

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis : PA)

ดร.สมบัติ ห้วยเรือคำ *

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis : PA) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร ในเชิงสาเหตุและผลซึ่งมีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยอาศัยแผนภาพและสมการโครงสร้างของแผนภาพที่ได้มาจากสมมติฐานหรือแนวคิด ทฤษฎีและผลการวิจัยเป็นหลักในการนำมาวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามทั้งในมิติของขนาดและมิติของทิศทาง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมาวิเคราะห์ตามเทคนิคการวิเคราะห์เส้นทาง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทางจะเป็นการทดสอบความตรง (Validity) ของโครงสร้างหรือรูปแบบตามสมมติฐานนั้น ซึ่งเป็นการ บ่งบอกว่าข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical Data) ที่ไปเก็บมานั้นสามารถที่จะสนับสนุนทฤษฎีหรือ สมมติฐานที่มีอยู่หรือไม่

1. หลักการของสัมประสิทธิ์เส้นทาง

เมื่อนักวิจัยเขียนแผนภาพหรือโมเดลแสดงอิทธิพลตามทฤษฎีและสมมติฐานแล้ว สามารถแยกค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดล (r) ออกเป็นผลรวมของพารามิเตอร์ได้ตามทฤษฎีสัมประสิทธิ์เส้นทาง โดยที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวในโมเดลมีค่าเท่ากับผลบวกของอิทธิพลทางตรง (Direct Effect : DE) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect : IE) ความสัมพันธ์เทียม (Spurious Relationship : SR) และอิทธิพลร่วม (Joint Effect : JE) ที่ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นอิทธิพลแบบใด ดังสมการต่อไปนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542 : 188)

$$r = DE + IE + SR + JE$$

* อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ในการวิเคราะห์เส้นทางผู้วิจัยประมาณค่าอิทธิพลทางตรงได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยตามสมการโครงสร้างของรูปแบบ แล้วนำค่าอิทธิพลทางตรงนั้นมาประมาณค่าอิทธิพลทางอ้อม ส่วนอิทธิพลร่วมและอิทธิพลเทียมได้จากการหาผลคูณของอิทธิพลทางตรงตามลูกศรในโมเดล แต่ในการวิเคราะห์เส้นทางนั้นเพียงแต่ประมาณค่าสหสัมพันธ์จากอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมเท่านั้นไม่รวมความสัมพันธ์เทียมและอิทธิพลร่วมเพราะถ้าโมเดลแสดงอิทธิพลมีความตรง (Validity) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลจริง ค่าความสัมพันธ์เทียมและอิทธิพลร่วมควรจะเป็นศูนย์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 190) ดังนั้นค่าสหสัมพันธ์จึงสามารถประมาณค่าจากผลบวกของอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมเพียงสองส่วนเท่านั้น ซึ่งสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$r = DE + IE$$

2. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ปัจจุบันการวิเคราะห์เส้นทางสามารถดำเนินการได้หลายวิธีตามที่นักวิจัยคิดหรือพัฒนาขึ้น แต่วิธีการที่นิยมในปัจจุบันมี 2 วิธีคือ การวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม และการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรล (แต่ในบทความนี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมเท่านั้น)

การวิเคราะห์เส้นทางมีขั้นตอนหลักที่สำคัญอยู่ 3 ขั้นตอนคือ

1. การประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพล
2. การตรวจสอบทฤษฎีหรือการตรวจสอบความตรง (Validity) ของโมเดล
3. การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์

ในบทความนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนดังกล่าวแยกตามรูปแบบการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีดังนี้

2.1 วิธีการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม (Classical Path Analysis)

การวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม (Classical Path Analysis) เป็นวิธีการที่สร้างโมเดลตามสมมติฐานจากการศึกษาทฤษฎี งานวิจัยและแนวคิดต่าง ๆ และประมาณค่าขนาดอิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient : P) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยประมาณค่าจากการถดถอยตามสมการในรูปแบบที่กำหนดไว้ที่ละสมการ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standardized Regression Coefficient) หรือ Beta weight : β) ที่ได้จากสมการต่าง ๆ ก็คือ ค่าขนาดอิทธิพลทางตรงของตัวแปรตามโมเดล ดังนั้น ค่าขนาดอิทธิพล (P) ของตัวแปรอิสระที่เป็นสาเหตุต่อตัวแปรตามที่เป็นอิทธิพลทางตรงก็คือค่า β ที่ปรากฏอยู่ในสมการพยากรณ์ (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2540)

2.2 วิธีการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรล

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำให้มีความสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้ด้วยการแก้สมการโครงสร้างการถดถอยพหุคูณซึ่งมีหลายวิธีการ แต่วิธีการที่เป็นที่นิยมที่สุดคือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood : ML) การวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรลสามารถอ่านเพิ่มเติมได้จากบทความการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรลในวารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 7 : กรกฎาคม 2544

การวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม (Classical Path Analysis)

การวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิม เป็นวิธีที่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์การถดถอยสมการโครงสร้างของทีละสมการ และมีการตรวจสอบความตรง (Validity) ของรูปแบบ 2 วิธี คือ วิธีของดันแคน (Duncan) และวิธีของสเปชท์ (Specht)

ขั้นตอนที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพล

วิธีการประมาณค่าอิทธิพลในการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมใช้การวิเคราะห์การถดถอยประมาณค่าขนาดอิทธิพลทางตรงหรือค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Standardized regression coefficient) ซึ่งเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) การวิเคราะห์การถดถอยจะวิเคราะห์ตามสมการโครงสร้างของโมเดลทีละสมการ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานหรือค่า Beta weight : β ที่ได้จากสมการต่าง ๆ ก็คือ ค่าขนาดอิทธิพลทางตรง ของตัวแปรตามโมเดล ดังนั้น ค่าขนาดอิทธิพล (p_{ij}) ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุต่อตัวแปรตามที่เป็นอิทธิพลทางตรงก็คือค่า β ที่ปรากฏอยู่ในสมการพยากรณ์ (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2540) ซึ่งปัจจุบันสามารถใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบทฤษฎีหรือการตรวจสอบความตรงของโมเดล

การตรวจสอบความตรงของโมเดลที่วิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมมีวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 2 วิธีคือ

1. วิธีของดันแคน (Duncan) เป็นวิธีการที่มีการตรวจสอบความตรงของโมเดลด้วยการเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation : r) ที่คำนวณจากสูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สันกับค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง เรียกวิธีการวิเคราะห์แบบนี้ว่าการวิเคราะห์เส้นทางแบบพีเออาร์ (PAr)

หากผู้ใดสนใจในรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากวารสารการวัดผลการศึกษา วารสารการวิจัยการศึกษาหรือวารสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เส้นทางแบบพี เอ อาร์ (PAr)

2. วิธีของสเปคท์ (Specht) เป็นวิธีตรวจสอบความตรงของโมเดลด้วยค่าสถิติคิว (Q Statistic) นิยมเรียกว่า การวิเคราะห์เส้นทางแบบพีเอคิว (PAQ)

การวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAQ เป็นวิธีการที่ต้องคำนวณค่าความสอดคล้องที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก ซับซ้อน เพราะนักวิจัยต้องคำนวณด้วยมือและไม่มีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของการตรวจสอบความตรงของโมเดล อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการอธิบายความหมายของโมเดลได้ นักวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมใช้การวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAQ มากกว่า PA_r และในบทความนี้ผู้เขียนกล่าวถึงการวิเคราะห์เส้นทางแบบดั้งเดิมที่ตรวจสอบความตรงของโมเดลเฉพาะวิธีแบบ PAQ เท่านั้น ผู้เขียนจะอธิบายรายละเอียดเมื่อจบขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์แล้ว

ผลจากการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่วิเคราะห์จะเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าถ้าโมเดลถูกต้อง มีความตรงย่อมสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งจะมีผลทำให้เมตริกซ์สหสัมพันธ์จากข้อมูล (r_{xy}) และเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกัน ในวิธีของ PA_r ถ้าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เมตริกซ์สหสัมพันธ์จากข้อมูล (r_{xy}) และเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ (β) จะมีค่าแตกต่างกัน แต่ถ้าเป็นวิธีการของ PAQ นักวิจัยจะต้องคำนวณค่า Q ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้องของโมเดล (Measurement of Goodness of Fit) แล้วตรวจสอบด้วยค่าสถิติ W ซึ่งเป็นสถิติทดสอบนัยสำคัญของค่าสถิติ Q

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์

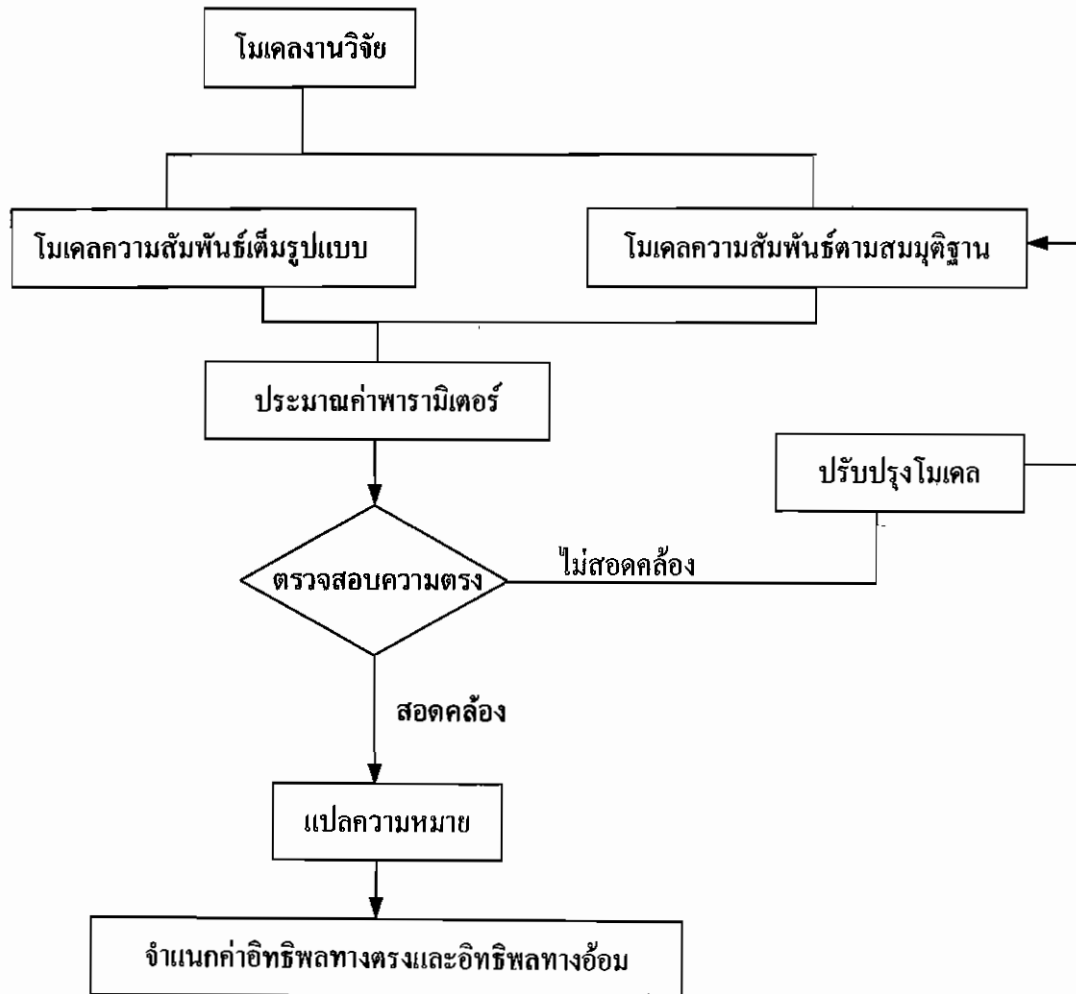
เมื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลและได้ผลว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว นักวิจัยจึงมาวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์หรือการจำแนกค่าอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมตามโมเดลแสดงรูปแบบอิทธิพล ให้ได้อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ใช้หลักและทฤษฎีสัมประสิทธิ์อิทธิพลดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ผลจากการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์จะได้ค่าอิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) ซึ่งเมื่อนำมารวมกันจะได้ค่าผลรวมอิทธิพล (Total Effect : TE) และเมื่อนำค่าผลรวมอิทธิพลไปลบออกจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะได้เป็นค่าความสัมพันธ์เทียมและอิทธิพลรวมที่ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใดตามสมการ

$$r \text{ หรือ } TE = DE + IE + SR + JE$$

การวิเคราะห์เส้นทางแบบ พี เอ คิว (PAQ)

การวิเคราะห์เส้นทางแบบ พี เอ คิว ใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นหลัก และใช้การทดสอบความสอดคล้อง (หรือการตรวจสอบความตรง) ของโมเดลด้วยค่าสถิติคิว (Q Statistic) ซึ่งสเปซท์เป็นผู้คิดค้นขึ้น มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้



ขั้นตอนที่ละเอียดในการวิเคราะห์เส้นทางแบบ พี เอ คิว ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และการตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสหสัมพันธ์ด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product - moment Correlation Coefficient)

$$r = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	r	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	$\sum X$	แทน	ผลรวมคะแนนของชุด X
	$\sum Y$	แทน	ผลรวมคะแนนของชุด Y
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
	$\sum Y^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
	$\sum XY$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X และ Y
	N	แทน	จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา

2. การประมาณค่า β หรือ β_{ij} , R และ R^2 โดยการวิเคราะห์การถดถอยตัวแปรบนตัวแปรอิสระตามสมการโครงสร้างที่กำหนดขึ้นตามโมเดลความสัมพันธ์แบบเต็มรูป

คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เส้นทาง โดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) มีฟังก์ชันดังนี้

$$R^2 = \beta_1 r_{y1} + \beta_2 r_{y2} + \beta_k r_{yk}$$

เมื่อ	R^2	แทน	กำลังสองของสัมประสิทธิ์พหุคูณ
	$\beta_1 \beta_2 \dots \beta_k$	แทน	ค่าน้ำหนักเบต้าหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปของคะแนนมาตรฐานของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ
	$r_{y1}, r_{y2}, \dots, r_{yk}$	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวเกณฑ์กับตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ k ตามลำดับ
	k	แทน	จำนวนตัวเกณฑ์ (ตัวแปรอิสระ)

ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย) โดยการทดสอบ F-test จากสูตร

$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2)(N - k - 1)}$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F เพื่อทราบความมีนัยสำคัญของ R

R แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

N แทน จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่าง

k แทน จำนวนตัวพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ)

3. คำนวณค่า M ซึ่งเป็นค่าอัตราของความแปรปรวนที่อธิบายตัวแปรผลหรือตัวแปรตามด้วยตัวแปรเหตุหรือตัวแปรอิสระทั้งหมดตามรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐาน จากสูตร

$$M = 1 - (1 - R_f^2)(1 - R_g^2) \dots (1 - R_p^2)$$

4. คำนวณค่า Q ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้อง (Measurement of Goodness of Fit) ของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. คำนวณค่า W ซึ่งเป็นค่าสถิติสำหรับทดสอบนัยสำคัญของค่าสถิติ Q จากสูตร

$$Q = \frac{1 - R_m^2}{1 - M}$$

จาก

$$R_m^2 = 1 - (1 - R_{y1}^2)(1 - R_{y2}^2)(1 - R_{y3}^2) \dots (1 - R_{yp}^2)$$

$$M = 1 - (1 - R_1^2)(1 - R_2^2)(1 - R_3^2) \dots (1 - R_p^2)$$

และ

$$W = - (N - d) \log Q$$

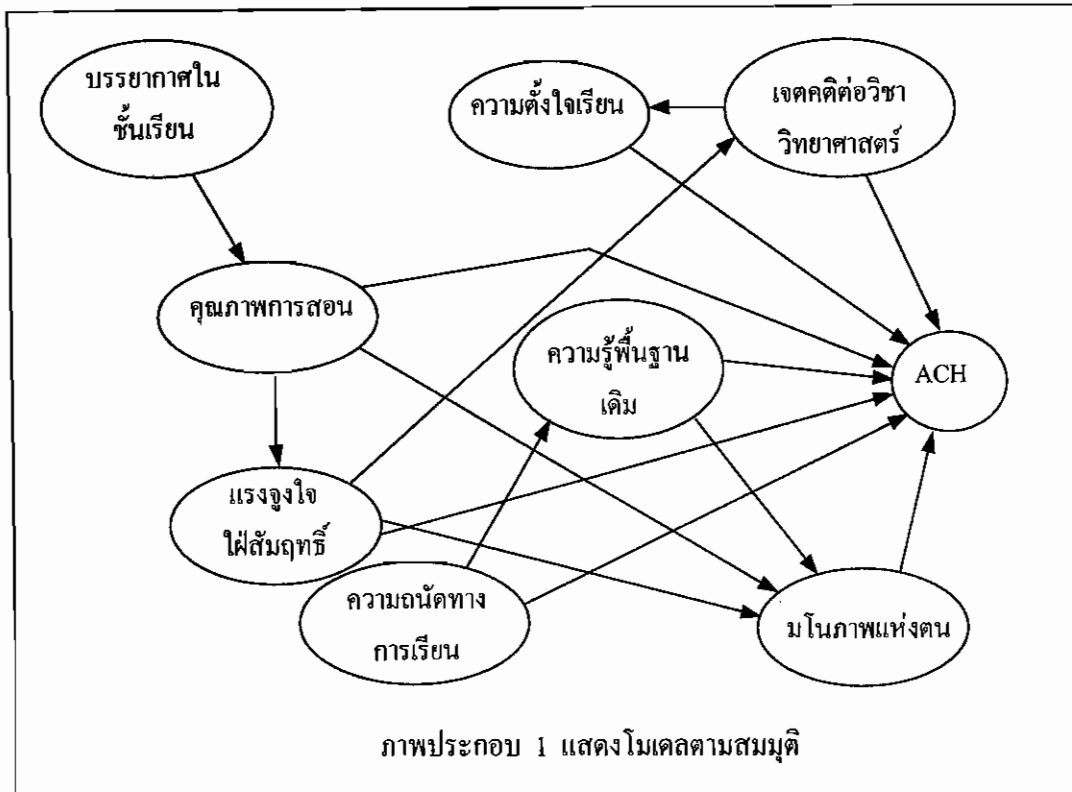
เมื่อ R_m^2 แทน ค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient ของรูปแบบองค์ประกอบเชิงสาเหตุเต็มรูปแบบ (Full model)

M	แทน	ค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient ของรูปแบบองค์ประกอบเชิงสาเหตุตามสมมุติฐาน
Q	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบรูปแบบองค์ประกอบเชิงสาเหตุ
N	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
d	แทน	จำนวนเส้นทางที่ระบุว่า มีค่าเป็นศูนย์
W	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q
P_{ij}	แทน	สัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีทิศทางความสัมพันธ์จากตัวแปร I ไปยังตัวแปร j

การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นั้น พิจารณาจากการทดสอบนัยสำคัญของค่า Q จากค่าสถิติ W ดังนี้

1. ถ้าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า รูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานอธิบายระบบความสัมพันธ์ได้ไม่แตกต่างจากโมเดลความสัมพันธ์แบบเต็มรูปแบบ แสดงว่าโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. ถ้าค่า W มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานอธิบายระบบความสัมพันธ์ได้แตกต่างจากโมเดลความสัมพันธ์แบบเต็มรูปแบบ แสดงว่าโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (สำราญ มีแจ้ง. 2546 : 84) นักวิจัยต้องปรับโมเดลและวิเคราะห์ประมาณค่าขนาดอิทธิพลตามขั้นตอนที่ 1 และตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ปรับใหม่อีกครั้ง ซึ่งอาจต้องทำซ้ำ ๆ กัน หลายรอบจนกว่าจะได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น ผู้เขียนได้ยกตัวอย่างรายงานการวิจัยที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เส้นทางแบบ PAQ เรื่อง ปัจจัยเชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิสิตวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวแปรตามคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิสิตวิทยาศาสตร์ (Y) ตัวแปรอิสระได้แก่ ความถนัดทางการเรียน (X_1) มโนภาพแห่งตน (X_2) เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (X_3) ความรู้พื้นฐานเดิม (X_4) ความตั้งใจเรียน (X_5) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (X_6) คุณภาพการสอนของครู (X_7) และบรรยากาศในชั้นเรียน (X_8) (นวรรตน์ ประทุมตา. 2546) และมีโมเดลตามสมมุติฐานตามภาพประกอบ 1 ดังนี้



ตัวอย่างขั้นตอนในการวิเคราะห์เส้นทางและ PAQ

1. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ภายใน (r_{xy}) ระหว่างตัวแปรอิสระทุกตัวกับตัวแปรตาม ได้ผลดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปร	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Y	1.000								
X ₁	0.573**	1.000							
X ₂	0.321**	0.176**	1.000						
X ₃	0.281**	0.147**	0.495**	1.000					
X ₄	0.555**	0.498**	0.152**	0.122**	1.000				
X ₅	0.335**	0.301**	0.266**	0.386**	0.231**	1.000			
X ₆	0.227**	0.218**	0.358**	0.452**	0.197**	0.462**	1.000		
X ₇	0.251**	0.258**	0.393**	0.559**	0.170**	0.456**	0.542**	1.000	
X ₈	0.262**	0.295**	0.290**	0.473**	0.223**	0.445**	0.460**	0.550**	1.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตามแบบสมมุติฐาน

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม						Y
	X_7	X_6	X_3	X_5	X_4	X_2	
X_1	-	-	-	-	.498*	-	.352*
X_8	.550*	-	-	-	-	-	-
X_7	-	.408*	-	-	-	.109*	-.046
X_6		-	.452*	-	-	.118*	-.050
X_3			-	.386*	-	.373*	.117*
X_5				-	-	-	.109*
X_4					-	.065*	.333*
X_2						-	.158*
R	.550	.542	.452	.386	.498	.529	.696
R^2	.302	.294	.204	.149	.248	.280	.484
$1 - R^2$	.698	.706	.796	.851	.752	.720	.516

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 3 ผลการวิเคราะห์โมเดลเต็มรูปแบบ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีจำนวนทั้งสิ้น 14 ค่า จากที่คำนวณทั้งสิ้น 16 ค่า

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (Y) เป็นตัวแปรตาม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ความถนัดทางการเรียน เจตคติต่อวิชาเรียน ความตั้งใจ มโนภาพแห่งตน และความรู้พื้นฐานเดิม ตัวแปรชุดนี้สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 48.40 ($R^2 = .484$)

วิเคราะห์หาค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient (M) ของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐาน โดยวิธีการของ เสปชท์ (Specht. 1975 : 133) ได้ค่า M เท่ากับ .9067 ดังรายละเอียดดังนี้

คำนวณหาค่า M จากสูตร

$$M = (1 - R_1^2)(1 - R_2^2)(1 - R_3^2) \dots (1 - R_p^2)$$

จะได้

$$\begin{aligned} M &= 1 - (1 - .302)(1 - .294)(1 - .204)(1 - .149)(1 - .248)(1 - .280)(1 - .484) \\ &= .9067 \end{aligned}$$

4. ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเต็มรูปแบบกับโมเดลตามสมมุติฐาน โดยการคำนวณค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.5669 และหาค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความมีนัยสำคัญของค่า Q คือ W ได้ค่าเท่ากับ 282.982** ซึ่งมีค่ามากกว่า 28.869 ($\chi^2_{18}(.05) = 28.869$)

คำนวณค่า Q จากสูตร

$$Q = \frac{1 - R_m^2}{1 - M}$$

จะได้

$$Q = \frac{1 - .9471}{1 - .9067}$$

$$= .5669$$

คำนวณค่า W จากสูตร

$$W = - (N - d) \log Q \quad \text{เมื่อ } d = 19, N = 1,166$$

$$W = -(1,166 - 19) \log .5669$$

$$= 282.728$$

$$\text{เปิดตารางที่ } \chi^2_{\alpha=.05} (df = 18) = 28.869$$

จากการทดสอบสมมุติฐาน พบว่า W มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมุติฐานยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ จึงต้องทำการปรับปรุงโมเดลเชิงสาเหตุใหม่เพื่อให้มีความสอดคล้องกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์

5. การปรับปรุงตามสมมุติฐานเชิงสาเหตุ โดยพิจารณาตัดเส้นทางของโมเดลตามสมมุติฐานที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรอิสระไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แล้วเพิ่มเส้นทางใหม่เข้าไปในโมเดล โดยเฉพาะเส้นทางที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตามผลการวิเคราะห์โมเดลแบบเต็มรูปแบบ โดยยึดหลักทฤษฎีประกอบการเพิ่มเส้นเข้าในโมเดลด้วยได้ผลดังตาราง

ตาราง 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงใหม่

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม						Y
	X_7	X_6	X_3	X_5	X_4	X_2	
X_1	-	-	-	.149*	.478*	-	.345*
X_8	.550*	.232*	.200*	.170*	-	-	-
X_7	-	.415*	.359*	.145*	-	.109*	-
X_6		-	.165*	.228*	.092*	.118*	-
X_3			-	.099*	-	.373*	.086*
X_5				-	-	-	.083*
X_4					-	.065*	.331*
X_2						-	.145*
R	.550	.576	.608	.575	.506	.529	.693
R^2	.302	.331	.370	.330	.256	.280	.480
$1 - R^2$	.698	.669	.630	.670	.744	.720	.520

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลเต็มรูปแบบ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทุกเส้น มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสิ้น ซึ่งมีทั้งหมด 22 ค่า

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ความถนัดทางการเรียน เจตคติต่อวิชาเรียน ความตั้งใจ มโนภาพแห่งตน และความรู้พื้นฐานเดิม ตัวแปรชุดนี้สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 48.00 ($R^2 = .480$)

วิเคราะห์หาค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient (M) ของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐาน โดยวิธีการของ สเปซท์ (Specht, 1975 : 133) ได้ค่า M เท่ากับ .9451 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

คำนวณค่า M จากสูตร

$$M = (1-R_1^2)(1-R_2^2)(1-R_3^2)\dots(1-R_p^2)$$

จะได้

$$\begin{aligned} M &= 1-(1-.302)(1-.331)(1-.370)(1-.330)(1-.256)(1-.280)(1-.480) \\ &= .9451 \end{aligned}$$

6. วิเคราะห์หาค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดลที่ปรับปรุงใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q และค่า W ได้ค่า $Q = .9634$ ได้ค่า $W = 18.679$ เมื่อทำการเปรียบเทียบ พบว่า ค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\chi^2_{13}(.05) = 22.36$) แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุที่ ปรับปรุงใหม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตาราง 5

รายละเอียดการคำนวณค่า Q และ W

คำนวณค่า Q จากสูตร

$$Q = \frac{1-R_m^2}{1-M}$$

จะได้

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1-.9471}{1-.9451} \\ &= .9634 \end{aligned}$$

คำนวณค่า W จากสูตร

$$W = -(N-d) \log Q \text{ เมื่อ } d = 13, N = 1,166$$

$$W = -(1,166-13) \log .9634$$

$$= 282.982$$

$$\text{เปิดตารางที่ } \chi^2_{\alpha=.05} (df = 12) = 22.36$$

ตาราง 5 แสดงค่าสถิติที่ใช้ทดสอบรูปแบบองค์ประกอบเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์

โมเดลเชิงสาเหตุ	Generalized Square Multiple Correlation	Q	W
โมเดลเต็มรูป	.9471	-	-
โมเดลตามสมมุติฐาน	.9067	.5669	282.982*
โมเดลปรับปรุงใหม่	.9451	.9634	18.679

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 5 พบว่ารูปแบบความสัมพันธ์ที่ปรับปรุงใหม่อธิบายความแปรปรวนทั้งระบบได้ประมาณร้อยละ 94.51 เมื่อเทียบกับรูปแบบขององค์ประกอบเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบเต็มรูป ได้ประมาณร้อยละ 96.34 ของรูปแบบองค์ประกอบเชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เต็มรูป ($Q = 0.5669$) เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($W = 18.679$) แสดงว่ารูปแบบองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงใหม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเป็นรูปแบบเชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งผ่านการทดสอบแล้ว

7. หาค่าสัมประสิทธิ์ของผล (Effect Coefficient) ตามโมเดลที่ผ่านการทดสอบแล้ว
ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงค่าผลทางตรง ผลทางอ้อม ผลรวม และสัมประสิทธิ์ของตัวแปรสาเหตุกับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ตัวแปร	สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	อิทธิพล ทางตรง	อิทธิพล ทางอ้อม	อิทธิพล รวม
ความถนัดทางการเรียน (X_1)	.573	.345	.170	.515
มโนภาพแห่งตน (X_2)	.321	.145	-	.145
เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (X_3)	.281	.086	.062	.148
ความรู้พื้นฐานเดิม (X_4)	.555	.331	.009	.340
ความตั้งใจเรียน (X_5)	.335	.083	-	.083
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (X_6)	.227	-	.083	.083
คุณภาพการสอน (X_7)	.251	-	.108	.108
บรรยากาศในชั้นเรียน (X_8)	.262	-	.115	.115

จากตาราง 6 พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลรวมสูงสุดที่สุด คือ ความถนัดทางการเรียน รองลงมา ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มโนภาพแห่งตน บรรยากาศในชั้นเรียน คุณภาพการสอน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความตั้งใจเรียน ตามลำดับ

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมอย่างเดียวยุคสุดคือ บรรยากาศในชั้นเรียน รองลงมา ได้แก่ คุณภาพการสอน และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ตามลำดับ

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงอย่างเดียวยุคสุดคือ มโนภาพแห่งตน รองลงมาคือ ความตั้งใจเรียน

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมสูงสุดคือ ความถนัดทางการเรียน รองลงมาคือ ความรู้พื้นฐานเดิมและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ

หนังสืออ้างอิง

สำราญ มีแจ้ง. สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

นิชินแอดเวอร์ไทซิง กรุ๊ป, 2546

นงลักษณ์ วิรัชชัย. โมเดลลิสเรล สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ :

โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

นวรรณ์ ประทุมตา. ปัจจัยเชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์

กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2546.