มีความสำคัญมากเนื่องจากค่าเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางสถิติ และความยาวของชุดตัวเลขสุ่ม และจะทำให้ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวมีความสม่ำเสมอ มีความเป็นอิสระกัน และมีวัฏจักรยาว

ตั้งแต่ยุคเริ่มแรกจนกระทั่งปัจจุบันภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อสร้างตัวเลขสุ่มในเครื่องคอมพิวเตอร์มีหลายภาษา เช่น ภาษาเบสิก (Basic) ภาษาฟอร์แทน ภาษาฟอกโปร เป็นต้น นอกจากนั้นในปัจจุบันนี้ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้สร้างโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อสร้างตัวเลขสุ่มขึ้นมาอย่างมากมาย โดยแต่ละโปรแกรมที่สร้างขึ้นก็จะตอบรับการใช้งานที่คล้ายกันบ้างและแตกต่างกันบ้าง เช่น SAS, baseSim, C++SIM, JavaSim, Simulacion 4, SimlAr, ฯลฯ ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ได้พยายามสร้างชุดตัวเลขสุ่มให้ได้คุณสมบัติดังนี้ 1) ตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องมีลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นแบบสม่ำเสมอ 2) ตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องเป็นอิสระกัน 3) อนุกรมของตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องสามารถสร้างซ้ำเดิมได้ 4) อนุกรมตัวเลขสุ่มที่ได้ต้องไม่ซ้ำเดิมในช่วงที่ต้องการใช้ตัวเลขสุ่ม 5) ต้องใช้เวลาน้อยในการสร้างตัวเลขสุ่ม และ 6) ต้องใช้หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์น้อย

2. นำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ เป็นการนำตัวเลขสุ่มไปสร้างตัวแปรตามลักษณะการแจกแจงของปัญหาที่จะศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลของปัญหานั้น เช่น สร้างตัวเลขสุ่มแล้วนำตัวเลขสุ่มไปสร้างเป็นคะแนนการสอบของผู้เรียน ซึ่งบางครั้งตัวแปรของปัญหาที่จะศึกษาไม่ได้สร้างจากตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่อาจใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานได้

3. ทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การศึกษาด้วยวิธีมอนติคาร์โล ต้องมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่จะได้ และสามารถสรุปเป็นความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ในปัญหานั้น ๆ

4. จุดเด่นของเทคนิควิธีมอนติคาร์โล

เทคนิคอนติคาร์โล เป็นการใช้ตัวเลขสุ่มเป็นพื้นฐานในการสร้างตัวแปรของปัญหาโดยอาศัยทฤษฎี สูตร หรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ และมีการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ซึ่งนับว่ามีประโยชน์ที่สำคัญดังนี้

1. สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนและสามารถสังเกตได้อย่างสมบูรณ์ และทำการทดลองซ้ำในสภาพแวดล้อมเดิมหลาย ๆ ครั้งได้ ส่วนในการทดลองจริงนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากเมื่อเวลาเปลี่ยนไปสภาพแวดล้อมก็มักเปลี่ยนไปด้วย
2. ถ้ามีสูตร หรือ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ถูกต้องรองรับในการสร้างตัวแปรของปัญหาในการทดลองแล้วจะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำกว่าเมื่อใช้ทดลองในสถานการณ์จริงเพราะสามารถลดตัวแปรแทรกซ้อนได้
3. สิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองในสถานการณ์จริง